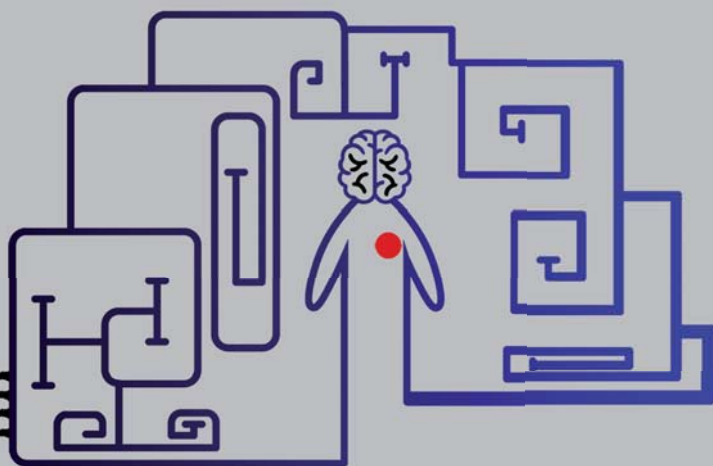




В. Цимбалюк • Медведев В.

# ЛЮДИНА МОЗОК

ТОМ 3



Віталій Цимбалюк • Володимир Медведєв

# ЛЮДИНА І ЇЇ МОЗОК

## Encéphalopaedia mirorum

*за участі В. Черкасова, Н. Войтенко та інших*

ТОМ III



Вінниця  
**Нова Книга**  
2022

УДК 612.8  
Ц61

**Автори:**

**Цимбалюк Віталій Іванович** – академік НАН та НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри нейрохірургії Національного медичного університету імені О. О. Богомольця.

**Медведєв Володимир Вікторович** – доктор медичних наук, професор кафедри нейрохірургії Національного медичного університету імені О. О. Богомольця.

**Цимбалюк В. І.**

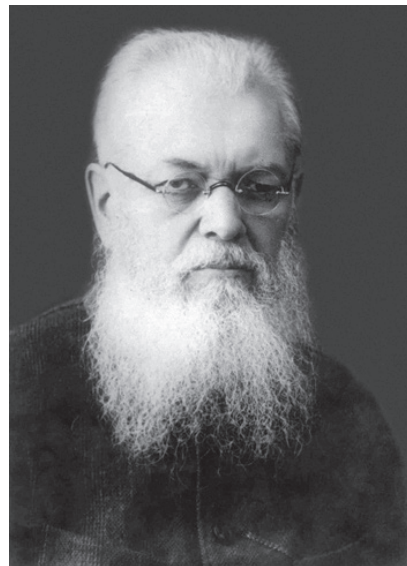
Ц61      Людина і її мозок : у 3-х т. Т. 3 : монографія / Віталій Цимбалюк, Медведєв Володимир. – Вінниця : Нова Книга, 2022. – 336 с. : іл.  
ISBN 978-966-382-927-2

У книзі, матеріал котрої назбирувався протягом десяти років, наведено найрізноманітнішу актуальну інформацію стосовно улаштування і функції головного мозку. Починаючи з однієї із найважчих біомедичних проблем – відновного лікування травми спинного мозку – автори поступово занурюють читача у хащі сучасної нейронауки, так що, досягши фіналу, можна висловити квінтесенцію праці двома словами – невідомість і складність. Паралельно, у книгу вплетено ряд історичних розвідок, чим надано матеріалу сюжетної рельєфності, історіографічної об'ємності і емоційної напруженості. Нарешті, у книзі вперше розкрито спектр досі не оцінених фундаментальних нейроморфологічних досягнень українського генія – Володимира Беца. І цю частину матеріалу естетично завершено, як нам здалося, фантастичними ілюстраціями, отриманими безпосередньо з його гістологічних препаратів. Зважаючи на енциклопедичний характер, книга буде корисною широкому загалу читачів – від нейрофізіологів, нейроморфологів, нейрохірургів і неврологів, до істориків науки і філософів.

УДК



В. О. Бец



свт. Лука Кримський  
(В. Ф. Войно-Ясенецький)<sup>1</sup>

## Пам'яті двох видатних професорів — випускників Київського Університету

<sup>1</sup> Фото В. Ф. Войно-Ясенецького — Никитина Ю. Я. Главный врач и хирург Переславской земской больницы В. Ф. Войно-Ясенецкий // Медицинская психология в России. — 2013. — Т. 5, № 5. — С. 6. doi: 10.24411/2219-8245-2013-15060 ([http://www.mprj.ru/archiv\\_global/2013\\_5\\_22/nomer/nomer14.php](http://www.mprj.ru/archiv_global/2013_5_22/nomer/nomer14.php); 12.09.2020 р.).

# З М І С Т

## ТОМ ІІІ

### α ι ν Ι γ μ α

<b>ОСЕРДЯ МОЗКУ</b> .....	7
нейропсихологія барорефлексу.....	8
потенціали, викликані серцебиттям.....	10
<i>механізми генерування</i> .....	11
<i>методологічні обмеження</i> .....	12
<i>на тлі різних видів психічної активності</i> .....	14
інтероцепція і психіка .....	17
<i>самоусвідомлення</i> .....	17
<i>еферентна ланка</i> .....	20
<i>нутрощева нейропсихологія, або інтероцепція, психіка і поведінка</i> .....	21
<i>серцевий дераціоналізатор</i> .....	24
<i>хворі нутрощі — хворі мізки і навпаки</i> .....	26
<i>блукання психіки</i> .....	26
<i>aliens, або бактеріальна колонократія</i> .....	29
laceratio .....	32
<b>ВЕРЕТЕНА, МЕРЕЖІ І ПСИХІЧНЕ ПРЯДИВО</b> .....	43
гігантські веретена .....	44
<i>відкриття і визнання</i> .....	44
<i>розташування і морфологія</i> .....	49
Гігантські веретена на препаратах В. Беца.....	51
<i>міжвидовий вимір</i> .....	61
<i>кількості</i> .....	67
<i>інші “людські” нейрони</i> .....	75
веретена психіки.....	75
<i>психопояс</i> .....	75
<i>психополіус</i> .....	82
<i>острівець</i> .....	84
веретена патології.....	88
<b>ENYGMА</b> .....	97
<i>музичне</i> .....	98
<i>візуальне</i> .....	105
<i>мистецтво лікування мистецтвом</i> .....	108
<i>моральний розмисел загалом</i> .....	108
<i>вина, спокута і вдячність</i> .....	112
<i>емпатія, осуд і самість</i> .....	113
<i>сумлінність</i> .....	115
<i>правдивість і лукавство</i> .....	115
<i>“моральний мозок”</i> .....	117
<i>“соціальний мозок”</i> .....	125
<i>неврологічні розлади моралі?</i> .....	125
<i>моральність ex machine?</i> .....	126
<i>медитативні практики Південної і Східної Азії</i> .....	127

<i>хімічні "спіритуалізатори"</i> .....	135
<i>гіпноз</i> .....	136
<i>спіритуальність і "утилітарна духовність"</i> .....	136
<i>релігійні почуття, містичний досвід і доктринальна складова</i> .....	139
<i>віра, переконання і зміна переконань</i> .....	143
<i>мозкова мережа релігійності</i> .....	145
<i>вірне здоров'я</i> .....	146
<i>ефект вподобайки, або плацебо</i> .....	150
<i>нормальне паранормальне</i> .....	151
<i>креативність</i> .....	153
<i>креативність і мозочок</i> .....	159
<i>креативність і психотропи</i> .....	162
<i>розмисел і осяяння</i> .....	162
<i>подихи психіки на мережах мозку</i> .....	164
<i>естетичне й аксіологічне</i> .....	166
<i>естетичне і когнітивне</i> .....	167
<i>естетика раціонального</i> .....	169
<i>нейропедагогіка</i> .....	171
<i>релігійне і раціональне</i> .....	171
<i>проблема "тіла — розуму"</i> .....	173
<i>творчість і ляльки</i> .....	181
<i>кров і дух: все так просто</i> .....	183
<i>мозок як атопологічна машинерія: мережі, верстаки й топологічне руно. досвід однієї інтелектуальної фантазії</i> .....	187
<b>ГУГОЛОГІЧНИЙ ЕПІЛОГ</b> .....	197
<b>FONS FONTIUM</b> , або використані джерела.....	230
<b>POST SCRIPTUM</b>	
<i>опісля раю</i> .....	337

ï  
α ν μα α  
I  
γ  
enigma

# ОСЕРДЯ МОЗКУ

або острівець себе

Це тривалий час вважалося звичним і таким, що не потребує пояснень. Потім про це почали говорити науковою лексикою. Згодом розмови про це в освіченому товаристві стали моветоном.

А чому б про це не поговорити нам?



Існують щонайменше три широкі лискучі грані інтероцептивного, у тому числі кардіогенного, впливу на мозок: 1) участь у забезпеченні континуальної мережевої активності мозку, 2) участь у формуванні суб'єктного самоусвідомлення і 3) внесення питомо ірраціонального<sup>1</sup> компонента у мережеву активність мозку — засадничого для реалізації найвищих психічних функцій, таких як творчість і мислення. Першу грань ми, як могли, обрисували у II-му розділі та в попередній главі, другій і третій — присвяtimo матеріал цієї глави.

Раніше<sup>2</sup> ми наводили різноманітні дані, котрі демонструють суттєве значення для функції мозку скоротливої активності серця, причому не у "продовольчо-постачальному" плані: всім зрозуміло, що без надходження у мозок крові з киснем і глюкозою усі розмови про його функцію позбавлені сенсу. Мова йшла про інший вплив — опосередкований пульсом, котрий торкається формування і благоустрою рельєфу мережевої активності мозку. Іншими словами, серцево-судинна система — не просто логістична фірма, котра забезпечує доставку запакованих товарів куди-небудь, а й надає послугу з улаштування непростого і специфічного їх вжитку за місцем призначення.

Чи дійсно такі серцеві впливи на мозок мають суттєве значення для реалізації найскладніших його функцій — розкрито у цій главі.

## нейропсихологія барорефлексу

На даний час накопичено певну суму даних стосовно впливу активності барорецепторів судин шиї<sup>3</sup> на психічний процес. Коротко ми вже наводили їх раніше, в розділі II, у частині, присвяченій механізмам барогенної психічної активації.

Наприклад, м'яка черезшкірна стимуляція барорецепторного апарату сонної артерії<sup>4</sup> й ініціація пов'язаної з цим психічної активації у людини супроводжується візуалізованими фМРТ змінами активності ряду ділянок великого мозку (*B. Basile та співавт., 2012*), серед яких — кора острівця та мигдалеподібний комплекс, гіпокамп, хвостате ядро, лушпина і кора верхньої скроневої звивини (*Ibid.*). Така активація барогенного впливу на мозок не впливає на якість виконання візуально-просторового тесту<sup>5</sup> та контрольного тесту<sup>6</sup>, однак подовжує її тривалість<sup>7</sup> (*Ibid.*). На тлі барогенної стимуляції виявляли збільшення активності задньої частини тім'яної кори праворуч (*поле BA 7*), потиличної кори (*поле BA 17, BA 18*) і веретеноподібної звивини (*поле BA 37*) двобічно — ділянок, котрі мають суттєве значення для здійснення тесту. Інші ділянки, котрі активувалися на тлі виконання тесту і барогенної стимуляції — парагіпокампальна звивина, ЦСР, ростральні відділи основної частини мосту й вентральна частина середнього мозку (*Ibid.*); їхня активність, за даними літератури, не характерна для виконання тесту; на думку авторів, вони забезпечують нівелювання пов'язаних з барогенною стимуляцією перешкод для ефективного виконання тесту (*Ibid.*).

За допомогою аналогічної методології Е. Маковас та співавтори (2017) виявили, що лівобічна та правобічна стимуляція барогенного входу у мозок супроводжується збільшенням активності у ділянці середньої та задньої частин покритишки острівця<sup>8</sup>, асиметричну активацію острівця<sup>9</sup> спостерігали при правобічній стимуляції. При спогляданні переляканого обличчя<sup>10</sup> правобічна, але не лівобічна стимуляція послаблювала усвідомлену інтенсивність страху<sup>11</sup>, меншою мірою посилювала емоційний ефект від споглядання нейтральних

<sup>1</sup> "Спонтаннісного", атопологічного.

<sup>2</sup> У II-му розділі й у попередній главі.

<sup>3</sup> Передусім, сонних клубочків — *glomus caroticum*.

<sup>4</sup> Стимуляція каротидних барорецепторів шляхом вакуумного відтягування ділянки стінки сонної артерії назовні спеціальним комірцевим пристроєм — *automated neck suction device* (*B. Basile та співавт., 2012; E. Makovac та співавт., 2017*); визначення змін активності кори здійснено за допомогою фМРТ.

<sup>5</sup> "Visuo-spatial attention task."

<sup>6</sup> Тест на виявлення кольорової дискримінації.

<sup>7</sup> Йдеться про показник, позначений авторами як "reaction time".

<sup>8</sup> *Operculum*.

<sup>9</sup> На користь лівого острівця.

<sup>10</sup> "Fearful face."

<sup>11</sup> "Attenuated the perceived intensity of fear."

облич<sup>1</sup>. Правобічна стимуляція супроводжувалась послабленням інтенсивності двобічного фМРТ-сигналу від ділянки мигдалеподібного комплексу на тлі демонстрації переляканих облич, збільшувала — на тлі демонстрації емоційно нейтральних облич. Індивідуальний ступінь впливу правобічної стимуляції на ідентифіковану за допомогою фМРТ відповідь мигдалеподібного комплексу корелювала зі значеннями базової варіабельності серцевого ритму<sup>2</sup>.

Відомо також, що залежна від норадренергічних нейронів блакитного місця психічна активація<sup>3</sup> у людини реалізується за участю задньої поясної кори<sup>4</sup>, таламуса й базальних ядер (A. H. Song та співавт., 2017) і впливає на різноманітні психічні функції, приміром, на точність зорового сприйняття і на зорову пам'ять (M. Mather та співавт., 2016). Інші дослідження (T. Yasumasu та співавт., 2006<sup>5</sup>; S. Duschek та співавт., 2009<sup>6</sup>) демонструють негативну кореляцію чутливості барорефлексу і якості виконання деяких когнітивних тестів, зокрема в сегменті уваги<sup>7</sup>.

Ступінь та вид кореляції рівня чутливості барорефлексу і особливостей функції ЦНС варіює, залежить від величини артеріального тиску, статі, стану психічного здоров'я залучених осіб (S. Duschek та співавт., 2013, 2015); загалом, вплив когнітивного процесу на параметри барорефлексу й барогенний вплив на центральні кореляти когнітивного процесу<sup>8</sup> — синхронні, що ускладнює розуміння зв'язків між ними (S. Duschek та співавт., 2015)<sup>9</sup>. Загалом, наведені приклади свідчать про вплив парасимпатичного входу на психічну сферу<sup>10</sup>, однак їх оцінка потребує ретельних різносторонніх досліджень<sup>11</sup>.

Цікаво, що розлади регуляції серцевого ритму та, ймовірно, барорефлексу відмічають при різноманітних дементивних станах (олягнуто M. S. Martin та співавт., 2015; див. том I, с. 344); М. А. Daulatzai (2012) пов'язує роль можливої дисфункції NTS у патогенезі хвороби Альцгеймера з широтою висхідних зв'язків цього стовбурового ядра. У осіб старечого віку без ознак деменції виявлено<sup>12</sup> кореляцію між зниженням

<sup>1</sup> Оцінювали за допомогою "Visual Analogue Scale" (VAS): "A VAS was then presented for 3.5 sec for the participant to rate emotional intensity of the face on a scale ranging from 0 — no emotional intensity-to 100 — extreme emotional intensity — (see Fig. 1A). Responses on the VAS were made by button press, where a continuous press caused the cursor to move continuously, and tapping provided unit-by-unit movement for precision (Garfinkel, et al., 2014; Makovac, Garfinkel et al, 2015; Makovac, Meeten et al., 2015). The cursor began at the mid-point (50)."

<sup>2</sup> Heart rate variability — HRV.

<sup>3</sup> Отже, у тому числі й обумовлена входом від нейронів NTS на це ядро — В. М.

<sup>4</sup> "Posterior cingulate cortex" — PCC.

<sup>5</sup> "Uchida-Kraepelin test."

<sup>6</sup> "Test d2."

<sup>7</sup> Тест Крепеліна, тест "D2" стосовно рівня уваги щодо візуальних стимулів; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Счѐм\\_по\\_Крепелину](https://ru.wikipedia.org/wiki/Счѐм_по_Крепелину); [https://en.wikipedia.org/wiki/D2\\_Test\\_of\\_Attention](https://en.wikipedia.org/wiki/D2_Test_of_Attention).

<sup>8</sup> Й поведінкової активності загалом.

<sup>9</sup> "With respect to anatomical and physiological features, the baroreceptor system is commonly subdivided into its cardiac and central nervous branches (Duschek et al., 2013a)... The modulatory effect of baroreceptor activation on higher brain activity is mediated by the central nervous branch of the system, which connects brain stem nuclei with cortical units. **Knowledge concerning the interplay of the two branches remains sparse** [виділено нами — В. М.]. Various observations gave rise to the hypothesis of functional equivalence between the branches, in the sense that higher activity of the cardiac branch involves stronger cortical modulation (Duschek et al., 2013a). Accordingly, negative correlations of BRS with cognitive performance and pain experience were interpreted as reflecting more pronounced inhibition in the case of higher reflex activity (Duschek et al., 2007c, 2009b; Reyes del Paso et al., 2012). This view, however, turned out to be somewhat simplistic. **It has recently been shown that the direction and magnitude of the relationship between BRS and behavioural features varies according to factors such as blood pressure, gender, mental health and the respective function under study** (c.f. Duschek et al., 2013a for an overview) [виділено нами — В. М.]. It would appear that the same holds true for the interaction between baroreflex function and EEG activity. While the present observation of an inverse association between BRS and alpha power suggests enhanced cortical tone in the case of higher activity of the cardiac branch of the baroreceptor system, slow cortical potential amplitudes were lower in individuals displaying higher BRS (Duschek et al., 2013b). Overall, the findings support the view that the **neurobehavioral effects of baroreceptor activity are dynamic in nature, and further that there exists an interplay between the two branches of the baroreceptor system** [виділено нами — В. М.]... All observed associations between features of cardiovascular control and the spontaneous EEG were restricted to frontal electrode positions. At least for RSA (respiratory sinus arrhythmia — В. М.) and BRS (baroreflex sensitivity — В. М.), this may be explained by the localization of the **cortical sources of vagal cardiac control** [тобто, йдеться про психогенний вплив на вісцеральні параметри як джерело вказаних кореляцій — В. М.]. A recent meta-analysis of neuroimaging research systematically determined those brain areas which were most consistently associated with heart rate variability (Thayer et al., 2012). The identified cortical regions form part of the medial prefrontal cortex (anterior rostral and orbital medial divisions) and are located close to the frontal pole. These areas are covered by the frontal electrode positions, whereas central electrodes are situated above posterior areas of the frontal lobe and the fronto-parietal border region." (повсюдно — виділено нами, В. М.; при цьому напрямок морфо-функціональних зв'язків, що забезпечують виявлені кореляції між змінами ЧСС та активністю зазначених ділянок кори, залишаються нез'ясованим).

<sup>10</sup> "Thus, human mental processes influence the physiological state of the body and **changes in the body's physiology influence thoughts, feelings, and motivational behavior.**" (B. Basile та співавт., 2012; виділено нами — В. М.).

<sup>11</sup> Приміром, у роботі M. S. Martin та співавторів (2015) знаходимо: "Overall, these data support the hypothesis (11–18) that areas of the brain relevant to cognition, such as the prefrontal area, amygdala, hippocampus, and insular areas, are linked to the brainstem autonomic pathways regulating cardiac and vascular function."

<sup>12</sup> "Briefly, three cognitive domains were assessed. Information processing speed and attentional performance were assessed using the

чутливості барорефлексу та слабким, однак статистично значущим зниженням функції пам'яті, на тлі збереження функції уваги і виконавчого контролю (M. S. Martin та співавт., 2015). На думку авторів, ці дані можуть відображати як вторинну, так і первинну роль барорефлексу у виявлених змінах одного з елементів вищих психічних функцій; з'ясування реалістичності другого сценарію потребує додаткових клінічних, клініко-епідеміологічних і нейрофізіологічних досліджень<sup>1</sup> (*Ibid.*).

Напевне, цим нейропсихологічні дослідження барогенного впливу на мозок на даний час вичерпуються.

## потенціали, викликані серцебиттям

Тепер перейдемо до іншого пласту емпіричних даних, котрі розкривають вплив серця на вищі психічні функції. Одним з найінтенсивніше досліджуваних нейрофізіологічних корелятив функції інтероцепції<sup>2</sup> на рівні кори головного мозку є інтегральні електромагнітні зміни<sup>3</sup>, викликані серцебиттям<sup>4</sup>, — загальні ЕЕГ- чи магнітоенцефалографічні зміни (H. D. Park, O. Blanke, 2019 b), міцно пов'язані у часі зі скороченнями серця<sup>5</sup> й функціонально асоційовані з усвідомленням людиною власного серцебиття<sup>6</sup>, зі сприйняттям болю, з емпатією, самореференцією і самосвідомістю. Ці дані настільки близькі до давніх ідей значимості серця у психічній функції, що спонукають їхніх оглядачів до спеціальних "ритуальних" пересторог, задля збереження комплементарності сучасному раціоналістичному контексту (*оглянуто H. D. Park, O. Blanke, 2019 b*<sup>7</sup>).

*Trail-Making Test Part A (26), the Stroop Color-Word Test Parts I and II (27), and the coding subtest of the Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition (28). Executive function was assessed using the Trail-Making Test Part B (26), the Stroop Color-Word Test Part III (27) an alphabetic fluency test using the letter "p" (29), a category fluency test using animal names (29), and the similarities subtest of the Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition (28). Memory was assessed using the Benton Visual Retention Test Form C (30) and the Grober and Buschke Selective Reminding Test (31). Global intellectual efficiency was also assessed using the MMSE (32). As previously described (7), averaged Z-scores were constructed for each cognitive domain. Estimates of the longitudinal change were computed for each of the three cognitive abilities by subtracting the averaged scores of Cycle 4 from the averaged scores of Cycle 1 (delta score, D) (33). For each of the cognitive domains, two groups were defined: normal cognitive change when the score was located in the three upper quartiles of the distribution and abnormal cognitive change when the score was in the lowest quartile of the distribution." (M. S. Martin та співавт., 2015, посилання подано згідно з оригіналом).*

<sup>1</sup> M. S. Martin та співавтори (2015): "Although previous studies have confirmed an association between ANS dysfunction and poor memory performance, the neural pathways involved in this association are still poorly understood. The most common hypothesis is that the central and peripheral brain structures, such as the frontal areas, hypothalamus, limbic system, and brainstem neurons, all of which also control the autonomic system, are involved (11)... Given that brainstem areas connected to central areas control BRS, the persisting association between BRS and memory in an 8-year follow-up study supports the hypothesis that the ANS has a role in memory function. These results are consistent with those of other studies, suggesting a predictive role of ANS dysfunction and memory in Alzheimer's disease and other neurodegenerative diseases. Although the literature and the current study stress the link between ANS dysfunction and memory decline, it is unknown whether ANS dysfunction generates memory disturbances or dysfunction in the neural pathways that regulate memory are involved in ANS dysfunction. More extensive studies involving healthy and pathological populations and middle-aged individuals are needed to answer this question and provide a better understanding of the link between the ANS and cognition. An interesting point arising from the literature and the current study is that the link between ANS dysfunction and cognition is limited to memory function, without significant effects on the attention and executive domains. It may be that the prefrontal areas are more involved in executive and attention function and that the limbic system and hypothalamus mostly act on memory function. A previous study (4) that examined 41 individuals aged 60 and older with previous or actual depression and 32 age-matched controls who underwent magnetic resonance imaging and ANS and cognitive testing found that, although attention deficits were correlated with white matter hyperintensities, memory performance was associated with HRV... Consistent with a previous study (7), cognitive variables were only weakly associated with traditional risks factors involved in cognition, such as diabetes mellitus, hypertension, and hypercholesterolemia (40, 41). Moreover, as recently described (42) the current longitudinal study confirmed a significant association between high diastolic blood pressure and low cognitive performance in immediate recall. Further studies evaluating morphological brain structures and more-extensive epidemiological and clinical populations are necessary to obtain a better understanding of the mechanisms and the direction of casualty between ANS function and cognition." (виділено нами — В. М.).

<sup>2</sup> Це поняття об'ємніше, ніж вісцероцепція; <https://en.wikipedia.org/wiki/Interoception> (24.03.2020 p.).

<sup>3</sup> Реєстровані за допомогою транскраніальної ЕЕГ, інтракраніальної ЕЕГ чи магнітної енцефалографії.

<sup>4</sup> Потенціали, викликані серцебиттям — "heart-beat-evoked potential" (HEP).

<sup>5</sup> Точніше, з основними елементами електрокардіограми.

<sup>6</sup> "Heartbeat awareness."

<sup>7</sup> "Throughout life, the heart continuously and cyclically sends afferent signals to the brain. Although knowledge about neural communication between the heart and the brain is still limited, previous theories and research have proposed that interplay between visceral afferent signals and the associated cortical processing might play an important role in cognitive and emotional processes. Already Aristotle had proposed that "the seat of our sensation is the heart" (recited from Clarke and Stannard, 1963). Although we now know that such speculation is wrong, the statement still implies people's intuitive thinking that heart-related processes may play a role in cognition and emotion, a notion perpetuated by subsequent philosophers including Spinoza, Merleau-Ponty, and James. Influenced by such thinking, the field of embodied cognition suggested that bodily processes, including both sensorimotor and visceral systems, are of fundamental importance for cognition and consciousness (Varela et al., 1991; Thompson, 2007), although following empirical research has been mostly focused on sensorimotor interactions (O'Regan and NOE, 2001; Legrand and Ruby, 2009; Christoff et al., 2011) and multisensory processing (Blanke et al., 2015). Furthermore, recent neuroscientific research is progressively targeting interoceptive processing as an important source of sensory input and proposed that cortical processing associated with

Протягом тривалого часу дані щодо викликаних серцебиттям потенціалів мозку не збуджували значного співчуття, що обумовлювалося їх методологічною неоднозначністю<sup>1</sup>. На даний час амплітуду таких потенціалів реєструють лобово-центрально розташованими електродами у часовому вікні, тривалістю ~500 мс після піку електрокардіографічної R-хвилі, що робить їх асоційованими з моментом викиду крові серцем (R. Schandry, P. Montoya, 1996), причому тривалість центральної обробки інформації від барорецепторів складає 400–800 мс після настання піку R-хвилі<sup>2</sup>. Ряд інших спостережень<sup>3</sup> свідчать, що зазначені мозкові потенціали асоційовані з барорецепторним входом не жорстко; ймовірним джерелом таких входів вважають рецептори серцевої стінки, можливо, інші види рецепторів дуги аорти чи сонних клубочків<sup>4</sup> (оглянуто H. D. Park, O. Blanke, 2019 b).

## механізми генерування

Механізми формування мозкових потенціалів, викликаних серцебиттям, залишаються незрозумілими (оглянуто H. D. Park, O. Blanke, 2019 b). У загальних рисах архітектура опосередкованого нервовими структурами проектування серця на кору включає баро- і хемоцеptiveві входи від дуги аорти і сонних артерій, апарат іннервації серцевої стінки, соматосенсорний апарат шкіри поблизу серця<sup>5</sup> і васкулатуру головного мозку. Вважають<sup>6</sup>, що барогенні впливи на мозок опосередковуються аферентами блукаючого нерва і нейронами NTS, котрі, у свою чергу, проектується на катехоламінергічні й інші групи стовбура мозку, у парабрахіальний ядерний комплекс, ядра шва, ЦСР, гіпоталамус, вентромедіальні задні ядра таламуса<sup>7</sup>, відтак — в АСС<sup>8</sup> та острівцеві, а через блакитне місце і ЦСР — у мигдалеподібний комплекс і АСС. Інший можливий шлях інтероцеptiveного впливу<sup>9</sup> — псевдоуніполярні спинномозкових вузлів, проєкційні нейрони сірої речовини спинного мозку, котрі проєктуються у парабрахіальний ядерний комплекс, ЦСР, таламус і за посередництва останнього — в АСС і острівцеві (H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013). І все ж роль, приміром, каротидних афе-

*internal visceral organs underlies emotional and cognitive brain processes (Damasio, 1999, 2010; Craig, 2003, 2009; Critchley and Harrison, 2013; Damasio and Carvalho, 2013; Park and Tallon-Baudry, 2014). For instance, it was proposed that continuously updated cortical maps of internal organs might be important for self-consciousness (Damasio, 2003b, 2010; Damasio and Carvalho, 2013). More recently, this idea has been extended to perceptual consciousness beyond self-consciousness and emotion, and it has been proposed that cortical processing of visceral signals might underlie the subjective characteristics of perceptual conscious experiences (Park and Tallon-Baudry, 2014, Park and Blanke, 2019). Although these converging ideas have suggested that visceral signals and related cortical or subcortical processing could play an important role for mental processes, notably conscious experiences including self-consciousness, emotion, and perceptual consciousness, these proposals remained rather speculative and lacked direct experimental support until recently." (виділено нами — В. М.).*

<sup>1</sup> "Although the HEP has been introduced more than 30 years ago (Schandry et al., 1986), the literature is still in its infancy and several challenges have to be met. For instance, concrete evidence of the underlying mechanisms (e.g., physiological, neural) is still missing. Most of HEP studies have analyzed and compared HEPs between experimental conditions (Park et al., 2014; Babo-Rebello et al., 2016a; Sel et al., 2016) or groups (Pollatos and Schandry, 2004; Canales-Johnson et al., 2015; Muller et al., 2015; Schulz et al., 2015), rather than investigating the basic properties of the HEP itself, such as their neural sources and mechanisms. Furthermore, most electrophysiological researchers considered cardiac-related signals as artifacts and endeavored to remove them from other cortical signals (Viola et al., 2009). Indeed one of the most crucial intrinsic limitations of the HEP is that when using scalp EEG or MEG (but not intracranial EEG; see next section), it is heavily contaminated by ECG activity itself, as strong electrical activity generated by the heart itself can be measured on the entire body including the cortical surface. Thus, the question of whether the HEP exists and can be measured at the cortical level has remained unanswered until recently. In spite of these limitations, researchers are increasingly employing the HEP as a neural marker reflecting cortical processing of the heartbeat or visceral processing more generally (Kern et al., 2013; Park et al., 2014, 2016, 2018; Babo-Rebello et al., 2016a, 2016b; Sel et al., 2016). Furthermore, recent studies overcame some of the abovementioned methodological limitations, in particular by using intracranial recordings (Kern et al., 2013; Park et al., 2018)." (H. D. Park, O. Blanke, 2019 b).

<sup>2</sup> J. Fagius, B. G. Wallin, 1980; M. A. Gray та співавт., 2007.

<sup>3</sup> H. D. Park та співавт., 2014, 2016; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а.

<sup>4</sup> H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; P. Tahsili-Fahadan, R. G. Geocadin, 2017.

<sup>5</sup> І пропріоцеptiveві міжреберних і діафрагмального м'язів.

<sup>6</sup> H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; S. N. Garfinkel, H. D. Critchley, 2016. На жаль, дані щодо можливих прямих проєкцій інтероцеptiveного представництва NTS (тобто не лише барогенного, а й інших, приміром, респіраторних чи гастроінтестинальних входів) на дієнцфальні ядра, мигдалеподібний комплекс, острівцеві і АСС (див. том I, с. 369) H. D. Critchley та N. A. Harrison (2013) не наводять, про групу нейронів C1 RVLM у ростральному проектуванні впливів NTS не згадують; у їхній схемі парабрахіальний комплекс проєктується у ЦСР і, можливо, у блакитне місце, а також у гіпоталамус, таламус і у АСС, тоді як ЦСР і, ймовірно, нейрони блакитного місця проєктується у мигдалеподібний комплекс і АСС, причому таламус розглядається як важливий релейний центр проектування цих впливів на АСС. Дані S. N. Garfinkel і H. D. Critchley (2016) узагальнено у контексті розгляду механізмів "ампліфікації" відповіді на лянчу інформацію: вторинне підсилення у такій моделі відбувається через зовнішній стосовно мозку контур — серце.

<sup>7</sup> У оригіналі — "ventromedial posterior thalamus".

<sup>8</sup> "Anterior cingulate cortex", передня поясна кора.

<sup>9</sup> Преферентний стосовно сигналізації про ушкодження того чи іншого органа.

рентів або механо- й термоцептивного впливу на нейронні мережі мозку у генеруванні кіркових корелятив фазної активності серця залишається не доведеною.

Серцеві аференти сприймають хімічні<sup>1</sup> і механічні подразники; хімічні подразнення обумовлюють то- нічну і відносно низькочастотну<sup>2</sup> активність сприймаючих нейронів; механоцептивні нейрони володіють вираженою фазною активністю, спряженою з серцевим циклом; обидва шляхи кардіогенної доцентрової передачі конвергують з барорецепторним входом на NTS (оглянуто Н. D. Park, O. Blanke, 2019 b). Завдяки існуванню швидких доцентрових провідників<sup>3</sup> кіркові, викликані серцебиттям, потенціали реєструють одразу ж після електрокардіографічної R-хвилі з затримкою менш ніж 100 мс (*Ibid.*<sup>4</sup>).

Вище ми проходилися, що частина кардіогенних впливів на мозок реалізуються опосередковано — через шляхи загальної чутливості, тобто через екстероцептивні й пропріоцептивні аференти від грудної клітки (*Ibid.*<sup>5</sup>); потенціали, викликані серцебиттям, вдається реєструвати прямо над поверхнею соматосенсорної кори (*Ibid.*<sup>6</sup>), а порушення відчуття власного серцебиття виникає не лише на тлі транскраніальної магнітної стимуляції ділянки острівця, а й соматосенсорної кори (*Ibid.*<sup>7</sup>). Не слід забувати і про плевральні аференти, збудження котрих під час скорочень серця не менш імовірно, ніж збудження пропріоцепторів чи шкірних рецепторів лівої передгруднинної, грудної, бічної грудної і підгрудної ділянок.

Два загальні мережеві механізми — 1) збільшення кількості активних нейронів і ступеня їх збудження; 2) синхронізація активності окремих нейронів<sup>8</sup> — можуть мати значення у генеруванні потенціалів, викликаних серцебиттям, однак отримані нещодавно дані (*Ibid.*<sup>9</sup>) свідчать на користь превалювання другого механізму. Н. D. Park і O. Blanke (2019 b) вважають, що це зменшує вагу “судинно-пульсового” механізму генерування потенціалів, викликаних серцебиттям, оскільки він забезпечував би скоріше зміну амплітуди вже існуючої осциляційної активності мережі, аніж її частоту, тобто моду фазної синхронізації (*Ibid.*<sup>10</sup>).

У якості альтернативного розглядають виникнення потенціалів, викликаних серцебиттям, як результат нейроваскулярного єднання (див. том II, с. 384): фазне, залежне від серцевого викиду збільшення перфузії і наповнення речовини мозку глюкозою й киснем може обумовлювати й збільшення активності нейронних мереж, зокрема тих, де такі пульсові зміни найвиразніші (*Ibid.*). Не вдаючись в аналіз цього припущення, висловленого за наявності певних опосередкованих даних (*Ibid.*<sup>11</sup>), зазначимо, що автори<sup>12</sup> обходять увагою інший, не менш значимий на наш погляд механізм: механо- і термоцептивної, синфазної серцевому циклу зміни активності мереж мозку<sup>13</sup>.

## методологічні обмеження

Найбільша і очевидна складність дослідження потенціалів, викликаних серцебиттям, — верифікація їх каузального зв'язку із серцевим циклом і відсіювання факторів, котрі б симулювали такий зв'язок<sup>14</sup>, наприклад, розповсюджуваних польових еквівалентів електричної активності серця (Н. D. Park, O. Blanke, 2019

<sup>1</sup> Імовірно, не лише хімічні, а й нейромедіаторні й інші периферичні впливи, характерні, приміром, для активації ноцицепторів.

<sup>2</sup> ~0.1 Гц.

<sup>3</sup> Передусім, периферичних відростків механочутливих нейронів спинномозкових вузлів, а також чутливих нейронів блукаючого нерва.

<sup>4</sup> З посиланням на: D. Li та співавт., 2015.

<sup>5</sup> З посиланням на: S. S. Khalsa та співавт., 2009.

<sup>6</sup> З посиланням на: M. Kern та співавт., 2013.

<sup>7</sup> З посиланням на: O. Pollatos та співавт., 2016.

<sup>8</sup> Іншими словами — модуляція амплітуди чи модуляція фази активності нейронів, котрі залучені до мережі потенціалів, викликаних серцебиттям.

<sup>9</sup> З посиланням на: Н. D. Park та співавт., 2018.

<sup>10</sup> З посиланням на: Luck, S. J., 2014. An Introduction to the Event-Related Potential Technique, second ed. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

<sup>11</sup> З посиланням на: K. J. Kim та співавт., 2016; P. O'Herron та співавт., 2016.

<sup>12</sup> Йдеться про Н. D. Park і O. Blanke (2019 b)

<sup>13</sup> Див. матеріал попередньої глави. При цьому Н. D. Park та O. Blanke (2019 b) цитують С. I. Moore та R. Cao (2008), у котрих, на жаль, схожа гіпотеза обмежена лише вторинним впливом локальної функціональної гіперемії речовини мозку на локальну ж активність мозкових мереж. Однак фазне наповнення кров'ю судин мозку на тлі серцевого циклу неможливо назвати “функціональною гіперемією”, оскільки така реакція на даний час розглядається як результат функціональної активації нейронних мереж механізмом нейроваскулярного єднання (див. том II, с. 384-391).

<sup>14</sup> Оглянуто у: Н.-D. Park, O. Blanke, 2019 b; J. Brener, C. Ring, 2019.

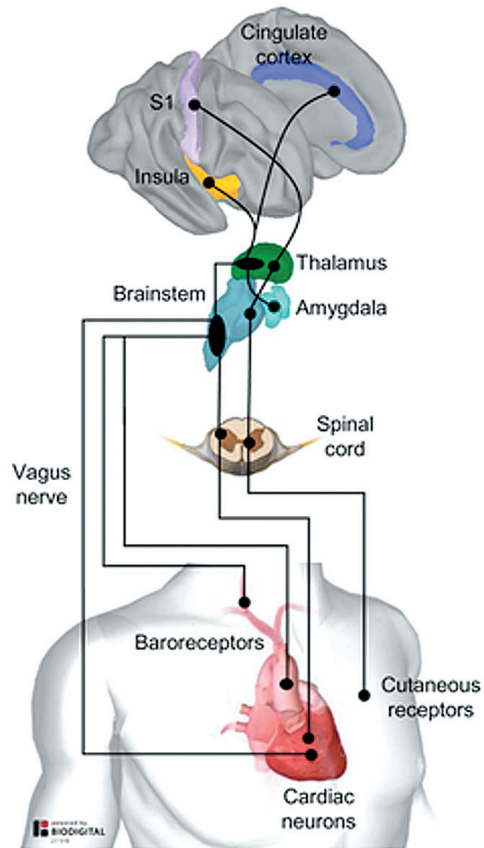


Рис. 1. Можливі шляхи серцевої інтероцепції і формування мозкових потенціалів, викликаних серцебиттям, в уявленні Н.-Д. Парк і О. Бланке (2019 b). S1 — без сумніву, первинна соматосенсорна зона кори

b)<sup>1</sup>: їх реєструють у всіх ділянках тіла, у тому числі над поверхнею голови (*Ibid.*<sup>2</sup>). При внутрішньочерепній поверхневій реєстрації електричної активності мозку обумовлені електричною активністю серця феномени, найімовірніше, втрачають значимість (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a, b). Чим це пояснити — невідомо.

<sup>1</sup>З посиланням на: G. Dirlich та співавт., 1997. "Indeed one of the most crucial intrinsic limitations of the HEP is that when using scalp EEG or MEG (but not intracranial EEG; see next section), it is heavily contaminated by ECG activity itself, as strong electrical activity generated by the heart itself can be measured on the entire body including the cortical surface. Thus, the question of whether the HEP exists and can be measured at the cortical level has remained unanswered until recently.... several methods have been proposed to at least partially remove such physiological noises from the HEP. For instance, a few HEP studies applied diverse methods such as simple subtraction method (Montoya et al., 1993), principal component analysis (Schandry et al., 1986; Pollatos et al., 2005), and independent component analysis (ICA; Terhaar et al., 2012; Park et al., 2014). Although these methods have been shown to be effective in removing prominent artefactual components from the HEP, they cannot completely separate all artefactual components from the HEP, as can be shown in the ICA corrected HEP results (Park et al., 2014). In addition, such correction methods may remove genuine HEP components as well. Other studies applied non-computational approaches by restricting the time of interest for the HEP analysis to the period that is known to be less affected by the cardiac field artifact (Dirlich et al., 1997; Gray et al., 2007; Park et al., 2014). For instance, during the time period from the decay of ECG T-wave to the beginning of the next R-wave, the cardiac field artifact measured on the scalp decreases to the less than 1 % compared to the ECG amplitude measured at the chest, and it has been suggested that this time period might be considered as (almost) free from cardiac field artifact for the HEP research (Dirlich et al., 1997). Furthermore, when a study involves two different experimental conditions or groups, as most reviewed HEP studies, comparison of ECG signals between conditions could be critical to show that observed HEP effects do not result from the different ECG activity. Thus, if one finds a differential HEP amplitude, but not in the simultaneously recorded ECG amplitude between two experimental conditions, one can safely infer that such differential HEP reflects genuine neural activity time-locked to the heartbeat. Of note, considering none of these methods provides a complete way for controlling cardiac field artifacts, it would be preferable to use some of these methods together in a complementary way. For instance, if one observes different HEP modulations, without accompanying ECG difference, between experimental conditions consistently using both non-corrected and corrected data, this may suggest that the observed HEP effect is not associated with the cardiac field artifact or artifact-correction method applied. On the contrary, it would be problematic if one does not report the result of ECG comparison between conditions or groups, solely based on the assumption of the artifact-free time window (Muller et al., 2015). On the other hand, when using intracranial EEG, it has been shown that pulse related artifacts are the main confound of the intracranial HEP (Kern et al., 2013; Park et al., 2018), whereas the cardiac field artifact has negligible influence. A recent intracranial HEP study showed that time-frequency analysis could be useful for excluding pulse artifacts from genuine intracranial HEP, based on the fact that pulse artifacts are characterized by stereotypical oscillatory pattern lower than 2 Hz (Park et al., 2018). Although never reported to date, single-unit recordings might be able to provide artifact-free neural responses to heartbeats." (H.-D. Park, O. Blanke, 2019 b; виділено нами — В. М.).

<sup>2</sup>З посиланням на: G. Dirlich та співавт., 1997.

Більшість повідомлень стосовно потенціалів, викликаних серцебиттям, отримано завдяки черезшкірним технікам<sup>1</sup> реєстрації над лобовою<sup>2</sup>, так званою центральною<sup>3</sup> і тім'яною ділянками склепіння черепа (*M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а; A. Sel та співавт., 2016*). Внутрішньочерепні засоби реєстрації поверхневих мозкових потенціалів з вищою роздільною здатністю<sup>4</sup> виявляють викликану серцебиттям активність у ділянці острівця, кори покришки<sup>5</sup>, нижньої лобової звивини й мигдалеподібного комплексу. Важливо, що на даний час фМРТ вважається нерелевантним для дослідження феномену засобом, оскільки володіє низькою часовою роздільною здатністю<sup>6</sup> (*H. D. Park, O. Blanke, 2019 b*).

## на тлі різних видів психічної активності

Реєстрація потенціалів, викликаних серцебиттям, на тлі виконання пізнавальних завдань<sup>7</sup> виявляє суттєво відмінні їхні характеристики у ділянці острівця, покришки<sup>8</sup> і нижньої тім'яної часточки на тлі різної ментальної активності<sup>9</sup>. *H. D. Park і O. Blanke (2019 b)*, спираючись на ряд даних<sup>10</sup> і зважаючи на залучення основних ділянок реєстрації потенціалів, викликаних серцебиттям, до мережі оперантного спокою<sup>11</sup>, формують витаючу в повітрі ідею<sup>12</sup>, що спонтанна активність цієї мережі у стані неспанння на тлі оперантного спокою може бути результатом континуального вісцерогенного впливу на мозок — серцевого<sup>13</sup>, дихального<sup>14</sup> і шлункового<sup>15</sup>. Це свідчення цінне з огляду на роль мережі оперантного спокою і острівця у ймовірнісному генеруванні нового (*див. том III, с. 153-159*). І, звичайно, очікуваним є припущення щодо суттєвого впливу мережевих корелятивів серцебиття на психічний процес<sup>16</sup>.

<sup>1</sup> ЕЕГ, магнітоенцефалографія.

<sup>2</sup> A. Canales-Johnson та співавт., 2015; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а; H.D. Park та співавт., 2016; Y. Wei та співавт., 2016; A. Gentsch та співавт., 2018.

<sup>3</sup> P. Montoya та співавт., 1993; S. Shao та співавт., 2011; F. H. Petschner та співавт., 2019.

<sup>4</sup> M. Kern та співавт., 2013; A. Canales-Johnson та співавт., 2015; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 b; H.-D. Park та співавт., 2018; J. Parvizi, S. Kastner, 2018.

<sup>5</sup> Ймовірно, *operculum frontalis*.

<sup>6</sup> "Slow temporal resolution."

<sup>7</sup> H. D. Park, C. Tallon-Baudry, 2014; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а; A. Canales-Johnson та співавт., 2015; H. D. Park та співавт., 2016.

<sup>8</sup> *Operculum*.

<sup>9</sup> H. D. Park та співавт., 2014, 2016; A. Canales-Johnson та співавт., 2015; M. Babo-Rebello et al., 2016 а, b.

<sup>10</sup> S. W. Wong та співавт., 2007; A. B. L. Tort та співавт., 2018; I. Rebollo та співавт., 2018.

<sup>11</sup> Вентральна АСС, РСС, VMPFC, і кора прекіна — H. D. Park та співавт., 2014, 2016; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а.

<sup>12</sup> схожі думки озвучувались і іншими дослідниками: G. Northoff, F. Bermpohl, 2004; G. Northoff та співавт., 2006; P. Qin, G. Northoff, 2011.

<sup>13</sup> S. W. Wong та співавт., 2007; E. Shokri-Kojori та співавт., 2018.

<sup>14</sup> A. B. L. Tort та співавт., 2018. Щодо впливу системи зовнішнього дихання на психічний процес існує значна кількість даних. **1.** Описано вплив респіраторного, найімовірніше рецепторного впливу на вищі мозкові центри загалом (*K. C. Evans, 2010; J. M. Ramirez, 2014; O. K. Faull, K. T. Patinson, 2017*). **2.** Виявлено вплив періодичних зітхань на підтримання психологічної активації (*J. M. Ramirez, 2014*), як і вплив назальної респірації на осциляційну активність у структурах лімбічної системи і на деякі когнітивні функції (*C. Zelano та співавт., 2016*). **3.** Описано вплив респіраторної стимуляції повітроносних шляхів на низькочастотну (*менше 1.5 Гц*) осциляційну мережеву активність у гіпокампі щура і формування відмінної від  $\theta$ -ритму активності (*J. Viczko та співавт., 2014; Y. Yanovsky та співавт., 2014; A. L. V. Lockmann та співавт., 2016*). Звичайне зовнішнє дихання у миші під час неспанння (*і пов'язана з нею стимуляція нюхового та, ймовірно, інших сенсорних входів — від слизової носа, пропріоцептивного від структур стінки грудної клітки та черевної порожнини, вісцероцептивного від тканини легень, екстероцептивного від шкіри грудної клітки та ділянки живота тощо*) обумовлює чіткий мережевий електрофізіологічний ритм з частотними характеристиками, котрі у гіпокампальній формації схожі до  $\theta$ -ритму (*V. N. Chi та співавт., 2016*). Найімовірнішим джерелом такого виду активності є нюхова цибулина (*V. N. Chi та співавт., 2016*). Вплив потокової стимуляції нюхової зони слизової носа дорослих здорових осіб подразнення запахів повітрям (*частота 0.05 Гц, тривалість дії потоку — 8 с, тривалість паузи — 12 с*) призводить до збільшення ЕЕГ  $\delta$ - і  $\theta$ -активності над усією корою, особливо над елементами лімбічної системи і елементами мережі оперантного контролю, змінює напрям інформаційного потоку у глобальній мозковій мережі з задньо-переднього, характерного для неспанння, на передньо-задній, характерний для NREM-сну, формує відчуття суттєвої зміни у сфері свідомості (*A. Piarulli та співавт., 2018*). **4.** Виявлено прямий або опосередкований (*через нейрони блакитного місця, парабрахіального комплексу, ЦСР, ядро Кьолікера — Ф'юза, гіпоталамуса, зона incerta, таламуса, верхніх і нижніх горбків тощо — C. F. Yang, J. L. Feldman, 2018; C. A. Del Negro та співавт., 2018*) вплив нейронів пре-бьотцінгерівського комплексу на психічну активацію, афективну і когнітивну сферу, приміром, у контексті занять йогою чи інших форм медитативної практики зі спеціальним дихальним алгоритмом (*C. A. Del Negro та співавт., 2018*). **5.** В усвідомленій регуляції зовнішнього дихання беруть участь каудальні та медіальні ділянки префронтальної кори, премоторна і первинна рухова, орбітофронтальна кора, острівцеві, кора верхньої скроневої звивини, мигдалеподібний комплекс, а в реалізації респіраторної interoцепції — АСС, премоторна кора, острівцеві і гіпокамп (*J. L. Herrero та співавт., 2017*).

<sup>15</sup> I. Rebollo та співавт., 2018; йдеться про сенсорні впливи на мозок, котрі виникають у зв'язку з пропульсивною активністю шлунка ("*stomach motility*").

<sup>16</sup> H. D. Park та співавт., 2014; H. D. Park, C. Tallon-Baudry, 2014; J. S. Winston, G. Rees, 2014; M. Babo-Rebello та співавт., 2016 а; див. далі.

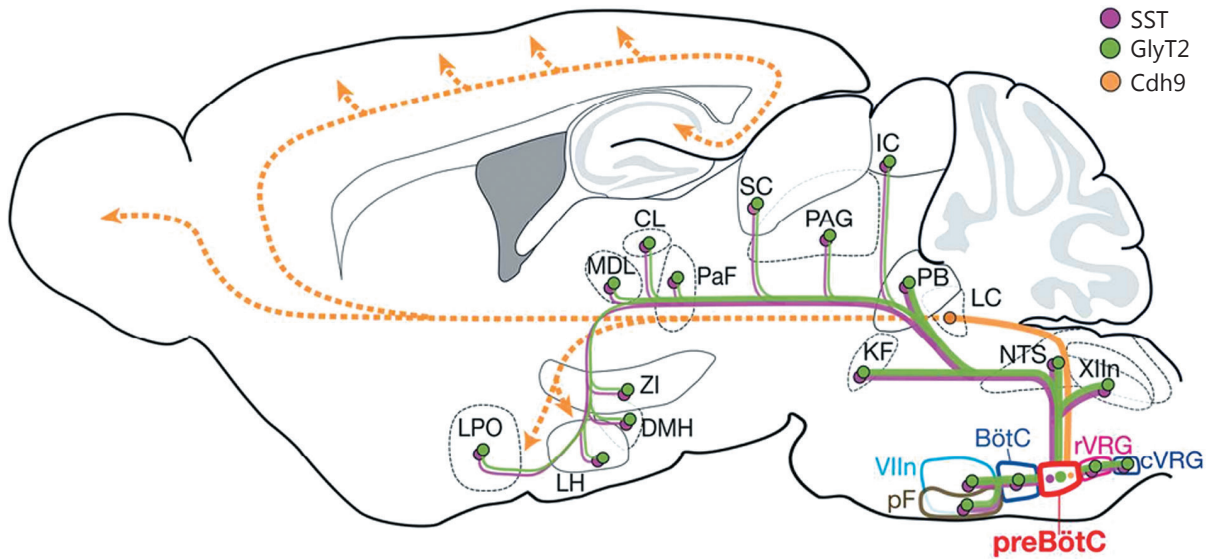


Рис. 2. Як дихальний ритм може впливати на психіку. Проекції різних, гальмівних і збуджувальних нейронів пре-бьотцінгерівського центру у ростральніші ділянки головного мозку дорослої миші. С. F. Yang і J. L. Feldman (2018). Умовні позначення: SST — somatostatin; GlyT2 — glycine transporter 2; Cdh9 — cadherin 9

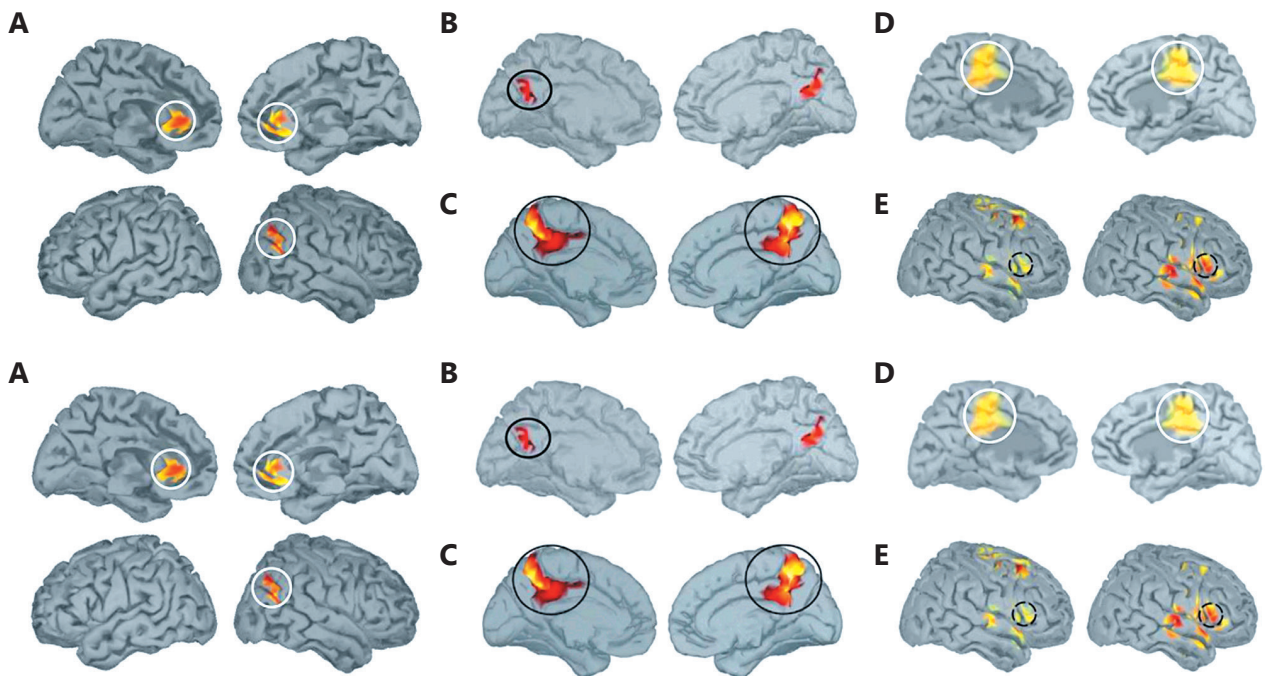


Рис. 3. Над якими ділянками кори на тлі різноманітних когнітивних тестів реєструють виразні потенціали, викликані серцебиттям. Н. D. Park і O. Blanke (2019 b)



На даний час (оглянуто *H. D. Park, O. Blanke, 2019 a, b*) найінтенсивніше вивчається зв'язок потенціалів, викликаних серцебиттям, з механізмами усвідомленого відчуття власного серцебиття суб'єктом<sup>1</sup>, їхній вплив на перцептивне самовідчуття і самоусвідомлення<sup>2</sup>, на усвідомлене фокусування інтероцептивної уваги<sup>3</sup>, на усвідомлене ж сприйняття навколопорогових<sup>4</sup> чи комплексних<sup>5</sup> зорових подразників<sup>6</sup>, а також на сприйняття болю<sup>7</sup>, на екстероцепцію<sup>8</sup>, на емоційні переживання<sup>9</sup>, на маніфестацію емпатії<sup>10</sup> й сприйняття переляку іншого<sup>11</sup>. Виявляється, якість екстероцептивного сприйняття і пов'язаного з цим запам'ятовування інформації залежить від фази серцевого циклу: діастола — сприятливіший період для реалізації цих функцій; іншими словами, інтероцептивний вплив може конкурувати з екстероцептивним, обмежуючи якість сприйняття (*T. Waelius та співавт., 2018*).

У зв'язку з наявністю численних даних такого роду запропоновано гіпотезу щодо засадничої ролі інтероцепції<sup>12</sup> у самоусвідомленні суб'єкта, у виникненні та формуванні якості його самопочуттів і у функції сфери емоційних почуттів взагалі<sup>13</sup>. Не дивно, що потенціали, викликані серцебиттям<sup>14</sup>, змінюються на тлі психічних розладів з компонентом афективної дисфункції<sup>15</sup> чи дисфункції самоусвідомлення<sup>16</sup> (оглянуто *H. D. Park, O. Blanke, 2019 b*).

<sup>1</sup> R. Schandry, 1981; R. Schandry та співавт., 1986; R. Schandry, R. Weitekunat, 1990; P. Montoya та співавт., 1993; R. Schandry, P. Montoya, 1996; O. Pollatos, R. Schandry, 2004; O. Pollatos та співавт., 2005; S. N. Garfinkel та співавт., 2015; F. H. Petzschner та співавт., 2019. В основі методології лежить тест підрахунку власних ударів серця — “*heartbeat counting task*” і вплив його виконання на ЕЕГ (теоретично — на рисунок активності мозку, отриманий будь-якими засобами — В. М.); валідність тесту підточена тим, що його реалізація потребує концентрації уваги, тобто залучення, щонайменше, мережі виконавчого контролю й мережі уваги, що обумовлює суттєвий додатковий вклад у отримувани різними засобами реєстрації дані (*C. Ring та співавт., 2015; J. Brener, C. Ring, 2016; G. Zamariola та співавт., 2018; S. S. Khalsa та співавт., 2018; F. H. Petzschner та співавт., 2019*).

<sup>2</sup> “*Perceptual awareness and self-consciousness*”; інтероцептивний вхід на мозок континуальний і суттєвий для здійснення цих вищих психічних функцій, зокрема для функції самоусвідомлення (*A. Damasio, 1999, 2003 a, b, 2010; V. Lenggenhager та співавт., 2007; O. Blanke, T. Metzinger, 2009; A. D. Craig, 2009; O. Blanke, 2012; A. Damasio, G. B. Carvalho, 2013; H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; H. D. Park та співавт., 2014, 2016; H. D. Park, C. Tallon-Baudry, 2014; O. Blanke та співавт., 2015; R. Salomon et al., 2016, 2018; A. Sel та співавт., 2016; M. Babo-Rebelo та співавт., 2016 a, 2019; H. D. Park та співавт., 2018; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a — наведено за H. D. Park, O. Blanke, 2019 b*); функцію перцептивного самоусвідомлення і активність мозку у стані оперантного спокою досліджено *G. Northoff та F. Bermpohl (2004), G. Northoff та співавторами (2006), S. Arzu та співавторами (2010), P. Qin та G. Northoff (2011), Z. Huang та співавторами (2016), A. Wolff та співавторами (2019) — оглянуто H. D. Park і O. Blanke (2019 a)*.

<sup>3</sup> Ключове значення у цій функції має кора передньої частини острівця в асоціації із зацентральною, соматосенсорною корою (*X. Wang, Q. Wu та співавт., 2019*).

<sup>4</sup> H. D. Park, C. Tallon-Baudry, 2014; C. Tallon-Baudry та співавт., 2017; H. D. Park та співавт., 2014; передбачається, що феномен серцевих викликаних потенціалів пов'язаний і впливає саме на усвідомлені зорові відчуття, тобто на візуальне сприйняття.

<sup>5</sup> Наприклад, впізнання зображення власного обличчя поміж двох схожих (*A. Sel та співавт., 2016*).

<sup>6</sup> Інші дані у цьому контексті: інтероцептивна кардіопетальна увага знижує чутливість до конкурентних зорових стимулів (*M. Villena-Gonzalez та співавт., 2017*); зорове сприйняття — оцінка загального виразу демонстрованого обличчя — у залежний від емоційної компоненти оцінюваного зображення спосіб модулює величину серцевих викликаних потенціалів і відбувається у взаємозалежний від них спосіб (*A. C. Marshall та співавт., 2017, 2019*); інтероцептивна сигналізація на тлі зорового сприйняття додає усвідомленій зоровій інформації відчуття суб'єктованості, присвоєності суб'єкту — “*суб'єктивізує*” її (*C. Tallon-Baudry та співавт., 2018*).

<sup>7</sup> S. Shao та співавт., 2011.

<sup>8</sup> H. D. Critchley, S. N. Garfinkel, 2015; E. Ai та співавт., 2020.

<sup>9</sup> Англ. — *emotional feelings*; “*Since William James's influential proposal that “emotion is the feeling of bodily changes” (James, 1890), interoceptive processing, in particular the heart, has been associated with the emotional process.*” (*H. D. Park, O. Blanke, 2019 b*). Зокрема, досліджують кореляти якості (а не потужності) емоційного процесу на рівні кіркових викликаних потенціалів (*H. Fukushima та співавт., 2011; S. Shao та співавт., 2011; C. D. Luft, J. Bhattacharya, 2015; V. Couto та співавт., 2015; A. C. Marshall та співавт., 2017; A. Gentsch та співавт., 2018; J. Kim та співавт., 2019*) і залежність результативності емоційного судження від фази серцевого циклу. Останнє корелює зі змінами активності у ЦСР і у мигдалеподібному комплексі (*M. A. Gray та співавт., 2012; S. N. Garfinkel та співавт., 2014*).

<sup>10</sup> H. Fukushima та співавт., 2011.

<sup>11</sup> Споглядання фото обличчя з виразом страху — S. N. Garfinkel та співавт., 2014; H. D. Critchley, S. N. Garfinkel, 2015; S. N. Garfinkel, H. D. Critchley, 2016.

<sup>12</sup> “*Active inference of interoceptive afferent signals.*”

<sup>13</sup> A. K. Seth, 2013; A. K. Seth, H. D. Critchley, 2013; L. F. Barrett, W. K. Simmons, 2015; V. Ainley та співавт., 2016; M. Allen та співавт., 2016; F. H. Petzschner та співавт., 2017; M. Allen, K. J. Friston, 2018; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a. Оглянуто у: H. D. Park, O. Blanke, 2019 b. Детальніше — див. далі.

<sup>14</sup> Йдеться про потенціали, викликані серцебиттям, котрі реєструють на тлі підрахунку добровольцем кількості власних ударів серця (*J. Terhaar та співавт., 2012*) або на тлі REM-сну (*L. Perogamvros та співавт., 2019*).

<sup>15</sup> Йдеться про депресивний розлад і розлад кошмарних сновидінь (розлад нічних жахів; *nightmare disorder*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Nightmare\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Nightmare_disorder)).

<sup>16</sup> Йдеться передусім про деперсоналізацію на тлі межового розладу особистості, або емоційно нестабільного розладу особистості (*A. Schulz та співавт., 2015*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Borderline\\_personality\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Borderline_personality_disorder)). Перелік психічних розладів, для котрих характерна вісцеральна дисфункція і пов'язані з нею інтероцептивні кореляти, включає (оглянуто у: *J. Murphy та співавт., 2017; P. Duquette, 2017*;

## інтероцепція і психіка

### самоусвідомлення

Тілесна самосвідомість<sup>1</sup>, точніше, самоусвідомлення<sup>2</sup> — інтегральне усвідомлення суб'єктом власної тілесності, 'собі-належності' власного тіла — на даний час розглядають як один із засадничих атрибутів<sup>3</sup> самоусвідомлення загалом (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a), з істотною варіативністю у людській популяції (R. J. Stevenson та співавт., 2015; E. Ferentzi та співавт., 2018). Розглядають два компоненти тілесного самоусвідомлення — екстероцептивний, тобто той, котрий обумовлюється сприйняттям континуальної дії на тіло людини зовнішнього середовища<sup>4</sup>, а також інтероцептивний — обумовлений однойменним, вісцероцептивним впливом на мозок (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a). Екстероцептивна частина апарату тілесної самоусвідомленості пов'язана з функцією премоторної кори, кори міжтім'яної борозни і TPJ, за участю яких інтегруються впливи різноманітних сенсорних модальностей (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a). Інтероцептивна частина пов'язана з функцією острівця<sup>5</sup> і кори поясної звивини — кіркових відділів інтеграції вісцерогенних впливів, котрі надходять від NTS, RVLM, парабрахіального комплексу, блакитного місця, ЦСР, гіпоталамуса тощо (див. главу "Cardioencephalia truncosa"). Інтероцептивно орієнтоване і візуальне самосприйняття й самоусвідомлення взаємопов'язані<sup>6</sup>; зв'язок між ними може опосередковуватися покришковою корою й суміжною корою острівця (M. L. Belfari та співавт., 2017). Окрім респіраторних і кардіогенних, у функції тілесного самоусвідомлення істотне значення мають, щонайменше, гастральні рецепторні впливи на мозок; у їхній обробці і ретрансляції беруть участь первинна соматосенсорна кора праворуч, вторинна соматосенсорна кора (двобічно), частини премоторної<sup>7</sup> і потилично-скроневої кори<sup>8</sup>, ділянка кори задньої поясної борозни, дорзальна частина кори прекіна, ділянки потиличної<sup>9</sup> і ретроспленіальної кори, кори верхньоїтім'яно-потиличної борозни (I. Rebollo та співавт., 2018).

S. S. Khalsa та співавт., 2018; див. також: D. Di Lernia та співавт., 2018; X. Gu та співавт., 2019): **панічний розлад** — збільшене серцебиття і/або артеріальний тиск, біль у грудях, задишка, задуха, нудота, запаморочення, відчуття "приливів", тремтіння, синдром деперсоналізації/дереалізації ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Синдром\\_деперсонализации\\_-\\_дереализации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Синдром_деперсонализации_-_дереализации); 23.09.2019 p.); **депресивний розлад** — збільшення або зменшення апетиту, втома, млявість (до речі, зниження вираженості фізіологічної дихальної синусової аритмії — важливий корелят і біологічний предиктор пізньо маніфестованого депресивного розладу — M. Yaptangco та співавт., 2015); **розлади харчової поведінки** ([https://en.wikipedia.org/wiki/Eating\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Eating_disorder), W. K. Simmons, D. C. DeVille, 2017; у тому числі *bulimia nervosa* — M. Klabunde та співавт., 2017; відмічають потенціювання обробки кардіопетальної інформації у корі на тлі *anorexia nervosa*) — нечутливість до голоду, харчова тривога ('food anxiety'), скарги з боку травної системи; **соматоформні розлади** ("somatic symptom disorders"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Somatic\\_symptom\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Somatic_symptom_disorder); 23.09.2019 p.) — різноманітна суб'єктивна вісцеротропна симптоматика, пов'язувана пацієнтом з наявністю певної серйозної патології, не підтверджуваної, однак, об'єктивними дослідженнями; **розлади, пов'язані з вживанням психоактивних речовин** ("substance use disorders"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Substance\\_use\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Substance_use_disorder); 23.09.2019 p.) — поліморфна вегетативна і вісцеротропна симптоматика на тлі фази потягу, інтоксикації чи абстиненції (зміни ЧСС, частоти дихальних рухів, артеріального тиску, розміру зіниці тощо); **посттравматичний стресовий розлад** ("posttraumatic stress disorder") — підвищена вегетативна самоуважність ("autonomic hypervigilance"), симптоматика деперсоналізації/дереалізації (збільшення ЧСС, артеріального тиску тощо); **генералізований тривожний розлад** ("generalized anxiety disorder"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized\\_anxiety\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized_anxiety_disorder); 23.09.2019 p.; J. Pang та співавт., 2019) — тремтливий напруження м'язів, пітливість, головний біль, втома, нудота й інші скарги з боку травної системи, больова симптоматика; **синдром деперсоналізації/дереалізації** ("depersonalization/derealization disorder"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Depersonalization\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Depersonalization_disorder); 23.09.2013 p.) — відчуття відокремленості голови чи інших частин від тіла, відокремленості суб'єкта від його власного тіла (відчуття позатілесності), складніші варіанти порушення функції самореференції, тілесної самоідентифікації, а також порушення усвідомлення і сприйняття пацієнтом зануреності в оточення (тобто *дереалізація* — *все, що відбувається, сприймається пацієнтом позбавленим барв реалістичності, грою у театрі тощо*); **розлади спектра аутизму** (розлади аутистичного спектра) — шкірна надчутливість і пов'язана з цим оджена перебірливість; розлади сну (розлад нічних жахів, або кошмарний розлад — "nightmare disorder"; L. Perogamvros та співавт., 2019).

<sup>1</sup> "Bodily self-consciousness."

<sup>2</sup> "Bodily self awareness."

<sup>3</sup> Чи аспектів.

<sup>4</sup> Можна сказати, екстероцептивний і соматосенситивний у сенсі пропріоцепції, а також зоровий, слуховий, нюховий, смаковий входи.

<sup>5</sup> J. K. Shoemaker та співавт., 2012; доведено у тому числі й клінічно — L. Heydrich, O. Blanke, 2013; Z. A. Al-Qudah та співавт., 2015; R. Ronchi та співавт., 2015.

<sup>6</sup> K. Suzuki та співавт., 2013; D. Adler та співавт., 2014; M. L. Filippetti, M. Tsakiris, 2017; L. Heydrich та співавт., 2018.

<sup>7</sup> Medial wall motor regions (див. N. Picard, P. L. Strick, 1996), котра включає праву додаткову рухову ділянку ("supplementary motor area", SMA), і дві розташовані поблизу ділянки поясної борозни — каудальну ("caudate cingulate motor zone") та задню роstralну ("posterior rostral cingulate motor zone").

<sup>8</sup> Включає екстрастріарні ділянки.

<sup>9</sup> Вентральну і дорзальну порції.

До інтероцептивних впливів відносять типові — серцево-судинні<sup>1</sup>, дихальні<sup>2</sup>, шлунково-кишкові<sup>3</sup>, сечостатеві<sup>4</sup>, інші нутроцеві<sup>5</sup> і класичні автономні<sup>6</sup>, а також “межові”<sup>7</sup> — імунні<sup>8</sup>, ноцицептивні<sup>9</sup>, хемоцептивні<sup>10</sup>, осмоцептивні<sup>11</sup>, центральні термоцептивні<sup>12</sup> тощо<sup>13</sup> (оглянуто S. S. Khalsa та співавт., 2018). Функція інтеро-

<sup>1</sup> З посиланням на: S. Oppenheimer, D. Cechetto, 2016; K. Shivkumar та співавт., 2016.

<sup>2</sup> Ті, що стосуються функції зовнішнього дихання; S. S. Khalsa та співавт., 2018, з посиланням на: A. von Leupoldt та співавт., 2013.

<sup>3</sup> З посиланням на: E. A. Mayer та співавт., 2006; W. H. Kaye та співавт., 2009.

<sup>4</sup> З посиланням на: L. P. Solano-Flores та співавт., 1997; M. J. Drake та співавт., 2010. Приміром, електрична стимуляція аферентного ниркового нерва (“afferent renal nerve”) щура супроводжується збільшенням експресії Fos (один з генів ранньої відповіді, його експресія свідчить про збільшення функціональної активності клітини загалом) уздовж зовнішнього краю судинного органа кінцевої пластинки (organum vasculosum laminae terminalis), у медіальних ділянках підсклепінного органа (organum subfornicale), у пс. преоптичний medianus, у вентральній частині ядра ложа кінцевої смуги (BNST), вздовж бічної частини центрального ядра мигдалеподібного комплексу, у глибоких шарах дизгранулярної кори острівця, у дрібноклітинній частині пс. paraventricularis гіпоталамуса і таламуса. Невелику кількість клітин, що експресують Fos, виявлено у пс. supraopticus і у великоклітинній частині пс. paraventricularis гіпоталамуса, вздовж бічної межі пс. arcuatus. На рівні стовбура найбільшу активність експресії спостерігали у спайковому (комісуральному) і медіальному під’ядрах NTS, у зовнішньому під’ядрі латерального (бічного) парабрахіального ядра; менш інтенсивну — у каудальному полюсі блакитного місця і розпорошено поміж вентролатерально довагастомозковою і мостовою частинами ретикулярної формації, тобто у ділянках клітинних груп A1, C1 і A5. У спинному мозку експресію Fos за цих експериментальних умов виявляли на рівні T<sub>9</sub>–L<sub>1</sub> у пластинах I–V сірої речовини іпсилатерально до місця стимуляції, а також у бічному розі двобічно, з іпсилатеральною перевагою. На рівні головного мозку розподіл нейронів, котрі експресують Fos, двобічний з контрлатеральною перевагою (L. P. Solano-Flores та співавт., 1997).

<sup>5</sup> Вісцеральні; з посиланням на: W. Janig, 1996.

<sup>6</sup> S. S. Khalsa та співавт., 2018, з посиланням на: B. R. Dworkin, 2000 [Dworkin BR. Interoception. In: Cacioppo JT, Tassinari LG, Berntson GG, editors Handbook of Psychophysiology 2. New York: Cambridge University Press; 2000 10391506]; H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013.

<sup>7</sup> Функція мозку суттєво залежить від метаболічного забезпечення; осмо-, хемо- і терморегуляція здійснюються завдяки сприйняттю відповідних параметрів широкою мережею нейронів мозку (див. том II, с. 364), периферичне запалення, як і мікробіом товстої кишки, чинять впливи на вищі психічні функції, опосередковані цитокинами й імуніцитами (див. далі). Отже, межа між системністю, диференційованістю функції інтероцепції і чутливістю мозку до типових інтероцептивних подразників у силу його метаболічної залежності — відносна. Приміром (наводимо за: H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; L. Quadt та співавт., 2018; а також за іншими оглядами), апарат сприйняття артеріального тиску — барорецепторні поля дуги аорти і сонні клубочки — містить також рецептори, чутливі до метаболітів, цитокінів, елементів ренін-ангіотензинової системи тощо (див. вище); вісцеральні (й соматичні) ноцицептори реагують на гаму хімічних атрибутів тканинного ураження — механічний стрес, локальне закиснення (зниження pH), гіпоксію, гіперкапнію, зменшення рівня глюкози чи осмотичного тиску, збільшення концентрації АТФ і глутамату, на фактори запалення (ейкозаноїди, брадикінін, серотонін, гістамін, цитокині), збільшення температури тощо (Цымбалюк В. И., Медведєв В. В. Спинной мозг. Элегия надежды: монография. Винница : Нова Книга, 2010. 944 с); нейрони циркумвентрикулярних органів реагують на зміни концентрації великої гама гуморальних факторів, таких як температура внутрішнього середовища, рівень глюкози, інсуліну тощо (див. том II, с. 364); нейрони NTS, гіпоталамуса й ряду інших ділянок мозку чутливі до вмісту типових гуморальних факторів (рівень глюкози й інші еквіваленти ситості — див. див., щонайменше, том I, с. 367); мікроглія розглядається як одне з полів гуморальної рецепції — вмісту патогенів, цитокінів, циркулюючих прозапальних та інших патологічних факторів (див., наприклад, С. L. Muttaw та співавт., 2016), факторів, котрі передаються внутрішньомозковими шляхами при патології мозку (Цымбалюк В. И., Медведєв В. В. Спинной мозг. Элегия надежды: монография. Винница : Нова Книга, 2010. 944 с), нейромодуляторів і нейромодуляторів. Ликвор-контактувальні нейрони можуть становити внутрішньомозкову квазі-ноцицептивну, термо- і механоцептивну систему (див. том II, с. 349, 367), тоді як ЦСР може чинити глобальний, маловивчений хімічний вплив на активність мереж мозку. Принцип поєднаної, периферичної і центральної, опосередкованої глією та нейронами різноманітних ділянок мозку, рецепції парціального тиску кисню та вуглекислого газу у крові описаний у контексті механізму регуляції функції зовнішнього дихання (P. G. Guyenet, 2014). Усі ці метаболічні хімічні фактори і впливи не можуть не відобразитись на функції мозку і вищій психічній сфері (частково оглянуто D. F. Cechetto, J. K. Shoemaker, 2009; H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; L. Quadt та співавт., 2018). Питання полягає у тому, наскільки системними є реакції мозку на такого роду впливи: про наявність “системи” перцепції цих впливів можна говорити лише у випадку наявності менш-більш чіткої функціональної її архітектури. У цьому сенсі перераховані вище складові інтероцепції є нетиповими, межовими, тобто такими, що не володіють типовою, чіткою архітектурою механізмів перцепції і генерування відповіді.

<sup>8</sup> З посиланням на: L. Capuron, A. H. Miller, 2011; M. R. Irwin, S. W. Cole, 2011.

<sup>9</sup> З посиланням на: L. E. Simons та співавт., 2014.

<sup>10</sup> З посиланням на: E. Nattie, A. Li, 2012.

<sup>11</sup> З посиланням на: R. J. Stevenson та співавт., 2015.

<sup>12</sup> З посиланням на: R. D. Fealey, 2013.

<sup>13</sup> Згідно з узагальненням S. S. Khalsa та співавтов (2018), до переліку інтероцептивних відносять стимули, котрі надходять від елементів серцево-судинної, дихальної, травної і видільної систем, ті, що формують відчуття голоду, спраги чи втоми, метаболічні показники крові (pH, осмоляльність, рівень глюкози), а також ті, що формують відчуття температури тіла, жадоби повітря (“air hunger”), м’язового напруження, тремтіння (“shudder”), свербіж (“itch”), лоскоти (“tickle”), прояви вазомоторної реактивності (“vasomotor flush”), стимули від статевих органів (“genital sensation”), легкі екстероцептивні стимули — чуттєві дотики (“sensual touch”). Ці ж автори у якості больових інтероцептивних подразників розглядають: вісцеральні — ниркові, кісткові, внутрішньогрудні (при патології легень, плеври і серця), кишкові, тазові, вазооклюзійні (при малярії — “sickle cell crisis”) тощо; соматичні — локальні (при абсцесах і фурункулах, синцях, при міалгії) і загальні (головний біль як системний прояв запального процесу); скелетні — при переломах і гострих запальних захворюваннях кісток, при травмах, при запальних та інших захворюваннях зв’язок тощо.

цепції залежить від модальності<sup>1</sup>, а також від індивідуальних статевих<sup>2</sup>, психологічних<sup>3</sup> чи генетично-ендокринних особливостей<sup>4</sup>, культурного контексту (С. Ma-Kellams, 2014).

Система інтероцепції заґудзована навколо острівця<sup>5</sup>. Первинною її кірковою ланкою є середні і задні відділи кори острівця<sup>6</sup>; основним посередником інтероцептивних впливів на острівець, ймовірно, є таламус<sup>7</sup>; первинною асоціативною ланкою вісцероцептивного представництва у корі є передня частина кори острівця, котра володіє двобічними зв'язками, найперше з АСС<sup>8</sup>, а також з DMPFC<sup>9</sup> і орбітофронтальною корою, мигдалеподібним комплексом, котрі, поряд з хробаком<sup>10</sup>, язичком<sup>11</sup>, вузликом<sup>12</sup> і *nc. fastigii* мозочка<sup>13</sup> є основою мережі психічної репрезентації інтероцептивної інформації<sup>14</sup>. При цьому первинна інтероцептивна інформація з дорзальної задньої частини острівця ретранслюється у поясну (*поле BA 32 і поле BA 24*), підколінну (*поле BA 25*), задню орбітофронтальну і VMPFC<sup>15</sup> (*поле BA 14*; S. S. Khalsa та співавт., 2018<sup>16</sup>).

Мережа усвідомленої інтероцептивної уваги<sup>17</sup> включає задню частину острівця (*поле BA 13, двобічно*), огорожу праворуч, кору нижньої (*поле BA 44*) і середньої (*поле BA 6*) лобових звивин праворуч (S. M. Schulz, 2016). Порівняно з екстероцептивним сприйняттям, інтероцепція супроводжується збільшенням активності острівця (*поля BA 13, 44, 47*), кори зацентральної (*поля BA 1, 2, 3, 5*) і передцентральної звивин (*поля BA 4, 43, можливо, частково поле BA 6*), додаткового рухового поля<sup>18</sup> (*поле BA 6*), кори нижньої тім'яної часточки (*поля BA 22, 40, 41*), парацентральної часточки (*поля BA 2, 3, 4, 5, можливо, частково поле BA 6*), префронтальної кори (*поля BA 8, 9, 10, 44, 45, 46, 47*), АСС, кори потиличної частки (*поле BA 19, 39*), кори скроневої частки (*поля BA 21, 22, 38, 41, 42*; E. R. Stern та співавт., 2017).

Вищі відділи системи інтероцепції — префронтальна і поясна кора — отримують численні прямі проєкції від стовбурових ядер, котрі беруть участь в обробці інтероцептивної інформації (*див. розділ II*); їхня участь у вищих психічних функціях залежить від висхідних модулюючих норадреналін-, серотонін-, дофамін і невласних холінергічних впливів (L. A. Briand та співавт., 2007). Медіальна фронтальна кора щура отримує прямі інтенсивні стовбурові проєкції від VTA, *nc. raphes dorsalis*, ППЯ, ядра блакитного місця, менш інтенсивні — від *nc. raphes medianus*, *nc. incertus*, *nc. reticularis pontis oralis*, *nc. reticularis pontis caudalis*, чорної

<sup>1</sup> Приміром, відрізняється для серцево-судинної і дихальної інтероцепції (S.N. Garfinkel та співавт., 2016), для зазначених двох модальностей супроводжується активацією різних ділянок мозку (E. R. Stern та співавт., 2017).

<sup>2</sup> Жінки демонструють вищі показники інтероцептивної уваги, однак нижчу здатність до усвідомленої кардіоцепції у частині відчуття серцебиття (A. Grabauskaitė та співавт., 2017).

<sup>3</sup> W. Mehling, 2016; M. Baranaukas та співавт., 2017; E. R. Stern та співавт., 2017; V. Ainley та співавт., 2018. Приміром, у балерин відзначають підвищену усвідомлену інтероцептивну (*кардіопетальну*) чутливість, котра позитивно корелює із загальним мистецьким досвідом (J. F. Christensen та співавт., 2017); підвищена здатність до усвідомленого контролю і регуляції власної рухової активності позитивно корелює із точністю інтероцепції та інтероцептивного передбачення ("*interoceptive inference*"; J. D. Kruschwitz та співавт., 2019); індивідуальні показники динаміки пульсової хвилі на тлі оперантного спокою, ймовірно, корелюють з особливостями мережевої активності мозку у цьому стані та індивідуальними психологічними особливостями суб'єкта (E. Shokri-Kojori та співавт., 2018).

<sup>4</sup> Йдеться, наприклад, про значення системи окситоцину — S. Yao та співавт., 2018.

<sup>5</sup> H. D. Critchley та співавт., 2000; D. F. Cechetto, J. K. Shoemaker, 2009; M. Nagai та співавт., 2010; R. Goswami та співавт., 2012; J. K. Shoemaker та співавт., 2012; D. F. Cechetto, 2014; C. Wiebking та співавт., 2014; M. S. Hassanpour та співавт., 2016; I. A. Strigo та співавт., 2016; S. S. Khalsa та співавт., 2018; L. Quadt та співавт., 2018.

<sup>6</sup> При поділі острівця на передню і задню частину — задні дорзальні відділи.

<sup>7</sup> Згідно з лапідарною версією L. Quadt та співавторів (2018), нейрони NTS відсилають проєкції у вентролатеральну ділянку довгастого мозку, парабрахіальні ядра, ЦСР, гіпоталамус і таламус; від таламуса, ЦСР і парабрахіального комплексу (*гіпоталамус у цій іпостасі чомусь на Fig. 2 не фігурує*) інформація передається у мигдалеподібний комплекс (*від ЦСР*), острівець (*від таламуса*), АСС (*від парабрахіального комплексу, ЦСР і таламуса*). Ядра таламуса, у котрі так чи інакше надходить інформація від аферентів блукаючого нерва — задня ("*posterior*") і основна ("*basal*") порції комплексу *ncs. ventrales mediales*; нейрони цих ядер у мавпи вибірково проєктуються у задню частину острівця і нижню частину прецентральної звивини (*оглянуто у I. A. Strigo та співавт., 2016*). "*Physiological evidence indicates clearly that visceral and cardiorespiratory vagal inputs activate insular cortex in rat, monkey and human, but whether a direct ascending vagal-activated pathway from NTS to interoceptive cortex exists in primates is unknown [58–60].*" (I. A. Strigo та співавт., 2016).

<sup>8</sup> Її дорзальними ділянками — H. D. Critchley та співавт., 2000; R. Goswami та співавт., 2012; K. Kanbara, M. Fukunaga, 2016.

<sup>9</sup> *Dorsomedial prefrontal cortex*; O. Pollatos та співавт., 2007.

<sup>10</sup> *Vermis*.

<sup>11</sup> *Uvula*.

<sup>12</sup> *Nodulus*.

<sup>13</sup> N. Nisimaru, 2004.

<sup>14</sup> H. D. Critchley та співавт., 2000; R. Goswami та співавт., 2012; S. S. Khalsa та співавт., 2018; L. Quadt та співавт., 2018.

<sup>15</sup> *Ventromedial prefrontal cortex*.

<sup>16</sup> *Fig. 4*.

<sup>17</sup> Приміром, орієнтованої на роботу власного серця.

<sup>18</sup> "*Supplementary motor area*" — SMA.

речовини, ЦСР, *nc. supramamillaris*, центрального лінійного ядра, ретикулярної формації середнього мозку, *nc. interpeduncularis* (W. B. Hoover, R. P. Vertes, 2007). АСС шура отримує проєкції від VTA, *nc. raphe dorsalis*, а також, менш інтенсивні — від чорної речовини, *nc. interpeduncularis*, центрального лінійного ядра, блакитного місця, *nc. incertus*, ЛПЯ, *nc. raphes medianus* і від парабрахіального комплексу (*Ibid.*). Зважаючи на це, не дивно, що інтероцепція є істотним фактором модулювання функції емоційної та когнітивної сфери (оглянуто Н. D. Park, O. Blanke, 2019 a), здебільшого через посередництво острівця.

Острівець — центральний вузол у системі інтероцепції й у мережі тілесного самоусвідомлення; він відіграє ключову роль в інтероцептивному усвідомленні<sup>1</sup>, у формуванні усвідомленого відчуття температури<sup>2</sup> і часу<sup>3</sup>, у формуванні емоційних почуттів<sup>4</sup>, у візуальному саморозпізнанні<sup>5</sup>, у функції саморефлексії<sup>6</sup>, у формуванні особисто значимого досвіду і в його поточному вжитку<sup>7</sup>, загалом — у формуванні відчуття власної особистості та в самоусвідомленні<sup>8</sup> (оглянуто Н. D. Park, O. Blanke, 2019 a) і в реалізації довгого переліку інших аспектів психіки (див. с. 85-88 цього тому).

## еферентна ланка

Еферентна ланка автономної нервової системи включає ряд важливих для реалізації вищих психічних функцій ділянки кори<sup>9</sup> — МРФС<sup>10</sup>, орбітофронтальну кору<sup>11</sup>, АСС і МСС<sup>12</sup>, підколінну кору, кору острівця, а також дорзомедіальну і пришлуночкову<sup>13</sup> ділянки гіпоталамуса<sup>14</sup>, мигдалеподібний комплекс, ЦСР<sup>15</sup>, парабрахіальний комплекс, NTS, довгастомозкові ділянки CVLM<sup>16</sup>, RVLM<sup>17</sup>, RVMM<sup>18</sup>. Щонайменше у шура встановлено моносинаптичні проєкції МРФС на нейрони ЦСР, NTS<sup>19</sup>, парабрахіального комплексу і *tr. mesencephalicus n. trigemini*<sup>20</sup> (F. Akhter та співавт., 2014).

Таке улаштування системи автономної регуляції пояснює численні факти впливу психічного процесу й кіркової патології на розвиток і маніфестацію численних автономних розладів (A. Silvani та співавт., 2016; P. Taggart та співавт., 2016), приміром, серцевих аритмій (P. Taggart та співавт., 2014, 2016), серцевої недостатності<sup>21</sup>, патології органів травної системи<sup>22</sup> тощо. Різнопланові обопільні зв'язки між префронтальною

<sup>1</sup> "Interoceptive awareness."

<sup>2</sup> З посиланням на: A. D. Craig та співавт., 2000.

<sup>3</sup> "Time perception"; з посиланням на: A. C. Livesey та співавт., 2007.

<sup>4</sup> "Emotional feelings"; з посиланням на: T. Johnstone та співавт., 2006.

<sup>5</sup> "Self-recognition"; з посиланням на: C. Devue та співавт., 2007.

<sup>6</sup> З посиланням на: G. Modinos та співавт., 2009.

<sup>7</sup> "Personal relevance"; з посиланням на: B. Enzi та співавт., 2009.

<sup>8</sup> З посиланням на: A. D. Craig, 2003, 2009.

<sup>9</sup> Оглянуто у: Н. D. Critchley та співавт., 2011, 2013; A. Silvani та співавт., 2016; P. Taggart та співавт., 2016.

<sup>10</sup> Medial prefrontal cortex.

<sup>11</sup> J. F. Thayer, R. D. Lane, 2009.

<sup>12</sup> Medial cingulate cortex.

<sup>13</sup> Паравентрикулярну.

<sup>14</sup> Відома важлива ділянка вегетативної системи; отримує проєкції від NTS та групи A1/C1 RVLM (P. E. Sawchenko, L. W. Swanson, 1982); нейрони ділянки синтезують кортикотропін-релізінг-гормон, котрий, окрім регуляції продукції адренотропного гормону гіпофізом, через відповідний рецептор (*CRH receptor-1*) впливає на активність нейронних мереж мозку у контексті формування корелятивів тривоги і тривожної поведінки (R. Lalonde, C. Strazielle, 2017; R. Zhang та співавт., 2017), стресу (B. Myers та співавт., 2017).

<sup>15</sup> Див., наприклад: J. F. Thayer, R. D. Lane, 2009; J. F. Thayer та співавт., 2009; Н. D. Critchley та співавт., 2013; E. J. Hermans та співавт., 2013.

<sup>16</sup> Caudal ventrolateral medulla.

<sup>17</sup> Rostral ventrolateral medulla.

<sup>18</sup> Rostral ventromedial medulla.

<sup>19</sup> Двобічно, з іпсилатеральною перевагою.

<sup>20</sup> А також, і це головний результат цитованого дослідження, на нейрони каудальної ділянки *nc. spinalis n. trigemini*, ростродорзомедіальної частини її I/II-ї пластини.

<sup>21</sup> Хронічна серцева недостатність має МР-томографічні кореляти у вигляді збільшення середньої дифузійності ("diffusion tensor imaging-based mean diffusivity") речовини острівця, гіпоталамуса, кори і ядер мозочка, а також лімбічних ділянок, базальних ядер, таламуса, ділянки NTS і лобової кори (M. A. Woo та співавт., 2015).

<sup>22</sup> На тлі функціональної диспепсії відмічають зміни реактивності АСС, МСС, острівця і медіальної частини лобової кори (J. Nan та співавт., 2015); за іншими даними (I. S. Lee та співавт., 2016) за таких умов характерні стійкі зміни реактивності острівця, АСС, префронтальної й орбітофронтальної кори, первинної і вторинної соматосенсорної кори, мигдалеподібного і гіпокампального комплексу, таламуса, можливо, й ряду інших ділянок. На тлі функціональної диспепсії також відмічають збільшення зв'язності ЦСР з острівцем, зменшення зв'язності ЦСР з орбітофронтальною корою, з DLPFC (*dorsolateral prefrontal cortex*), з гіпокампом і парагіпокампальною корою (P. Liu та співавт.,

кору і автономною системою, зокрема з апаратом регуляції функції серця<sup>1</sup> розглядають як основу активно досліджуваного феномену кореляції варіабельності серцевого ритму<sup>2</sup> з найрізноманітнішими психічними станами й процесами<sup>3</sup>, статевими<sup>4</sup> й іншими індивідуальними особливостями, а також зі значним спектром неврологічної, психічної чи вісцерально-соматичної патології<sup>5</sup>. Цей унікальний біометричний показник використовують також як основу для біозворотної психотерапії, приміром, при тривожному розладі (*R. Wells та співавт., 2012*). Прогностичний потенціал показника стосовно ряду вісцеральних захворювань свідчить, що вони мають чіткі кореляції на рівні функції мозку, вказує не лише на чутливість мозку до вісцеральної патології, а й про наявність її мозкових тригерів чи патогенетичних ампліфікаторів.

## нутрошева нейропсихологія, або інтероцепція, психіка і поведінка

**У проспективне гомеостазування.** Однією з найважливіших функцій інтероцептивної системи, як елементу вегетативної нервової системи, є участь у так званому проспективному гомеостазуванні метаболічних параметрів<sup>6</sup>, виходячи із планування поведінкової активності й передбачень щодо наслідків її реалізації, у тому числі афективних і соціоафективних<sup>7</sup>. У загальних рисах, мозкова мережа здійснення цієї функції включає кору поясної звивини, задню частину VMPFC<sup>8</sup>, задні відділи орбітофронтальної кори і передню частину острівця<sup>9</sup>. Перераховані ділянки відповідальні за формування так званих алоstaticких прогнозів<sup>10</sup> і форма-

2017); характерна позитивна кореляція між тривалістю захворювання і зв'язністю ЦСР з лущиною та додатковою руховою ділянкою (*supplementary motor area, SMA*), а також між тяжкістю проявів і зв'язністю ЦСР з острівцем (*Ibid.*); у випадку поєднання функціональної диспепсії і депресивного чи тривожного розладу виявляють порушення зв'язності між ЦСР і АСС, корою прекліна, DLPFC, хвостатим ядром (*Ibid.*). У пацієнтів з гастроєзофагорефлюксною хворобою (ГЕРХ), ймовірно, порушена активність вегетативної системи зі збільшенням її парасимпатичної ланки (*M. Floria та співавт., 2017*); виникнення додаткової респіраторної симптоматики при ГЕРХ пов'язують з активацією вагальних і спінальних рефлексів (*M. Duricek та співавт., 2018*). Порушення пропульсивної активності шлунка ("*gastric dysmotility*") є одним із супутніх симптомів при хворобі Паркінсона, вона не пов'язана зі змінами пейсмейкерної функції відповідних клітин шлункової стінки (*K. G. Heimrich та співавт., 2019*). Шлунково-кишкова коморбідність хвороби Паркінсона пов'язана, щонайменше, з патологією ентеральної нервової мережі і *nc. dorsalis n. vagi* (*C. Bove, R. A. Travagli, 2019*); мережа іннервації шлунка розгалуженими терміналами блукаючого нерва — складна (*T. L. Powley та співавт., 2019*) і, думаємо, ще занадто слабо вивчена. Нарешті, у патогенезі синдрому подразненої товстої кишки важлива роль належить системі блукаючого нерва (*B. Bonaz та співавт., 2017, 2018*); хронічні неспецифічні запальні захворювання товстої кишки, ожиріння, хронічна нудота та гастропарез, а також колоректальні дисфункції (*закрепи чи нетримання калу*) лікуються у тому числі методом електричного модулюючого впливу на периферичні елементи вегетативної нервової системи (*S. C. Rayne та співавт., 2019*).

<sup>1</sup> J. F. Thayer, R. D. Lane, 2009; J. F. Thayer та співавт., 2009; A. B. Segarra та співавт., 2013.

<sup>2</sup> *Heart rate variability, HRV*; включає щонайменше два компоненти — дихальну синусову аритмію (*J. B. Hinnant та співавт., 2013; A. J. Garcia III та співавт., 2013; M. A. Patriquin та співавт., 2013; T. J. M. Overbeek та співавт., 2014*) і низькочастотні коливання ЧСС (*low-frequency oscillations*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Heart\\_rate\\_variability](https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_rate_variability)). За пошуковим запитом "*heart rate variability*" ресурс PubMed відображає понад 25 тис. посилань на наукові статті.

<sup>3</sup> J. F. Thayer та співавт., 2009; J. F. Thayer, R. D. Lane, 2009.

<sup>4</sup> A. C. Nugent та співавт., 2011.

<sup>5</sup> Наприклад, HRV корелює з функцією виконавчого контролю, підтримання уваги і робочої пам'яті, психічної активації (*J. F. Thayer та співавт., 2009*); підвищена HRV і знижена правобічна ЕЕГ-активність тім'яної кори у  $\beta$ -2-діапазоні (20–30 Гц) корелює зі збільшеною здатністю до контролю уваги (*M. Balle та співавт., 2013*); HRV корелює з деякими прикладними аспектами функції зорової уваги на тлі емоційно навантаженого візуального контенту (*точність розрізнення літер, нанесених поверх зображення нейтральних чи переляканих облич*; *G. Park та співавт., 2013*). Особливості HRV дозволяють передбачати деякі види емоційної гнучкості особи (*T. Fujimura, K. Okano, 2012*); зміни HRV відображають особливості динаміки гіпнотичного стану (*R. Yüksel та співавт., 2013*). Суттєві зміни HRV виявляють при великому депресивному розладі (*M. Kidwell, B. A. Ellenbroek, 2018; C. Schiweck та співавт., 2019*), при біполярному розладі (*J. Gruber та співавт., 2015, O. Carr та співавт., 2018*), при інших афективних (*J. S. Mulcahy та співавт., 2019*) чи когнітивних (*G. Forte та співавт., 2019*) розладах, на тлі алкогольної залежності (*Y. C. Cheng та співавт., 2019*), ідіопатичних розладів сну (*J. Zitser та співавт., 2019*), психологічного стресу (*H. G. Kim та співавт., 2019*), емоційно-нестабільного розладу особистості (*O. Carr та співавт., 2018*), посттравматичного стресового розладу і тривожних станів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Heart\\_rate\\_variability](https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_rate_variability)), на тлі синдрому дефіциту уваги і гіперактивності (*J. A. Rash, A. Aguirre-Camacho, 2012*). Крім того, HRV розглядають у якості ймовірного біомаркера інфаркту міокарда, діабетичної нейропатії, міокардіальної дисфункції, цирозу печінки, сепсису, стану післятравматичної спінальної тетраплегії, а також як один із корелятів високого ризику несподіваної серцевої смерті ([https://en.wikipedia.org/wiki/Heart\\_rate\\_variability](https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_rate_variability)), можливо, як один із прогностичних критеріїв для деяких видів онкологічної патології (*M. De Couck та співавт., 2019*).

<sup>6</sup> "*Interoceptive inference*"; "*embodied predictive interoception coding model*"; L. F. Barrett, W. K. Simmons, 2015; L. F. Barrett та співавт., 2016; A. K. Seth, K. J. Friston, 2016; V. Ainley та співавт., 2018; S. S. Khalsa та співавт., 2018; L. Quadt та співавт., 2018; A. Gentsch та співавт., 2018; A. C. Marshall та співавт., 2018; A. P. Owens та співавт., 2018 a, b; H. A. Young та співавт., 2019; див. також: [https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive\\_coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive_coding) (23.09.2019 р.).

<sup>7</sup> A. Gentsch та співавт., 2018; A. C. Marshall та співавт., 2018.

<sup>8</sup> *Ventromedial prefrontal cortex*.

<sup>9</sup> Оглянуто у: L. F. Barrett, W. K. Simmons, 2015; L. F. Barrett та співавт., 2016; A. K. Seth, K. J. Friston, 2016; V. Ainley та співавт., 2018; S. S. Khalsa та співавт., 2018; L. Quadt та співавт., 2018; A. Gentsch та співавт., 2018; A. C. Marshall та співавт., 2018; A. P. Owens та співавт., 2018 a; H. A. Young та співавт., 2019.

<sup>10</sup> "*Запам'ятовування*" на параметри гомеостазування.

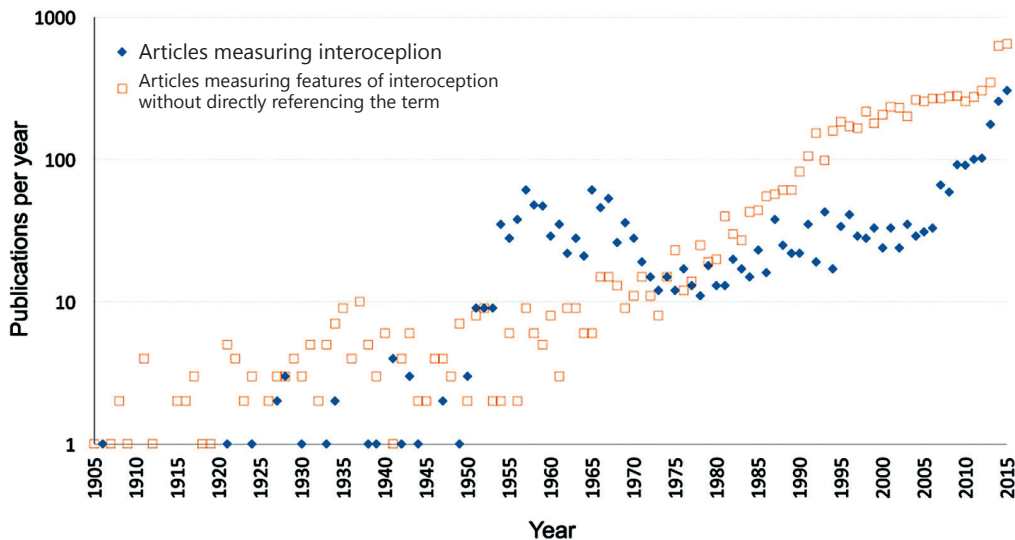


Рис. 4. Динаміка публікацій, відображуваних у ключових базах даних, за темою інтероцепції (квадратики), у тому числі таких, котрі торкаються цього явища фактично (без термінологічного означення; сині ромбики). S. S. Khalsa та співавтори (2018)

тують згідно з ними функцію еферентних ланок вегетативної нервової системи — гіпоталамуса, нейронних груп стовбура і спинного мозку; такі проспективні налаштування торкаються також і первинного кіркового центру вісцероцепції — задньої і середньої частини острівця, де формують гаму очікувань щодо отримуваних інтероцептивних параметрів (*ibid.*). Припускають, що у випадку відхилення реальних параметрів від прогнозованих зазначені частини кори острівця генерують сигнал<sup>1</sup> у кіркові центри проспективного гомеостазування, покликаний внести поправку щодо планування й передбачення (*ibid.*). Згідно з однією із гіпотез (M. P. Paulus, M. B. Stein, 2010), розмежування підсистеми сигналізації про помилку прогнозування і самої системи прогнозування на тлі психічної патології є причиною так званого значного “інтероцептивного шуму”<sup>2</sup>, котрий у цілому негативно впливає на перебіг психічного процесу.

**Тілесне самоусвідомлення.** Ми вже зазначали, що мозкова мережа функції тілесного самоусвідомлення людини включає ділянки, відповідальні за доєднання екстероцептивної інформації — премоторну кору, кору міжтім’яної борозни і TPJ, а також ділянки, відповідальні за долучення інтероцептивної інформації, — кору острівця, РСС і ретроспленіальну кору<sup>3</sup>. Цікаво, що компоненти мережі залучення<sup>4</sup> інтероцептивних стимулів активуються також і на тлі екстероцептивного сприйняття, зокрема, активацію кори острівця відзначають на тлі зорової, слухової, тактильної і больової стимуляції<sup>5</sup>. Дивовижно, але інтероцептивна інтеграція важлива для самоідентифікації на основі екстероцептивного сенсорного входу, наприклад, при розпізнанні власного обличчя серед двох схожих (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a<sup>6</sup>). Припускають (*ibid.*), що функція самоідентифікації суб’єкта пов’язана з преферентною активацією премоторної кори, кори міжтім’яної борозни й острівця, тоді як використання інтегрального самовідчуття у контексті співвіднесення суб’єкта з просторовим оточенням

<sup>1</sup> Найімовірніше, відповідає терміну “prediction error signal” — сигнал помилки передбачення.

<sup>2</sup> “Noisy afferent interoceptive inputs.”

<sup>3</sup> Оглянуто у: S. Ionta та співавт., 2011, 2014; H. D. Park та співавт., 2014; H. D. Park, C. Tallon-Baudry, 2014; A. Guterstam та співавт., 2015; C. Tallon-Baudry та співавт., 2017; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a.

<sup>4</sup> Сказати б, “засвоєння”, “присвоєння” суб’єктом.

<sup>5</sup> Ймовірно, ідеться про болі, відмінні від вісцеральних; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a, з посиланням на: J. R. Augustine, 1996; G. Liberati та співавт., 2016; L. Mazzola та співавт., 2014; 2017; H. D. Park та співавт., 2018. Виключення регіонарних соматичних впливів на мозок від грудної клітки суттєво нівелює формування потенціалів, викликаних серцебиттям; іншим доказом асоціації інтероцептивної й торзоцентричної соматосенсорної підсистем є відомі у клініці приклади відображених болів при вісцеральній патології: зв’язку між патологічним (альгогенним) вісцеральним ураженням і болючістю певних ділянок тіла (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a; йдеться про відображені болі; зони Захар’їна — Геда, в англійській літературі — зони Геда, Head’s zones; описані H. Head.). Нарешті, комплексне відчуття сили тяжіння (“гравіцепція”) забезпечується у тому числі обробкою “трукнальної” (truncus як частина тіла людини включає грудну клітку й груди, живіт, таз, спину) соматосенсорної і вісцероцептивної (передусім ниркової) інформації (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a, з посиланням на: H. Mittelstaedt, 1998).

<sup>6</sup> З посиланням на: A. Sel та співавт., 2016.

пов'язане з преферентною активацією кори TPJ, PCC і кори міжтім'яної борозни. Функція емоційної ауторегуляції й аутореференції теж тісно пов'язана з інтероцепцією і, ймовірно, реалізується за ключової участі передньої частини острівця із залученням ACC, DMPFC, VMPFC, кори прекліна і ряду стовбурових ядер у якості вегетативних еферентів (оглянуто у: R. Smith, R. D. Lane, 2015).

**Тілесне самоусвідомлення і суб'єктна окремішність.** Будь-який психічний процес притомної людини є суб'єктивним, тобто суб'єктизованим, самоспіввіднесеним, отже, аутореференція, в центрі якої виявляється самоусвідомлення, у тому числі тілесне, є чільним компонентом вищих психічних функцій (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a). Більш того, вона є одним із найважливіших джерел "суб'єктивізації" екстероцептивного сприйняття (C. Tallon-Baudry та співавт., 2018). Тілесне самоусвідомлення важливе для переживання суб'єктом своєї цільності й окремішності<sup>1</sup> (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a), в тому числі у соціальному вимірі (Ibid.<sup>2</sup>). У структурі тілесного самоусвідомлення найважливішими є так звані "торзоцентричні" мультимодальні сигнали<sup>3</sup>, тоді як у репрезентації окремих частин тіла у сфері свідомості провідною є сенсорна інформація від кінцівок (Ibid.). Дивно, але найімовірніше мозкові кореляти обробки складних зорових стимулів<sup>4</sup> торкаються торзоцентричної підсистеми, тоді як локальних просторово-візуальних стимулів<sup>5</sup> — підсистеми репрезентації тілесної локальності, частинності, а аутолокація у просторі найчастіше переживається суб'єктом саме як локація голови чи тіла (Ibid.<sup>6</sup>). Це дозволяє припускати, що інтероцептивний вхід, з очевидних причин, асоційований саме з "торзоцентричною" підсистемою тілесного самоусвідомлення й долучається передусім до цілісного самосприйняття і усвідомлення просторової аутолокації. Крім того, формування візуального образу власного тіла у свідомості суб'єкта<sup>7</sup> і формування емоційної небайдужості до нього теж здійснюється за участю системи інтероцепції (D. Badoud, M. Tsakiris, 2017; G. Zamariola та співавт., 2017).

**Інтероцептивна система і сприйняття часу.** Континуальність інтероцептивного впливу на кіркові центри може слугувати одним із фундаментів внутрішньої репрезентації і метризації часу: виходячи з різної частоти осциляційного інтероцептивного входу<sup>8</sup>, можна зробити висновок про "інтероцептивне підґрунтя" різних внутрішніх темпоральних шкал (оглянуто у: D. Di Lernia та співавт., 2018; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a). Цікаво, що властивості потенціалів, викликаних серцебиттям, корелюють з темпоральною векторизацією ментального процесу — маніфестацією думок про майбутнє чи про минуле (Y. Ito та співавт., 2019). Крім того, ACC (оглянуто A. Schirmer та співавт., 2016, с. 764) і острівець (Ibid.) беруть участь у функції психічної репрезентації часу. Це важливо з огляду на те, що обидві ділянки кори є найвищими відділами системи інтероцепції.

**Інтероцептивний вхід і континуальність свідомості.** H. D. Park, O. Blanke (2019 a) впритул наближаються до визнання провідної ролі континуальної інтероцептивної сигналізації, на відміну від теж неперервної, однак нерегулярної стосовно модальності, — екстероцептивної<sup>9</sup>, у забезпеченні необхід-

<sup>1</sup> Відмінним від оточення; "holistic and distinct entity"; H. D. Park, O. Blanke, 2019 a, з посиланням на: T. Metzinger, 2003 [Metzinger, T. (2003) *Being No One: The Self-Model Theory of Subjectivity*, MIT Press]; O. Blanke, T. Metzinger, 2009.

<sup>2</sup> З посиланням на: M. Tsakiris, 2017.

<sup>3</sup> "Torso-centered multisensory [bodily self-consciousness] signals."

<sup>4</sup> "Full visual field stimuli, i.e. spatial scenes, optic flow stimuli."

<sup>5</sup> "i.e., hand, fingers, or other visual stimuli around a person's limb."

<sup>6</sup> З посиланням на: J. Limanowski, H. Hecht, 2011.

<sup>7</sup> Найімовірніше, йдеться про цілісний образ власного тіла, а не його частин; наприклад, G. Zamariola та співавтори (2017): "Body Image Revealer (BIR) task. The BIR uses a technique that allows a picture of the participant's body to be distorted without the subject's awareness of this change. In fact, the transformation is made without the participant looking at the computer screen, so that he/she is not aware of the percentage of distortion or the real size of the original body. Moreover, the BIR uses an algorithm of two-dimensional modelling with a morphing/warping technique that reflects the real pattern of weight loss and gain in women and men. This method is useful and precise because takes into account the body image (whole body or parts of it) and its proportions, giving an extremely realistic visualisation. To this purpose, anthropometric data and simulative/emulative curves of about 40 Caucasian and African-American males and females were originally sampled, obtaining a standard distortion curve. This technique, which provides an extremely realistic image, is preferable to existing techniques such as video-distortion using anamorphic lenses, in which the morphing is based on the division into frames of images or other software that examines the whole picture, and which does not take into account the body shape (entire or its parts), which is taken into account by the BIR."

<sup>8</sup> Серцеві впливи — 60–100 уд/хв, дихальні — 12–20 подихів/хв, шлункові — ~3 хвили/хв, сечовивідні — 4–10 разів/добу; або в іншому представленні: ЧСС — 0.5–3.3 Гц, частота дихальних рухів — 0.08–1 Гц, частота хвильового скорочення шлункової стінки — 0.05–0.1 Гц, частота кліренсової функції елементів сечовивідної системи — 0.000 045–0.000 12 Гц (S. S. Khalsa та співавт., 2018).

<sup>9</sup> Очевидно, що потік тактильної, зорової, слухової сигналізації неперервний; він, можливо, змінний за своїми характеристиками, однак і кардіореспіраторний вхід навряд чи володіє абсолютною стабільністю. Проте автори підкріплюють своє припущення тим, що інтероцептивний вхід залежить від гомеостатичної функції мозку, тобто внутрішні органи, на відміну від зовнішніх тригерів, перебувають у петлі життєво важливої гомеостатичної регуляції, отже, їхня активність і сигналізація про цю активність цілком може і навіть повинна бути континуальною, виходячи з ваги функції життєзабезпечення: "Internal bodily signals and their cortical mappings are relatively invariant and continuously cyclic throughout the day and even one's lifetime, and may provide an important source for stability and continuity for self-consciousness [6,22]. Thus, it was argued that the experience of a continuous and stable pre-reflective self is rooted in neural mappings of visceral



ного рівня пильності, ширше — свідомості. Думаємо, у світлі викладеного у другій частині тому I матеріалу щодо стовбурових відділів обробки інтероцептивної інформації, таке припущення слід вважати аргументованим. Ми вже згадували, що згідно з D. B. Fischer та співавторами (2016), у формуванні коматозного стану першочергове значення має ушкодження ростральної дорзолатеральної частини покриву мосту людини<sup>1</sup>, котра у здорових осіб функціонально пов'язана з передньовентральною частиною кори острівця і передкорлінною частиною АСС — ділянками, ключовими для тілесного самоусвідомлення і психічної активації<sup>2</sup>.

Усі ці дані дозволяють стверджувати про суттєвий, засадничий вплив інтероцептивної системи на емоційно-афективну й когнітивну сфери, найрізноманітніші вищі психічні функції<sup>3</sup>, у тому числі й на такі цікаві інтегральні якості, як інтуїція (R. McCraty та співавт., 2004).

## серцевий дераціоналізатор

Чи може мати згадуваний вище феномен варіабельності серцевого ритму фундамент у внутрішньо-серцевих особливостях генерування скорочень міокарда, а не лише у мозкових впливах на серце? Тобто, чи відіграє серце помітну роль у формуванні доважку неалгоритмічності, ірраціональності й невизначеності — такої характерної для функцій мозку (*та й усього живого*), особливо для сфери психіки. Усе це людське "либонь, мабуть та абияк"<sup>4</sup>, ці непрораховувані емоції і вчинки й ірраціональна моральність — чи не має все це основу в тому числі і у функції серця? Виявляється, напевне, має. І це попри очевидну осциляційну чіткість його роботи.

Традиційно природу пейсмеркерної активності клітин серця пов'язують зі специфічним оркеструванням активності багатьох йонних каналів, останнім часом розглядають під молекулярно-генетичним кутом зору<sup>5</sup>. Однак таємниця ритмогенезу у цілому ще чекає на розкриття. Тканинні реляції проблеми ще не потрапили у фокус уваги дослідників. А дарма. Локальна й загальна динаміка стану тканинних складових серця, їх перфузія кров'ю під час скорочень — надто складна для точного моделювання й раціонального усвідомлення, відображає не лише флуктуації мозкового впливу з урахуванням власної модулюючої системи серця — нейронної його мережі, а залежність функції пейсмеркерної популяції від тканинних факторів — питомих атопологічних, нечітких у цифровому сенсі<sup>6</sup>. Повторимось<sup>7</sup>, що пейсмеркери — клітини непростого мезодермального походження<sup>8</sup> — є об'єктом багатьох тканинних, медіаторних і нейромодулюючих впливів<sup>9</sup>.

---

*signals compared with more discontinuous and noncyclic signals and brain mechanisms associated with exteroceptive sensory signals* [Damasio, A. (1999) *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. (1st edn), Harcourt Brace]. *Hand-related sensory signals (e.g., touch, proprioception, vision) change more irregularly depending on our interaction with the environment, represented in irregular and mostly short-lasting neural processes for these exteroceptive bodily events. By contrast, visceral signals are continuously relayed up to the brain following cyclic patterns that maintain and refine the homeostatic regulation of multiple physiological parameters (e.g., heart rate, blood pressure) and ascertain that the variance of these internal bodily signals remains within a limited range.*" (H. D. Park, O. Blanke, 2019 a; виділено нами — B. M.).

<sup>1</sup> У оригіналі — "rostral dorsolateral pontine tegmentum."

<sup>2</sup> Саме в цих ділянках у людини розташовуються гігантські веретеноподібні нейрони, описані В. Бецом, з існуванням котрих пов'язують реалізацію найвищих психічних функцій (*див. далі*). Якщо ці нейрони є проєкційними (*див. далі*), забезпечують широкі зв'язки АСС і передньої острівцевої кори з іншими ділянками мозку — система інтероцепції за їхнього посередництва дійсно є важливим учасником феномену свідомості.

<sup>3</sup> O. Pollatos та співавт., 2006; H. D. Critchley, 2009; H. D. Critchley, N. A. Harrison, 2013; N. S. Werner та співавт., 2014; S. N. Garfinkel та співавт., 2014; R. Smith, R. D. Lane, 2015; A. Sel та співавт., 2016; A. K. Seth, K. J. Friston, 2016; I. A. Strigo та співавт., 2016; M. Tsakiris, H. Critchley, 2016; S. Umeda та співавт., 2016; K. Muir та співавт., 2017; C. Tallon-Baudry та співавт., 2018; T. Wieselius та співавт., 2018; H. A. Young та співавт., 2019.

<sup>4</sup> Російською — "авось, небось да как-нибудь."

<sup>5</sup> M. E. Mangoni, J. Nargeot, 2008; T. M. Vinogradova, E. G. Lakatta, 2009; I. R. Efimov та співавт., 2010; E. G. Lakatta та співавт., 2010; T. A. Quinn, P. Kohl, 2012; Y. Wu, M. E. Anderson, 2014; P. Mesirca та співавт., 2014, 2015; B. Joung та співавт., 2015; Y. K. Ju та співавт., 2015; R. A. Capel, D. A. Terrar, 2015; N. Herring, 2015; C. Murphy, R. Lazzara, 2016; D. Weisbrod та співавт., 2016; Q. Aziz та співавт., 2018; A. Kalyanasundaram та співавт., 2018; D. Lang, A. V. Glukhov, 2018; H. M. Vetulli та співавт., 2018; J. Billette, R. Tadros, 2019. Описувати цей окремий всесвіт сучасних молекулярно-електрофізіологічних даних у книзі про мозок — явна ознака графоманії (*прихованих ознак цього недугу й так порозкидувано у книзі відсталі*), тому ми з чистим сумлінням уникаємо такого кроку, відсилаючи особливо допитливих читачів до процитованих щойно джерел. І все ж, у майбутньому варто зосередитись і на цій темі — нехай лиш вона вийде на новий рівень досліджень та узагальнень і у питанні про природу ритмогенезу з'являться нові, приміром, квантово-механічні чи системно-топологічні виміри.

<sup>6</sup> В усякому випадку, наявність ще й такої складової робить наші уявлення про формування і оформлення серцевого ритму ще заплутанішими, а можливість раціонального, точного прорахунку кардіогенного впливу на мозок — примарнішою.

<sup>7</sup> Див. том I, с. 355.

<sup>8</sup> V. M. Christoffels та співавт., 2010; A. J. Waardenberg та співавт., 2014; D. Weisbrod та співавт., 2016; X. Liang та співавт., 2017; R. A. Mohan та співавт., 2018.

<sup>9</sup> Y. Yaniv, E. G. Lakatta, 2015; D. Lang, A. V. Glukhov, 2018.

Крім цього, в епікарді містяться стовбурові клітини серця<sup>1</sup>, котрі контактують з телочитами<sup>2</sup> і кардіоміоцитами<sup>3</sup> і під дією тканинних впливів можуть змінювати фенотип з епітеліального у мезенхімний<sup>4</sup>, набувати міграційної здатності<sup>5</sup> і диференціюватися у фібробласти, ендотеліоцити, перицити, гладкі міоцити, кардіоміоцити й адипоцити<sup>6</sup>. Попри істотні сумніви у існуванні й значимості такої клітинної популяції<sup>7</sup>, виключати можливість поступової зміни за їх участю популяції пейсмеркерних клітин серця на даний час неможливо. Як і неможливо виключати долучення до цього процесу циркулюючих МСК<sup>8</sup>, котрі можуть привносити набуті<sup>9</sup>, цілком непередбачувані генетичні, епігенетичні, транскриптомні й протеомні зміни у популяцію клітин, які формують серцевий ритм.

Як би там не було, можна стверджувати, що спектр складників моментального впливу на пейсмеркерні клітини значно ширший за типові мозкові і, окрім прямих тканинних, включає також впливи, опосередковані терміналями серцевих еферентів і нейронами серцевого сплетення. Усе це — нерозкриті підвалини варіабельності серцевого ритму й казуальності впливу серця на мозок.

А ще серце впливає на мозок нейроендокринним шляхом, продукуючи під впливом не меншого гомодулюючих факторів хоча б уротензин II<sup>10</sup>. Цей модулятор діє на рецептори, котрі у щура найінтенсивніше експресуються холінергічними нейронами ППЯ і ЛПЯ, у бічній частині перегородкового комплексу, у медіальній частині комплексу повідця й у *pc. interpeduncularis* (S. D. Clark та співавт., 2001, 2005), а також у корі великого мозку й гіпокампі, у NTS, мозочку, гіпоталамусі, BNST, у медіальному ядрі мигдалеподібного комплексу й у ряді інших ядер (S. Jegou та співавт., 2006). Пептид модулює функцію, щонайменше, VTA (L. E. Mueller та співавт., 2015), ЦСР і поясної кори (J. E. Gartlon та співавт., 2004), впливає на рухову<sup>11</sup> і поведінкову активність<sup>12</sup>, на цикл "сон — неспання"<sup>13</sup>, не кажучи про вплив на функцію серцево-судинної системи<sup>14</sup> (оглянуто у: J. C. do Rego та співавт., 2008; B. Ross та співавт., 2010). Враховуючи вазоконстрикторний ефект пептиду (оглянуто B. Ross та співавт., 2010), цікаво було б з'ясувати його залежний від гемоперфузії вплив на активність мозку, особливо за високої ймовірності регіонарної специфіки експресії відповідного рецептора церебральними судинами. Але найцікавішим питанням у контексті наших роздумів є механізм експресії й продукції пептиду кардіоміоцитами<sup>15</sup>: що впливає на цей процес і чи модулюється він кальційзалежними механізмами скорочення клітин серцевого м'яза, чи носить його продукція синфазний серцевому циклу і спряжений з гемоперфузією міокарда характер<sup>16</sup>?

<sup>1</sup> Resident cardiac progenitor cells; M. Gherghiceanu, L. M. Popescu, 2015; A. Mauretти та співавт., 2017; N. Witman, M. Sahara, 2018.

<sup>2</sup> Y. Bei та співавт., 2015. Деякі з телочитів вповні можуть відноситись до лімфатичних ендотеліоцитів серця — M. C. Rusu, S. Hostiuc, 2019.

<sup>3</sup> A. Mauretти та співавт., 2017, Fig. 3.

<sup>4</sup> A. M. Smits та співавт., 2018.

<sup>5</sup> Наприклад, здатності мігрувати у вогнище інфаркту міокарда; A. M. Smits та співавт., 2018.

<sup>6</sup> Оглянуто у: A. M. Smits та співавт., 2018; J. N. Blom, Q. Fen, 2018; E. Cianflone та співавт., 2018.

<sup>7</sup> Дискусія — C. L. Cai, J. D. Molkentin, 2017; O. Kanisicak та співавт., 2017; R. J. Vagnozzi та співавт., 2018. Заперечення наявності стовбурових клітин для значимого відновлення популяції кардіоміоцитів у дорослих ссавців — B. D. Maliken і J. D. Molkentin (2019, з посиланням на дані Y. Li та співавт., 2018); автори, вслід за P. W. Marks та співавт. (2017), цитують FDA: "Outside the setting of hematopoietic reconstitution and a few other well-established indications, the assertion that stem cells are intrinsically able to sense the environment into which they are introduced and address whatever functions require replacement or repair — whether injured knee cartilage or a neurologic deficit — is not based on scientific evidence." Натомість припускають можливість нечастого мітотичного поділу кардіоміоцитів (C. L. Cai, J. D. Molkentin, 2017).

<sup>8</sup> Серед неміоцитарної популяції клітин серця зрілої миші ~9% припадає на клітини кістковомозкового походження і лише ~2% — на T-і B-лімфоцити й інші форми лейкоцитів (A. R. Pinto та співавт., 2016). Отже, серед клітин серця можуть існувати й незрілі клітини кістковомозкового походження. Чи можливий обмін між резидентними серцевими прогеніторами, їх мезенхімальними формами і МСК чи ендотеліальними прогеніторами крові — невідомо. Терапевтичний потенціал МСК при серцевій патології, котрий пов'язують, окрім іншого, із диференціюванням у клітини серця, є предметом значного числа досліджень. Останні огляди — Y. Guo та співавт., 2020; M. L. Chang та співавт., 2020; критичний аналіз теми — B. D. Maliken і J. D. Molkentin (2019), H. Peng і A. Abdel-Latif, 2019.

<sup>9</sup> У поки що гіпотетичний "пертурбативний" спосіб (див. попередню главу).

<sup>10</sup> А також нирок, передусім ендотеліоцитів судин наднирників, плаценти, селезінки і вилочкової залози, нижніх кінцівок, легень (B. Ross та співавт., 2010, з посиланням на: Y. H. Chen та співавт., 2009); пре-про-уротензин II також синтезується у мотонейронах спинного та довгастого мозку, меншою мірою — у лобовій частці (<https://en.wikipedia.org/wiki/Urotensin-II> [16.09.2019 p.], з посиланням на T. Sugo та співавт., 2003).

<sup>11</sup> Збільшує її.

<sup>12</sup> Сприяє маніфестації стрес-, тривога- і депресія-подібних станів, потенціює харчову поведінку.

<sup>13</sup> Зменшує тривалість епізодів REM-сну.

<sup>14</sup> Збільшує середній артеріальний тиск; <https://en.wikipedia.org/wiki/Urotensin-II> (16.09.2019 p.); див. також: H. P. Nothacker, S. Clark, 2005; J. C. do Rego та співавт., 2008; L. de Lecea, P. Bourgin, 2008.

<sup>15</sup> А також чи експресується він пейсмеркерними клітинами серця.

<sup>16</sup> На даний час виразної відповіді на ці питання не існує: чи не єдина робота, котра привідкриває завісу цієї таємниці, — C. Z. Chiu та співавт. (2014).

## хворі нутрощі — хворі мізки і навпаки

Існує значна кількість клінічних даних щодо когнітивних чи афективних розладів на тлі серцевої патології<sup>1</sup>, у тому числі спадкової<sup>2</sup>, після перенесеної трансплантації серця<sup>3</sup> чи інших кардіохірургічних втручань<sup>4</sup>, однак усі вони можуть бути успішно інтерпретовані у межах, сказати б, традиційних патофізіологічних уявлень<sup>5</sup>. І попри це, слід звернути увагу на ряд клінічних спостережень, котрі натякають на існування істотних змін реактивності мозкової мережі системи інтероцепції при серцево-судинній патології. Так, за різних видів ішемії міокарда у пацієнтів з недіабетичною коронаропатією спостерігають збільшення активності<sup>6</sup> у таламусі, префронтальній корі, а також, ймовірно, у корі острівця, у базальних ділянках кори лобової частки, у корі полюса скроневої частки (*ліворуч*) і у вентральних відділах поясної кори (*P. Taggart та співавт., 2016*<sup>7</sup>). Наявність стрес-активованих проаритмогенних змін електрокардіографічної Т-хвилі корелює з латералізованою праворуч активністю мереж середнього мозку і дорзальної частини мосту (*Ibid.*<sup>8</sup>); ймовірно, зміни потенціалів, викликаних серцебиттям, реєстрованих над лівою скронею<sup>9</sup>, корелюють зі стрес-провокованою маніфестацією схожої серцевої патології (*Ibid.*<sup>10</sup>).

Симптоматика м'язового напруження і втомлюваності<sup>11</sup>, інші соматичні й вісцеральні (*оглянуто А. Silvani та співавт., 2016*) розлади на тлі ХСМТ, маючи інтероцептивний вимір, сприяють формуванню когнітивного дефіциту у таких пацієнтів (*див. том I, с. 76*): як і при церебральному інсульті<sup>12</sup>, острівець може відігравати роль у формуванні "топагнозії", тобто у несприйнятті функціональної сепарації паретичної частини тіла й у пов'язаному з цим порушенні тілесного самоусвідомлення. Зміни асоціативних атрибутів інтероцептивної функції характерні й для хвороби Альцгеймера і фронтотемпоральної деменції<sup>13</sup> (*I. Garcia-Cordero та співавт., 2016*). Ймовірна також асоціація між *anorexia nervosa*, афективними розладами, розладами рухової сфери<sup>14</sup> і порушеннями інтероцепції (*B. Demartini та співавт., 2017*). Але це лише початок теми: патофізіологічний вимір феномену інтероцепції набагато ширший. Це можна побачити з подальшого матеріалу.

## блукання психіки

Думаємо, чи не найбільшу доказову вагу щодо реальності вісцерогенного впливу на вищі психічні функції та їхні мозкові кореляти має сума емпіричних даних стосовно ефективності хронічної стимуляції блукаючого нерва у лікуванні найпоширеніших видів хронічної неврологічної чи психічної патології. Метод і його

<sup>1</sup> Загалом — E. Duron, O. Hanon, 2010; H. Muqtadar та співавт., 2012; L. H. P. Eggermont та співавт., 2014; фібриляція передсердь — E. C. Деревнина та співавт., 2012, 2013 [Деревнина ЕС, Персашвили ДГ, Шварц ЮГ. Когнитивные расстройства у пациентов с фибрилляцией предсердий. Фундаментальные исследования. 2012;5(2):281–5. Деревнина ЕС, Акимова НС, Мартынович ТВ, Макаров НС, Коньшина ЛЕ, Шварц ЮГ. Когнитивные нарушения при фибрилляции предсердий на фоне сердечно-сосудистых заболеваний. Анн. аритм. 2013;2:87–94]; А. Магупіак та співавт., 2013; E. L. Thacker та співавт., 2013; Т. В. Ануфриева та співавт., 2014 [Ануфриева ТВ, Постникова СЛ, Ануфриев ВА, Ярославцев АВ. Особенности когнитивного статуса больных с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий. Лечебное дело. 2014;1:55–62]; Ф. И. Беялов, 2014 [Беялов ФИ. Психосоматические отношения при фибрилляции предсердий. Acta Biomedica Scientifica. 2014;4:11–3]; серцева недостатність — А. М. Hajduk та співавт., 2013; М. L. Alosco та співавт., 2014; М. Madhavan та співавт., 2018; D. S. Silva та співавт., 2019; D. Zeng та співавт., 2019.

<sup>2</sup> A. Hollander, E. Callus, 2014.

<sup>3</sup> A. Naavisto та співавт., 2010; M. L. Stein та співавт., 2013.

<sup>4</sup> Розвиток післяопераційного делірію — S. Koster та співавт., 2011; Y. Lin та співавт., 2012; A. N. C. Gosselt та співавт., 2015; J. Wen та співавт., 2018; таке ускладнення характерне і для інших видів хірургічних втручань — H. Pan та співавт., 2019.

<sup>5</sup> Основні патофізіологічні чинники: гіперперфузія мозку кров'ю й ішемія певних ділянок мозкової речовини з формуванням нейрозапальних реакцій (*J. Arpadu, J. E. Morley, 2015; M. Madhavan та співавт., 2018; V. A. Parfenov та співавт., 2019*), внутрішньомозкові мікрогеморагії (*оглянуто у: M. Madhavan та співавт., 2018; D. S. Silva та співавт., 2019*), тромбування дрібних судин мозку (*прихована ішемія мозку судинного генезу, silent cerebral ischemia; N. Stroobant, G. Vingerhoets, 2009; F. Gaita та співавт., 2013; S. Shea та співавт., 2013; E. Ammirati та співавт., 2014; M. L. Alosco та співавт., 2014; D. S. Hui та співавт., 2015; N. Mavaddat та співавт., 2015; M. Madhavan та співавт., 2018; D. S. Silva та співавт., 2019; D. Zeng та співавт., 2019*), амілоїдоз судинної стінки і ураження мозкової речовини пульсовою хвилею (*див. том II, с. 378*) тощо.

<sup>6</sup> Тобто регіонарної перфузії.

<sup>7</sup> З посиланням на: S. D. Rosen та співавт., 1996.

<sup>8</sup> З посиланням на: H. D. Critchley та співавт., 2005.

<sup>9</sup> Тобто над середньою і задньою частиною острівця.

<sup>10</sup> З посиланням на: M. A. Gray та співавт., 2007.

<sup>11</sup> Типові інтероцептивні симптоми за S. S. Khalsa та співавт., 2018.

<sup>12</sup> Йдеться про анагнозію при постінсультній геміплегії ("*anosognosia for hemiplegia*"; T. A. Klein та співавт., 2013).

<sup>13</sup> Лобово-скронева слабкість.

<sup>14</sup> М'язова слабкість, тремор і дистонія.

ефективність відомі з минулого століття (оглянуто Н. Yuan, S. D. Silberstein, 2016 b). Для різних параметрів хронічної стимуляції<sup>1</sup> описано покращення перебігу<sup>2</sup> наступних захворювань і патологічних станів: епілепсії<sup>3</sup>, депресивного розладу<sup>4</sup> і суїцидальної поведінки<sup>5</sup>, біполярного розладу<sup>6</sup>, тривожного розладу<sup>7</sup>, шизофренії<sup>8</sup>, розладів харчової поведінки<sup>9</sup>, посттравматичного стресового розладу<sup>10</sup>, кататонічного ступору<sup>11</sup>, хвороби Альцгеймера<sup>12</sup> і дементивних розладів загалом<sup>13</sup>, розладів спектра аутизму<sup>14</sup>, післятравматичного вегетативного стану<sup>15</sup>, тинітису<sup>16</sup>, хронічного головного болю<sup>17</sup>, у тому числі мігренозного і кластерного<sup>18</sup>, тригемінальної автономної цефалгії<sup>19</sup>, хронічних больових синдромів інших локалізацій<sup>20</sup>, постінсультних<sup>21</sup> і посттравматичних<sup>22</sup> рухових розладів<sup>23</sup>, слухових розладів<sup>24</sup>.

Загалом, стимуляція блукаючого нерва чинить суттєвий позитивний вплив на афективну сферу, різні види когнітивних функцій — щонайменше на функцію уваги<sup>25</sup> і виконавчого контролю<sup>26</sup>, на функцію пам'яті<sup>27</sup>, на залежне від активності норадреналінової системи мозку сповільнення виконавчої ментальної активності після вчинення помилки<sup>28</sup>, а також на цикл "сон — неспання"<sup>29</sup>. К. Vonck та співавтори (2014), оглядаючи наявний клінічний матеріал, зібраний протягом 25-ти років досліджень, переконані в істотному впливові хронічної стимуляції блукаючого нерва на когнітивну сферу людини, причому в якості можливого підґрунтя розглядають висхідні, опосередковані норадренергічною популяцією блакитного місця<sup>30</sup>, впливи NTS, зокрема, на гіпокампальну формацію, де вони можуть стимулювати синаптичні механізми енграмування нової інформації.

Ці припущення доповнюються результатами подальших досліджень. Так, при черезшкірній стимуляції вушної гілки лівого блукаючого нерва спостерігають суттєве збільшення активності кори контралатераль-

<sup>1</sup> Прямая стимуляція загального стовбура (F. Giordano та співавт., 2017) або черезшкірна стимуляція вушної гілки блукаючого нерва (B. W. Badran та співавт., 2018; J. Redgrave та співавт., 2018; E. Kaniusas та співавт., 2019).

<sup>2</sup> Полегшення перебігу.

<sup>3</sup> Див., наприклад, M. S. George та співавт., 2000; B. Bonaz та співавт., 2013; F. Capone та співавт., 2014; R. S. Fisher та співавт., 2014; P. Shiozawa та співавт., 2014; J. W. Wheless та співавт., 2018; P. Boon та співавт., 2019.

<sup>4</sup> M. S. George та співавт., 2000; P. Boon та співавт., 2006; C. B. Nemeroff та співавт., 2006; A. Wani та співавт., 2013; A. Grimont та співавт., 2015; C. L. Cimpianu та співавт., 2017; S. T. Aaronson, C. R. Conway, 2018; S. Breit та співавт., 2018; C. Wu та співавт., 2018; H. Lv та співавт., 2019.

<sup>5</sup> Ефективність, ймовірно, не поступається методу глибокої мозкової стимуляції і електроконвульсивної терапії — I. O. Bergfeld та співавт., 2018.

<sup>6</sup> C. L. Cimpianu та співавт., 2017.

<sup>7</sup> P. Boon та співавт., 2006; S. K. Kar, S. Sarkar, 2016.

<sup>8</sup> S. M. Perez та співавт., 2014; J. Smucny та співавт., 2015; C. L. Cimpianu та співавт., 2017; F. M. G. Corsi-Zuelli та співавт., 2017; C. Osoegawa та співавт., 2018; C. T. Maley та співавт., 2019.

<sup>9</sup> N. A. Pelot, W. M. Grill, 2018.

<sup>10</sup> S. A. Hays та співавт., 2013; S. A. Hays, 2016; S. Breit та співавт., 2018; R. J. Koek та співавт., 2019; D. Zilles, 2019.

<sup>11</sup> C. T. Maley та співавт., 2019.

<sup>12</sup> P. Boon та співавт., 2006; C. L. Cimpianu та співавт., 2017; C. H. Chang та співавт., 2018.

<sup>13</sup> A. Y. Liu та співавт., 2014.

<sup>14</sup> A. van Hoorn та співавт., 2019; випадки, коморбідні епілепсії — M. M. Hull та співавт., 2015; A. van Hoorn та співавт., 2019.

<sup>15</sup> C. Shi та співавт., 2013; M. Corazzoli та співавт., 2017, обговорення — P. Bourdillon та співавт., 2019.

<sup>16</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Tinnitus>; S. A. Hays та співавт., 2013; N. Peter, T. Kleinjung, 2019.

<sup>17</sup> H. Yuan, S. D. Silberstein, 2016 a, b; H. Yuan, S. D. Silberstein, 2017; B. Simon, J. Blake, 2017.

<sup>18</sup> H. Yuan, S. D. Silberstein, 2017; U. Reuter та співавт., 2019.

<sup>19</sup> D. Y. Wei, R. H. Jensen, 2018.

<sup>20</sup> Тригемінальна алодинія, фіброміалгія, тазові болі тощо; K. Chakravarthy та співавт., 2015; E. Kaniusas та співавт., 2019.

<sup>21</sup> Ішемічних і геморагічних.

<sup>22</sup> Йдеться про черепно-мозкову травму.

<sup>23</sup> S. A. Hays та співавт., 2013; S. A. Hays, 2016.

<sup>24</sup> S. A. Hays та співавт., 2013; S. A. Hays, 2016.

<sup>25</sup> P. Boon та співавт., 2006.

<sup>26</sup> Зокрема на полегшення усвідомленого гальмування сакадичного руху очей при різкій зміні візуального завдання ("response selection"; L. Steenbergen та співавт., 2015) або вольове гальмування відповідей на аберантні щодо поточного завдання впливи ("response inhibition"; H. Schevernels та співавт., 2016).

<sup>27</sup> M. S. George та співавт., 2000; P. Boon та співавт., 2006; S. A. Hays та співавт., 2013; A. f. Liu та співавт., 2016.

<sup>28</sup> Ймовірно, один із механізмів оцінки причин помилки і перелаштування поточної парадигми виконання когнітивного завдання; R. Sellaro та співавт., 2015 b.

<sup>29</sup> Ефект, суголосний психічній активації; спостерігають зменшення тривалості денного сну і REM-сну у пацієнтів з епілепсією після Перенесеної ЧМТ (оглянуто X. y. Dong, Z. Feng, 2019).

<sup>30</sup> Прямий і непрямий через LPGi/PGi і nc. prepositus hypoglossi.

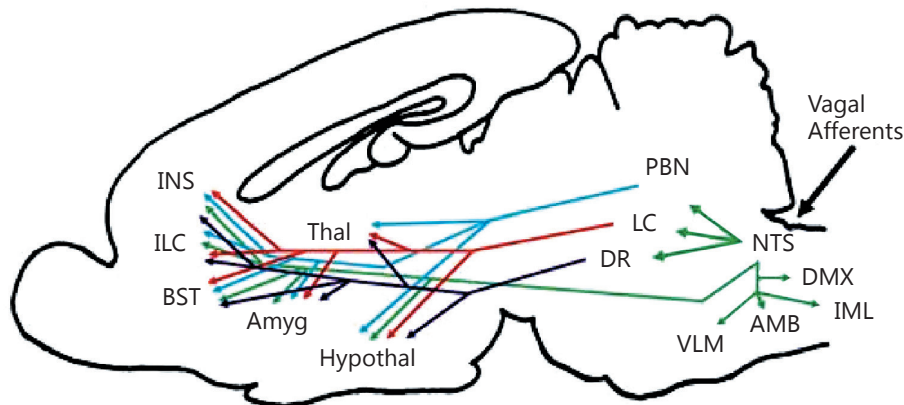


Рис. 5. Стара схема шляхів ретрансляції впливів вагальних аферентів на структури переднього мозку (хоча б у гризунів). С. В. Nemeroff та співавтори (2006). Матеріал нашої книги значно ускладнює цю картину. Авторські умовні позначення: NTS — nucleus tractus solitarius; AMB — nucleus ambiguus; DMX — dorsal motor nucleus of the vagus; IML — intermediolateral column of spinal cord (symp pregang); VLM — ventrolateral medulla; Amyg — amygdala; INS — insular cortex; ILC — infralimbic cortex; BST — bed nucleus of stria terminalis; PBN — parabrachial nucleus; DR — dorsal raphe; LC — locus coeruleus; Thal — thalamus; Hypothal — hypothalamus. Зелені лінії — проєкції NTS, сині — проєкції дозальної частини шва (DR), червоні — проєкції блакитного місця (LC), блакитні — проєкції парабрахіального комплексу (PBN)

ної прецентральної звивини, двобічно — кори острівця і ділянок кори лобової частки, ділянок покришки<sup>1</sup> праворуч, ділянок мозочка ліворуч; при порівнянні з контрольною стимуляцією відзначали збільшення активності хвостатого ядра праворуч, двобічно — ACC і середньої частини поясної звивини, ділянок мозочка, префронтальної кори ліворуч (В. W. Badran та співавт., 2018). В експериментальних умовах пряма хронічна стимуляція блукаючого нерва збільшує спонтанну активність первинних і вторинних нейронів NTS, що приймають впливи від чутливих нейронів блукаючого нерва (E. Beaumont та співавт., 2017), змінює молекулярний апарат синапсів щонайменше у мигдалеподібному комплексі і в грушоподібній корі (G. M. Alexander та співавт., 2016). Ефективність методу щодо церебральної неврологічної чи психічної патології пов'язують з висхідними шляхами впливу NTS на гіпоталамус<sup>2</sup>, мигдалеподібний комплекс, інфралімібичну кору, BNST, *nc. basalis* (D. R. Hulsey та співавт., 2015) і, звичайно, на острівець і поясну кору (M. S. George та співавт., 2000; С. В. Nemeroff та співавт., 2006). Ці впливи супроводжуються змінами серотонін-, норадреналін-, ГАМК-, глутамат- і орексинергічної передачі (оглянуто Т. F. Yuan та співавт., 2016; X. у. Dong, Z. Feng, 2019). Важливе місце у механізмах впливу стимуляції блукаючого нерва на периферичну патологію має опосередкований ним, щонайменше, холінергічний зв'язок з позамозковими тканинами тіла та імунною системою (K. Chakravarthy та співавт., 2015); аналогічний механізм може мати і центральний нейроімунний вимір, впливаючи на розвиток церебральної патології (F. M. G. Corsi-Zuelli та співавт., 2017).

Стимуляція блукаючого нерва, скоріш за все, активує нейропластичний процес<sup>3</sup>, чинить стимулюючий вплив на гіпокампальний нейрогенез<sup>4</sup>. Останній механізм, найімовірніше, опосередкований впливом на експресію BDNF і активність ряду нейромедіаторних систем<sup>5</sup> (оглянуто Т. F. Yuan та співавт., 2016) у зубчастій звивині. Впливи на нейрогенну активність, за умови її значимості у людини (див. том II, с. 26), можуть пояснити позитивні ефекти стимуляції не лише на функцію пам'яті, а й на афективну сферу у випадку депресивного розладу<sup>6</sup>. Водночас не забуваймо про гіпотезу нейрогенного механізму формування темпоральних форм епілепсії (оглянуто S. C. Danzer та співавт., 2019); яким чином узгодити її з даними щодо впливу стимуляції

<sup>1</sup> Operculum.

<sup>2</sup> Щонайменше на орексинергічні нейрони — X. у. Dong, Z. Feng, 2019.

<sup>3</sup> На даний час такого роду ефекти пов'язують з впливом на систему BDNF-залежної сигналізації і на систему глутаматергічної NMDA-залежної трансдукції (оглянуто у: S. A. Hays та співавт., 2013; S. A. Hays, 2016), а також із впливом на холінергічну систему мозку (D. R. Hulsey та співавт., 2015).

<sup>4</sup> Оглянуто Т. F. Yuan та співавт., 2016.

<sup>5</sup> Серотонін-, норадреналін-, ГАМК- і глутамат- та холінергічної — D. R. Hulsey та співавт., 2015.

<sup>6</sup> Для якого ще нещодавно припускали суттєве сповільнення гіпокампального нейрогенезу; див. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5791154/>; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31165247/>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8319800/>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8472072/>.

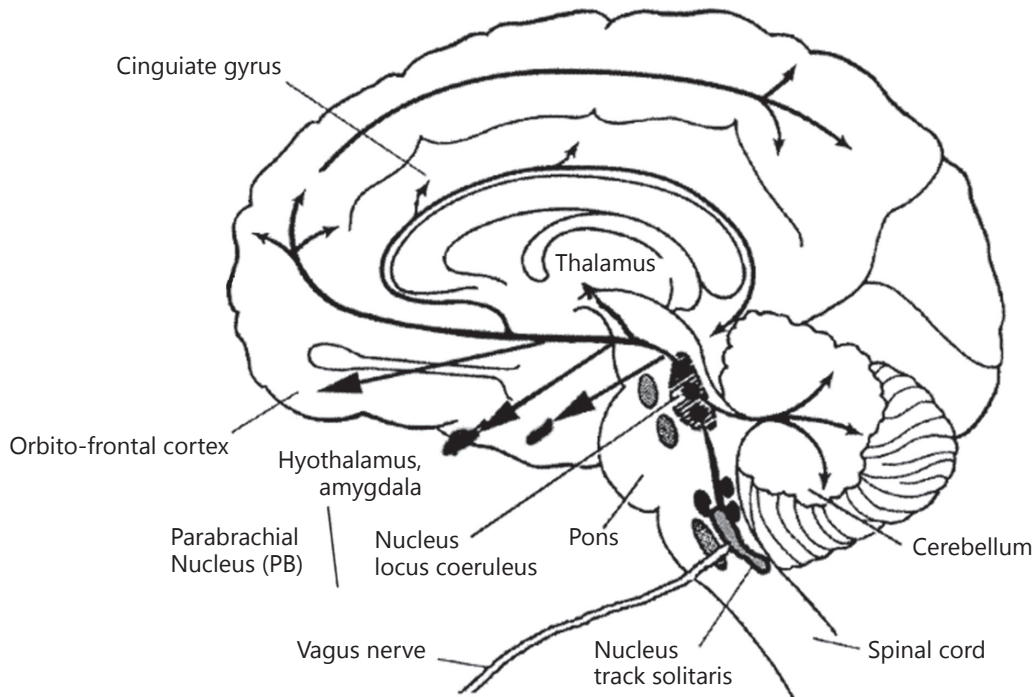


Рис. 6. Те саме, однак у виконанні M. S. George та співавторів (2000)

блукаючого нерва на перебіг ідіопатичних форм епілепсії — невідомо. У цьому ж ключі можливий розгляд механізмів впливу стимуляції блукаючого нерва на хворобу Альцгеймера і тих форм психічної патології, для котрих виявлено зміни нейрогенної активності у гіпокампі.

### *aliens*, або бактеріальна колонократія

Іншим, не менш важливим аргументом на користь “*неметаболічного*” впливу нутроців на психіку є сума даних, котрі лягли в основу популярної на даний час<sup>1</sup> концепції психотропних функцій кишкової мікробіоти<sup>2</sup>. В одному грамі вмісту товстої кишки дорослої людини наявно  $10^{11}$ – $10^{12}$  мікроорганізмів<sup>3</sup>, загалом —  $10^{13}$ – $10^{14}$  мікроорганізмів<sup>4</sup>, причому загальна маса мікробіоти (*слід думати — товстої кишки*) становить ~1 кг<sup>5</sup> (*оглянуто V. Bonaz та співавт., 2018*), а кількість унікальних генів, що містяться у ній, понад 9 млн<sup>6</sup> (*X. Yang та співавт., 2009*). Порушення гомеостазу у тріаді “*мікробіота – мозок – товста кишка*” є важливим елементом патогенезу чи маніфестації широкого ряду неврологічних і психічних захворювань:

<sup>1</sup> Аж до виникнення нового фармакологічного напрямку — розробки так званих “*психобіотиків*”.

<sup>2</sup> Оглянуто у: T. G. Dinan, J. Cryan, 2017; S. Misra, D. Mohanty, 2017; A. Vambury та співавт., 2018; M. I. Butler та співавт., 2019. Пошуковий запит у ресурсі PubMed “*microbiota brain*” надає понад 2 тис. посилань.

<sup>3</sup> Для порівняння: в одному грамі вмісту тонкої кишки —  $10^4$ – $10^3$  (*J. R. Kelly та співавт., 2015*, з посиланням на ряд першоджерел). Для порівняння: кількість клітин людського тіла складає  $\sim 4 \times 10^{13}$  (*E. Bianconi та співавт., 2013*).

<sup>4</sup> *V. Bonaz та співавтори (2018): “The human gut contains  $10^{13}$ – $10^{14}$  microorganisms, much more than the cells of our organism, and 100 times more genes than our genome.”*

<sup>5</sup> За іншими даними (*узагальнено у [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Флора\\_кишечника](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Флора_кишечника); 11.08.2020 p.*) — “Більшу частину кишкової флори складають бактерії<sup>[9]</sup>, з них також на 60 % (сухої маси) складаються фекалії<sup>[7]</sup>. Ці бактерії за найпоширенішими оцінками належать до 500 різних видів<sup>[8]</sup>, але пропонуються інші цифри — від 300<sup>[7]</sup> до 1000<sup>[4]</sup>. Проте ймовірно, що 99 % всієї мікрофлори припадає на 30–40 видів<sup>[9]</sup>. До флори кишківника також входять дріжджі<sup>[10]</sup>... маса всієї мікрофлори кишківника людини складає приблизно 200 грамів<sup>[10]</sup>.”

<sup>6</sup> Тобто, поділивши на кількість генів людського геному (23 000), отримуємо різницю у ~400 разів. Щоправда, інша група подає цифру 100-разової різниці (*X. Yang та співавт., 2009*, з посиланням на: *F. Vackhed та співавт., 2005*) і слід переконатися, чи дійсно цифра (*X. Yang та співавт., 2009*) торкається індивідуального мікробіому, тобто мікробіоти однієї людини; в останній фразі статті автори використовують зворот “*total number of genes in an individual human gut*”.

хвороби Альцгеймера<sup>1</sup>, пріонної патології<sup>2</sup>, хвороби Паркінсона<sup>3</sup>, хореї Гентінгтона<sup>4</sup>, розсіяного склерозу<sup>5</sup>, бічного аміотрофічного склерозу<sup>6</sup>, епілепсії<sup>7</sup>, великого депресивного розладу<sup>8</sup>, біполярного афективного розладу<sup>9</sup>, тривожного розладу<sup>10</sup>, посттравматичного стресового розладу<sup>11</sup>, шизофренії<sup>12</sup>, obsесивно-компульсивного розладу<sup>13</sup>, синдрому дефіциту уваги і гіперактивності<sup>14</sup>, розладів спектра аутизму<sup>15</sup>, *anorexia nervosa* і кахексії<sup>16</sup>, ожиріння<sup>17</sup>, наркотичних залежностей<sup>18</sup>, обструктивного апное сну<sup>19</sup>, синдрому подразненої товстої кишки<sup>20</sup>, хронічного больового синдрому<sup>21</sup>, черепно-мозкової травми, церебрального інсульту<sup>22</sup> і навіть гліом<sup>23</sup>.

Патофізіологічна інтерпретація цих даних на даний час все ще спекулятивна. Наприклад, *E. M. M. Quigley (2017)* пропонують схему взаємодії мозку і мікробіоти з наступною архітектурою: прозапальні імунотропні зміни мікробіоти — збільшення проникності васкулатури кишки — потрапляння прозапальних елементів у кров — порушення гематоенцефалічного бар'єра — ушкодження мозку. Більш поширений<sup>24</sup> замкнутий варіант архітектури<sup>25</sup>: **I** — обумовлені мозком зміни вегетативної іннервації кишки, ацетилхолінергічного й іншого нейромодуляторного впливу на локальні тканинні елементи, у тому числі на імунні<sup>26</sup>; **II** — зміна мікробіоти кишки; **III** — зміна молекулярних патернів активації периферичних закінчень блукаючого нерва, нейронів вегетативних гангліїв чи спинномозкових нервів, у тому числі тих, що перемикаються через нейрони X пластини сірої речовини спинного мозку<sup>27</sup> і одразу — вагус-опосередковані глобальні впливи на мозок та психіку; **IV** — активація нервових закінчень і нейронних елементів стінки кишки, збільшення проник-

<sup>1</sup> E. M. M. Quigley, 2017; M. S. Kim та співавт., 2019; V. D'Argenio, D. Sarnataro, 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019; Q. Ma та співавт., 2019; C. Osorio та співавт., 2019; M. Sochocka та співавт., 2019.

<sup>2</sup> V. D'Argenio, D. Sarnataro, 2019.

<sup>3</sup> E. M. M. Quigley, 2017; M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019; Q. Ma та співавт., 2019.

<sup>4</sup> J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>5</sup> E. M. M. Quigley, 2017; J. F. Cryan та співавт., 2019; Q. Ma та співавт., 2019.

<sup>6</sup> E. M. M. Quigley, 2017.

<sup>7</sup> J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>8</sup> T. G. Dinan, J. Cryan, 2017; M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019; T. T. Huang та співавт., 2019.

<sup>9</sup> T. T. Nguyen та співавт., 2018; M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019; T. T. Huang та співавт., 2019.

<sup>10</sup> T. G. Dinan, J. Cryan, 2017; M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>11</sup> M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>12</sup> T. G. Dinan, J. Cryan, 2017; F. M. G. Corsi-Zuelli та співавт., 2017; T. T. Nguyen та співавт., 2018; M. I. Butler та співавт., 2019.

<sup>13</sup> J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>14</sup> M. I. Butler та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>15</sup> T. G. Dinan, J. Cryan, 2017; M. I. Butler та співавт., 2019.

<sup>16</sup> J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>17</sup> Ibid.

<sup>18</sup> Ibid.

<sup>19</sup> J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>20</sup> J. R. Kelly та співавт., 2015; J. F. Cryan та співавт., 2019.

<sup>21</sup> R. Guo та співавт., 2019; J. F. Cryan та співавт., 2019; M. Defaye та співавт., 2019; припускають, що мікробіота, через фактори, перераховані нижче, модулює матрицю болю, змінює активність ноцицепторів і нейронів центральних ноцицептивних мереж, тобто впливає на сприйняття болю — вісцерального, запального, нейропатичного і головного (*J. F. Cryan та співавт., 2019; R. Guo та співавт., 2019*).

<sup>22</sup> Ibid.

<sup>23</sup> Q. Ma та співавт., 2019.

<sup>24</sup> Наведено з використанням наступних оглядових праць: K. J. Tracey, 2009; D. Martelli та співавт., 2014; V. Bonaz та співавт., 2018; C. Reardon та співавт., 2018; J. F. Cryan та співавт., 2019; Q. Ma та співавт., 2019. Цікаво, що у цій патогенетичній мережі певне місце належить хронічним запальним ураженням періодонта (*оглянуто у: M. Sochocka та співавт., 2019; C. Osorio та співавт., 2019*).

<sup>25</sup> У випадку патології — основа *circulus vitiosus*, у нормі — основа гомеостатичної самоурівноважувальної системи.

<sup>26</sup> Протизапальну ацетилхолінергічну систему блукаючого нерва описано у: K. J. Tracey, 2009; D. Martelli та співавт., 2014; K. N. Browning та співавт., 2017; C. Reardon та співавт., 2018; D. J. Brinkman та співавт., 2019; протизапальну систему симпатичної ланки — у G. S. Bassi та співавт., 2018.

<sup>27</sup> До цих факторів відносять так звані патоген-асоційовані молекулярні патерни (*pathogen-associated molecular patterns*) — лінополісахарид (*рецептори* — *TLR4, TRPV1*), метильований цитозин і гуанін (*рецептори* — *TLR9*), фактори бактерій, котрі діють на рецептори смаку масла, убіквітарно експресовані клітинами периферичних тканин організму (*рецептори* — *T2R, або TAS2R — Taste receptor type 2; https://en.wikipedia.org/wiki/TAS2R1; family of bitter taste receptors; у людини — ~28 генів*) тощо; фактори, асоційовані з локальним руйнуванням власних клітин організму (*danger associated molecular patterns*), або "аларміни" — АТФ (*рецептори* — *P2 × 1, P2 × 2, P2 × 3, P2 × 4, P2 × 7*), ДНК-зв'язуючі білки (*high mobility group box 1, HMGB1 [рецептор — RAGE]; IL-33 [рецептор — ST2/IL-1RACp]; dsRNA [рецептор — TLR3]; ssRNA [рецептор — TLR7]*), а також цитокіни (*TNFα [рецептор — TNF-α receptor 1/2], IL-1β [рецептор — IL-1β receptor], IL-33 [рецептор — ST2/IL-1RACp; оглянуто C. Reardon та співавт., 2018]*).

ності васкулатури кишки<sup>1</sup>; **V** — потрапляння, ймовірно, у цілому сапрофітних нейротропних<sup>2</sup>, прозапальних<sup>3</sup> і гліотропних<sup>4</sup> елементів у кров, у тому числі цитокінів<sup>5</sup>, а також активованих або комітованих імуніцитів<sup>6</sup>; **VI** — порушення гематоенцефалічного бар'єра<sup>7</sup>; **VII** — вплив на мікроглію, астроглію<sup>8</sup> і олігодендроглію<sup>9</sup>; **VIII** — ушкодження мозку, вплив на вищі психічні функції і вегетативну регуляцію; **IX** — відцентрові ацетилхолінергічні і норадренергічні впливи на імуніцити<sup>10</sup> кишки, ентеральну нервову систему, клітини стінки кишки тощо; **X** — зміни функції кишки й локальної імунної реактивності; **XI** — зміни мікробіоти кишки. Коло замикається.

З'являються дані щодо мозкових функціональних та морфологічних корелятивів стану мікробіоти і впливу пробіотиків<sup>11</sup>, а також щодо впливу мікробіоти на гіпокампальний нейрогенез<sup>12</sup>, онтогенетичну мієлінізацію волокон лобової частки і соціальну поведінку (*оглянуто* A. Ntranos, P. Casaccia, 2018), на когнітивні (*L. Möhle та співавт., 2016*) й інші вищі психічні функції (*оглянуто* J. F. Cryan та співавт., 2019). Зміни мікробіоти, ймовірно, є важливим корелятом сенільних трансформацій мозкової активності (*Ibid.*); можливо, у тому числі через мікробіоту реалізуються впливи стресу, циркадної ритміки й ряду лікарських препаратів (*Ibid.*). Через призму цієї проблематики можна розглядати психотропні реляції дієтології (*J. E. Morley, 2013; J. F. Cryan та співавт., 2019*), хоча б у регіональному, культурно-національному чи релігійному вимірах. І не лише: з опосередкованими мікробіотою нейроімунними взаємодіями пов'язують ефекти регулярних фізичних вправ, електричної стимуляції блукаючого нерва<sup>13</sup>, а також медитації, йоги, гіпнотерапії, акупунктури й, безсумнівно, інших відомих спіритуальних практик на тілесне здоров'я й перебіг різноманітних захворювань (*B. Vonaz та співавт., 2017; S. Breit та співавт., 2018*).

І, звичайно, було б дивним на тлі такого активного зондування теми нашого мікробіому залишити поза увагою інші еубіоти людини — віром і мікобіом (*J. F. Cryan та співавт., 2019*).

Отже, далі буде.

<sup>1</sup> IL-1 $\beta$ -залежне — С. Osorio та співавт., 2019.

<sup>2</sup> Йдеться про наступні речовини. I — пептидоглікани, або муреїни: унікальні елементи бактеріальних стінок мікробіоти, наявні у крові починаючи від часу онтогенезу, регулюють розвиток мозку, гематоенцефалічного бар'єра, вважаються одним із важливих складників позагенетичного впливу матері на плід (*P. Tognini, 2017; G. Caspani, J. Swann, 2019*) аж до формування соціальних особливостей поведінки дитини (*на даний час описано для миші; S. A. Buffington та співавт., 2016; цей фактор діє разом з іншими механізмами впливу матері на плід: епігенетичними [РНК сперматозоїда чи яйцеклітини], генетично-мозаїчними [трансфер хромосом в окремі клітини внаслідок спонтанного злиття клітин, котрі потрапили в організм плода від матері; див. явище мікрохимеризму], везикулярними [трансфер РНК, ДНК, елементи протеому]*). Діють на нейрони і глію, ймовірно, забезпечують один із каналів впливу мікробіоти на мозок і його функції за нормальних умов; їхні рецептори (*peptidoglycan recognition proteins 1–4, nucleotide-binding domain-like receptors, Toll-like receptor 2*) і переносники у нейронах і гліюцитах на даний час активно вивчаються (*G. Tosoni та співавт., 2019*). II — коротколанцюгові жирні кислоти: ацетат, бутират, пропіонат, впливають на нейроендокринні клітини, стимулюючи продукцію ними анорексигенних пептидів — GLP-1 (*glucagon-like peptide-1*), YY і лептину. Жовчні кислоти — холева (*cholic acid*) і хенодеоксихолева кислота (*chenodeoxycholic acid*) — метаболізуються мікробіотою до деоксихолевої і урсоеоксихолевої (*ursodeoxycholic acid*), котрі потрапляють у кров і, окрім зворотного надходження у печінку, змінюють проникність гематоенцефалічного бар'єра, модифікуючи щільні міжклітинні контакти (*оглянуто у: J. R. Kelly та співавт., 2015; G. Caspani, J. Swann, 2019*). III — нейромедіатори бактеріального походження: серотонін, дофамін, ацетилхолін, ГАМК, гістамін; їх потрапляння у системний кровообіг на даний час строго не доведено, однак локальна дія — незаперечна; ймовірно, розглядувані тут механізми впливають на локальний метаболізм тирозину і триптофану — попередників багатьох нейромедіаторів (*оглянуто у: J. R. Kelly та співавт., 2015; G. Caspani, J. Swann, 2019*). IV — ендотоксини: ліпополісахариди і гліколіпіди, метаболіти холіну (*J. R. Kelly та співавт., 2015; G. Caspani, J. Swann, 2019*). V — лактат, вітаміни B<sub>2</sub>, B<sub>9</sub> і B<sub>12</sub>.

<sup>3</sup> Ліпополісахариди і гліколіпіди.

<sup>4</sup> IL-18, каспаза-1 — С. Osorio та співавт., 2019.

<sup>5</sup> IL-1, IL-6, IL-10 (*T. G. Dinan, J. Cryan, 2017*), IL-18 (*C. Osorio та співавт., 2019*).

<sup>6</sup> G. Caspani, J. Swann, 2019.

<sup>7</sup> IL-1 $\beta$ -залежне — С. Osorio та співавт., 2019.

<sup>8</sup> Мікроорганізми, рештки мікроорганізмів, у тому числі ліпополісахарид; IL-18, каспаза-1 (*Q. Ma та співавт., 2019; C. Osorio та співавт., 2019*).

<sup>9</sup> A. Ntranos, P. Casaccia, 2018.

<sup>10</sup> Імуніцити не лише отримують, а й опосередковують чи ампліфікують відцентрові ацетилхолінергічні впливи: деякі види T- і B-лімфоцитів продукують ацетилхолін, дофамін, деякі лімфоцити продукують ГАМК і VIP; ацетилхолінергічні лімфоцити, приміром, селезінки можуть формувати синапсоподібні структури з резидентними тирозингідроксилазапозитивними аксонами вегетативних нейронів; T- і B-лімфоцити, дендритні клітини, нейтрофіли і макрофаги експресують різноманітні види мускаринових і нікотинових рецепторів, через які опосередковуються ацетилхолінергічні впливи еферентної ланки вегетативної нервової системи (*оглянуто* C. Reardon та співавт., 2018).

<sup>11</sup> *Оглянуто у: J. F. Cryan та співавт., 2019; P. Liu та співавт., 2019.*

<sup>12</sup> Опосередкований певними моноцитами крові (*L. Möhle та співавт., 2016*) або блукаючим нервом і гіпокампальним BDNF (*O. F. O'Leary та співавт., 2018*).

<sup>13</sup> Протизапальні периферичні ефекти, наприклад, при неспецифічному виразковому коліті і хворобі Крона (*S. Breit та співавт., 2018; D. J. Brinkman та співавт., 2019*); ймовірно, саме у цьому ключі доцільно обговорювати позитивний вплив стимуляції блукаючого нерва при сепсисі, серцевій патології, вентиляційній травмі легень, діабеті II-го типу і метаболічному синдромі, ревматоїдному артриті (*R. L. Johnson, C. G. Wilson, 2018; E. Kaniusas та співавт., 2019*).



## *laceratio*<sup>1</sup>

У зв'язку з цим усім виникає питання: чи існують приклади порушення тілесного самоусвідомлення, несприйняття власної тілесності, її певних інтегральних аспектів? Очевидно, що так. І одним із найвідоміших є казус так званої гендерної дисфорії — конфлікту між наявним біологічним і вищим психічним проявом статевості особи, тобто між її біологічною статтю і переживанням, засвоєнням, усвідомленням цієї природної даності — статевим тілесним самоусвідомленням.

У переважній більшості випадків обидві грані статевої міцно взаємоузгоджені. Однак трапляється і їх роз'єднання, якщо хочете — *laceratio*.

І виникає питання: яка роль у майбутньому системи інтероцепції з усією її розгалуженою функціональною архітектурою? А також: яке значення для психічної сфери має такий варіант тілесного самоусвідомлення?

Відповіді на ці питання — очікуймо у майбутньому. Сподіватимемось, у близькому.

А тут окреслимо біомедичний і нейрофізіологічний вимір проблеми на основі наявних емпіричних даних... Статевість<sup>2</sup> та її біологічні атрибути у вигляді міжіндивідуальної морфофункціональної дисоціації, механізму специфічної сепарації й ефективного перерозподілу генетичної інформації на індивідуально-популяційному рівні<sup>3</sup> — одна із засадничих<sup>4</sup> властивостей живих організмів<sup>5</sup> — тварин<sup>6</sup>, рослин<sup>7</sup>, грибів<sup>8</sup>, а також,

<sup>1</sup> Написано В. Медведєвим.

<sup>2</sup> Термін, попри його формальну, фонетичну неологічність, у смисловому плані повністю відповідає транскрипційно запозиченому з англійської мови терміну "сексуальність" ("sexuality"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_sexuality](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_sexuality); тут і надалі посилання на інформацію з мережевих джерел наведено станом на 12–16.02.2019 р. — В. М.). У людини поняття "статевість" включає кілька смислових складових, компонентів, чи атрибутів: 1) біологічну стать, або власне стать (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол\\_организмов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол_организмов)); 2) усвідомлення своєї статевої загалом — гендерну ідентичність, або соціальну (психічну) стать (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол>; <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гендер>) і, пов'язану з нею гендерну соціальну роль ([https://en.wikipedia.org/wiki/Gender\\_role](https://en.wikipedia.org/wiki/Gender_role)); 3) статево орієнтацію ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_orientation)) і її усвідомлення — так звану статево самоідентифікацію (вужче поняття, ніж гендерна самоідентифікація, оскільки відображає усвідомлення особою лише одного з компонентів статевої орієнтації ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_identity](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_identity); [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сексуальность\\_человека](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сексуальность_человека))).

<sup>3</sup> Йдеться про явище біологічної, або власне статі (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол\\_организмов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол_организмов)). Стосовно репродуктивно значимої складової феномену статевої — міжіндивідуального перерозподілу генетичної інформації і, у зв'язку з цим, злиття клітин, що містять цю інформацію чи виконують функцію переносу її частини, — констатують чи не абсолютну бінарність. Ймовірно, похідним є феномен превалюючого у біосфері статевого диморфізму (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>).

<sup>4</sup> Фундаментальність цієї властивості, однак, не означає, що міжвидова варіативність реалізації її морфогенетичної (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>) чи поведінкової складової може розглядатися підставою для плуралізації атрибутів статевої у будь-якого біологічного виду, наприклад, у *Homo sapiens sapiens*. Так, у дикій природі існують приклади примусової копуляції (різні класи тварин; Мак-Фарленд Д. *Поведение животных: Психобиология, этология и эволюция*: Пер. с англ. М.: Мир, 1988, 520 с., с. 137–154), педофілії (різні класи тварин; F. V. M. de Waal, 1990), міжвидової копулятивності (оглянуто у: Лысов В. Г. *Информационно-аналитический доклад. Риторика гомосексуального движения в свете научных фактов*. Красноярск: Научно-информационный центр, 2019, 750 с., с. 37–98), статевого канібалізму (паукоподібні і комахи; [https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_cannibalism](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_cannibalism)), проміскупітету (різні класи тварин; [https://en.wikipedia.org/wiki/Promiscuity#Other\\_animals](https://en.wikipedia.org/wiki/Promiscuity#Other_animals)), полігамії (різні класи тварин; [https://en.wikipedia.org/wiki/Mating\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Mating_system)), популяційної статевої ієрархізації, або ієрархії домінування (різні класи тварин; [https://en.wikipedia.org/wiki/Dominance\\_hierarchy](https://en.wikipedia.org/wiki/Dominance_hierarchy)), як і дотичних до статевого розмноження явищ — філіальної інфантициду (поїдання власного новонародженого потомства; [https://en.wikipedia.org/wiki/Infanticide\\_\(zoology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Infanticide_(zoology))); різні класи тварин) і канібалізму (поїдання власного молодого потомства; [https://en.wikipedia.org/wiki/Filial\\_cannibalism](https://en.wikipedia.org/wiki/Filial_cannibalism)), внутрішньоутробного канібалізму ([https://en.wikipedia.org/wiki/Cannibalism#Intrauterine\\_cannibalism](https://en.wikipedia.org/wiki/Cannibalism#Intrauterine_cannibalism)), матрифагії (поїдання молодю особою материнської особини; комахи; <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микромальтус>). Міжвидове етологічне різноманіття не обумовлює внутрішньовидове, тим більше внутрішньолюдинське, внутрішньосоціальне. Етологічний аналіз гомосексуальної копулятивної поведінки у ссавців свідчить про її соціомотивований, а не гомофільний характер: "Naturally occurring same-sex interactions involving genital arousal have been reported in hundreds of animal species, however they often appear to be motivated by purposes other than sex and may serve to facilitate other social goals" (С. E. Roselli, 2018, з посиланням на: В. Bagemihl, 1999; А. Poiani, 2010). Наявність ряду нерепродуктивних, квазістатевих варіантів біологічного існування особин певних видів не рівноцінно плуральності людської статевої поведінки, оскільки зазначені особини не володіють копулятивністю, тоді як більшість варіантів соціальної статі (гендерної ідентичності) чи статевої орієнтації лише урізноманітнюють варіативність копулятивної (чи квазікопулятивної) поведінки. Нарешті, слід зазначити, що статевість, її атрибути, як і будь-яке біологічне явище, не може перебувати виключно у межах голономності; не існує жодного біологічного явища, для якого, на основі тієї чи іншої аргументації, формується ряд виключно нормальних варіацій. Критерії нормальності — предмет триваючих дискусій, що виходять за межі філософської дискурсу ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Норма\\_\(медицина\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Норма_(медицина)); [https://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_norm](https://en.wikipedia.org/wiki/Social_norm); Покровская Н. Н. Социальные нормы как предмет социологического анализа: должное и действительное. ЖССА. 2007;1:190–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-normy-kak-predmet-sotsiologicheskogo-analiza-dolzhnoe-i-deystvitelnoe>; Ефанова Л. Г. Норма как философская и семантическая категория. Векторы благополучия: экономика и социум. 2015; 1:70–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/norma-kak-filosofskaya-i-semanticheskaya-kategoriya>).

<sup>5</sup> Об'єкти довкілля, які, окрім іншого, здатні зберігати в універсальній матеріальній формі (дезоксирибонуклеїнова кислота, рибонуклеїнова кислота та білки), передавати і транслявати необхідну для власного існування інформацію; <https://en.wikipedia.org/wiki/Life>.

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_reproduction#Animals](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_reproduction#Animals).

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_reproduction#Plants](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_reproduction#Plants).

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Fungus#Sexual\\_reproduction](https://en.wikipedia.org/wiki/Fungus#Sexual_reproduction).

зі зрозумілими застереженнями, — хроміст<sup>1</sup>, протист<sup>2</sup>, археїв<sup>3</sup>, бактерій<sup>4</sup> і, можливо, навіть вірусів<sup>5</sup>. Двостатевість<sup>6</sup> — похідна убіквітарна характеристика живого, чітко конституційована на рівні геному<sup>7</sup>, реалізована під впливом різноманітних факторів<sup>8</sup>, які у більшості випадків діють через елементи транскриптому й протеому<sup>9</sup>.

Статева диференціація<sup>10</sup> — процес реалізації статевої детермінації<sup>11</sup> — торкається геному<sup>12</sup>, транскриптому й протеому<sup>13</sup>, суб- та клітинного рівнів організації живого<sup>14</sup>, морфології і функції усіх органів та систем<sup>15</sup>, перебігу більшості відомих патологічних процесів у природних та модельних умовах<sup>16</sup>, структурних

<sup>1</sup>Хромісти — поліфілетична група організмів, об'єдних у царство у наявному таксономічному консенсусі (<https://en.wikipedia.org/wiki/Chromista>). Стосовно статевого розмноження представників царства — <http://plantphys.info/organismal/lehtml/chromista.shtml>.

<sup>2</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Protist#Reproduction>.

<sup>3</sup>Незважаючи на констатування відсутності статевого розмноження у археїв (<https://en.wikipedia.org/wiki/Archaea#Reproduction>), вони, як і бактерії, плазмідні та фаги, володіють апаратом рекомбінації генетичної інформації — близьким до того, що бере участь у статевому розмноженні одноклітинних (наприклад, у статевому розмноженні *E. coli* — J. P. Gratia, 2017). Див. також: J. Gross, D. Bhattacharya (2010); A. V. Markov, I. S. Kaznacheev (2016); [https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_reproduction#Bacteria\\_and\\_archaea](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_reproduction#Bacteria_and_archaea).

<sup>4</sup>Йдеться про кон'югацію, трансформацію й інші види обміну генетичною інформацією, що нагадують характерний для статевого розмноження механізм рекомбінації ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_reproduction#Bacteria\\_and\\_archaea](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_reproduction#Bacteria_and_archaea); [https://en.wikipedia.org/wiki/Bacterial\\_conjugation](https://en.wikipedia.org/wiki/Bacterial_conjugation); <http://www.biologydiscussion.com/bacteria/methods-of-sexual-reproduction-in-bacteria/52072>).

<sup>5</sup>Загальний таксономічний статус вірусів на даний час є предметом дискусій ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Вірус#Вірус\\_як\\_живий\\_організм](https://uk.wikipedia.org/wiki/Вірус#Вірус_як_живий_організм); [https://en.wikipedia.org/wiki/Virus#Life\\_properties](https://en.wikipedia.org/wiki/Virus#Life_properties)). Наявність у них механізму симетричного обміну генетичною інформацією, подібного до статевого розмноження, могло б бути вагомим аргументом на користь аутохтонності, відтак — їх статусу як представників живого. Для вірусів, що містять сегментовані геноми, виявлено явище, близьке до статево-обумовленої рекомбінації — реасортмент (англ. *reassortment*; виявлено для вірусу зрупу — *influenza A virus*; *Orthomyxoviridae*), яке забезпечує диверсифікацію вірусних геномів у випадку їх потрапляння в одну клітину, а також сприяє іншим ефектам, характерним для статевого розмноження: "By analogy to sexual reproduction in eukaryotes, reassortment within a viral population is expected to accelerate adaptive change by combinatorial shuffling of beneficial and deleterious mutations [32, 33]." (A. C. Lowen, 2018). Так, вірус грипу містить 8 сегментів РНК; при потраплянні у клітину різних штамів вірусу грипу А можливе змішування їхніх РНК-сегментів з формуванням нового штаму (<https://en.wikipedia.org/wiki/Reassortment>; A. Pinsent *ma співаєт.*, 2016). Можливо, аналогічне явище має місце і для сегментованих РНК-геномів буньявірусів (*Bunyavirales*; B. Klempa, 2018; A. C. Lowen, 2018). Паралелі між явищем статевого розмноження і реасортментом РНК-вмісних вірусів відмічали раніше (H. Bernstein *ma співаєт.*, 1987); прямо співвідносять обидва явища (у контексті вивчення мінливості РНК-вмісних вірусів) S. L. Díaz-Muñoz та співавтори (2013), допускаючи можливість не лише реасортменту, а й рекомбінації РНК-вірусних геномів (з посиланням на: M. Worobey, E. C. Holmes, 1999). У цьому контексті важливо зазначити, що капсиди деяких вірусів містять гомологи білка NAP2 — важливого еукаріотичного фактора фертилізації, тобто злиття гамет (J. Fedry *ma співаєт.*, 2017). Водночас, статево-обумовлена специфікація механізмів дії вірусів — добре відомий факт. Приміром, описано феномен стать-специфічної вірулентності; це стосується вірусу папіломи людини, грипу, вірусів гепатиту, вірусу Епштейна – Барр, Т-лімфотропного вірусу людини 1-го типу (*Human T-cell Lymphotropic Virus Type 1*), вірусу імунodefіциту людини 1-го типу (HIV-1; R. A. Siddiqui *ma співаєт.*, 2009; S. L. Klein, 2012; J. van Lunzen, M. Altfeld, 2014; F. Ubeda, V. A. A. Jansen, 2016; D. N. Kremensov *ma співаєт.*, 2017) тощо. Реплікація HIV-1 на культурах моноцитів негативно залежить від концентрації естрогенів і прогестерону у середовищі, чим пояснюють статево специфіку вірулентності та перебігу патологічного процесу за участю цього вірусу (K. Devadas *ma співаєт.*, 2018). Аналогічна особливість характерна для бактеріальних, грибкових і паразитарних (найпростіші; *Protozoa*) інфекцій (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=sex-specific-virulence>). У випадку реактивації вірусу Епштейна – Барр на тлі розсіяного склерозу характерна статева специфікація молекулярних каскадів патогенезу (H. Irizar *ma співаєт.*, 2014). Стать-залежна диференціація експресії генів на тлі вакцинації проти сезонного серотипу вірусу грипу обумовлює напруженість сформованого імунітету й актуалізує розробку так званих "стать-специфічних" вакцин (F. Wen *ma співаєт.*, 2018). Поліморфізми гену TLR-9 (*Toll-like receptor 9*) обумовлюють статьспецифічну активність цього молекулярного засобу проти вірусу гепатиту С (J. Fischer *ma співаєт.*, 2017).

<sup>6</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Sex#Sexual\\_dimorphism](https://en.wikipedia.org/wiki/Sex#Sexual_dimorphism).

<sup>7</sup>Йдеться про детермінацію біологічної статі ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sex#Sex\\_determination](https://en.wikipedia.org/wiki/Sex#Sex_determination); S. O. Gunes *ma співаєт.*, 2016; D. Santos *ma співаєт.*, 2017; S. Kuroki, M. Tachibana, 2018).

<sup>8</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Sex#Nongenetic>; D. Santos та співаєт., 2017.

<sup>9</sup>D. Santos та співаєт., 2017; C. M. O. Reisser та співаєт., 2017.

<sup>10</sup>Формування морфофункціональних відмінностей у осіб різної біологічної статі у контексті реалізації простатевої інформації чи впливів, тобто детермінуючої інформації; [https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_differentiation](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_differentiation).

<sup>11</sup>Детермінація, або "напередвизначення" статі (*та інших компонентів статевої статі*) може бути сталою — генетично чи факторно обумовленою, а також змінною; диференціація стосовно приналежності до статі розглядається як реалізація детермінації (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>).

<sup>12</sup>A. Runemark та співаєт., 2018.

<sup>13</sup>S. J. Murphy та співаєт., 2014; S. Grath, J. Parsch, 2016; N. Engel, 2018; G. Kaidonis та співаєт., 2018; A. Bezler та співаєт., 2019; T. V. Orstad та співаєт., 2019; S. A. Rowson та співаєт., 2019.

<sup>14</sup>K. Shah та співаєт., 2014.

<sup>15</sup><https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=sex+differences>; J. Tower, 2017; B. Brie та співаєт., 2019; R. E. Tremblay, S. M. Côté, 2019.

<sup>16</sup><https://www.the-scientist.com/news-analysis/how-much-do-sex-differences-matter-in-mouse-studies-31974>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=sex+differences>; S. Pace та співаєт., 2017; K. Chella Krishnan та співаєт., 2018; G. Kaidonis та співаєт., 2018; H. I. Kim та співаєт., 2018; A. Labaka та співаєт., 2018; E. R. Vázquez-Martínez та співаєт., 2018.

і функціональних особливостей мозку<sup>1</sup>, його розвитку<sup>2</sup>, латералізації<sup>3</sup>, спектра активності його важливих для вищих психічних функцій ділянок<sup>4</sup>, епідеміології й перебігу більшості неврологічних та психічних розладів<sup>5</sup>, травматичних уражень<sup>6</sup>.

Під час розвитку організму людини статеві диференціація виникає внаслідок реалізації відповідної генетичної інформації жіночого чи чоловічого типу<sup>7</sup>, торкається морфологічної<sup>8</sup>, психічної<sup>9</sup> сфер. Механізми статевої диференціації поступово з'ясовуються<sup>10</sup>, телеологічна вага ранніх стадій процесу<sup>11</sup> досліджена фрагментарно, подальші отогенетичні події — досить ґрунтовно. З молекулярно-генетичної точки зору, маскулізаційний каскад експресії ключових генів<sup>12</sup>, необхідних для морфогенезу й ініціації функції чоловічих статевих залоз, у ссавців включає<sup>13</sup> фактори транскрипції NR5A1<sup>14</sup>, GATA4<sup>15</sup> і WT1<sup>16</sup>, які, за наявності Y-хромосоми, тригерують експресію клітинами біпотентної гонади факторів SRY<sup>17</sup>, MAP3K4<sup>18</sup>, IGF1R<sup>19</sup> і GADD45γ<sup>20</sup>. Як наслідок — у зазначених клітинах активується експресія факторів транскрипції SOX8, SOX9 і SOX10<sup>21</sup>. SOX9 разом з NR5A1, а також у присутності факторів FOG2<sup>22</sup> і GATA4 активує експресію фактора AMH<sup>23</sup> ключовими клітинами майбутнього яєчка, чим ініціює процес його формування<sup>24</sup>. За відсутності Y-хромосоми і, відповідно, гена SRY, тригери наведеного каскаду обумовлюють трансформацію біпотентної гонади у жіночі яєчники<sup>25</sup>. У подальшому ключову роль промоторів статевого диференціювання переймають статеві гормони, продуковані дозріваючими клітинами статевих залоз<sup>26</sup>.

<sup>1</sup> J. Marrocco, B. S. McEwen, 2016; A. Fisher та співавт., 2018; J. Seitz та співавт., 2019; див. також матеріал, наведений у виносці 14 на с. 35 і у виносці 1 на с. 36 цього тому.

<sup>2</sup> N. G. Forger та співавт., 2018.

<sup>3</sup> U. S. Tran та співавт., 2019.

<sup>4</sup> A. G. Lee та співавт., 2017.

<sup>5</sup> <https://www.the-scientist.com/features/sex-differences-in-the-brain-34758>; A. M. Bao, D. F. Swaab, 2011; H. Irizar та співавт., 2014.

<sup>6</sup> C. D. Wohltmann та співавт., 2001; R. MacQueen та співавт., 2018; K. O'Reilly та співавт., 2018.

<sup>7</sup> A. P. Arnold (2017) зазначає: "The differential representation of X and Y genetic material is the sole source of all subsequent sex differences during development and adulthood, because all other factors (autosomal genes, cytoplasmic material, prenatal environment of the zygote) are thought to be equivalent, on average, between males and female zygotes."

<sup>8</sup> Йдеться про статевий диморфізм.

<sup>9</sup> Й поведінкової.

<sup>10</sup> A. P. Arnold та співавт., 2012; A. Kopp та співавт., 2012; A. Quinn, P. Koopman, 2012; S. J. Murphy та співавт., 2014; A. Herpin, M. Schartl, 2015; M. A. L. Picard та співавт., 2015; R. H. Rastetter та співавт., 2015; A. V. Trukhina та співавт., 2015; A. Bashamboo, K. McElreavey, 2015; S. Grath, J. Parsch, 2016; B. Capel, 2017; N. Engel, 2018; N. G. Forger та співавт., 2018; G. Kaidonis та співавт., 2018; A. Runemark та співавт., 2018; A. Bezler та співавт., 2019; T. B. Opstad та співавт., 2019; S. A. Rowson та співавт., 2019.

<sup>11</sup> Від моменту запліднення яйцеклітини до формування біпотентної гонади.

<sup>12</sup> Ймовірно, цей каскад — не єдиний у процесі статевої диференціації: "In mammals, a new sex-etermining gene has recently been reported to activate Sox9 without SRY expression." (T. Otake, A. Kuroiwa, 2016).

<sup>13</sup> Наводимо лише основні, з'ясовані на даний час, ланки; насправді каскад містить набагато ширшу палітру білкових факторів (B. Capel, 2017).

<sup>14</sup> Nuclear receptor subfamily 5 group A member 1; фактор транскрипції, ядерний рецептор; [https://en.wikipedia.org/wiki/Steroidogenic\\_factor\\_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Steroidogenic_factor_1).

<sup>15</sup> GATA binding protein 4; фактор транскрипції сімейства "цинкового пальця" — zinc finger; <https://en.wikipedia.org/wiki/GATA4>; [https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc\\_finger](https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc_finger).

<sup>16</sup> Wilms tumor 1; фактор транскрипції сімейства "цинкового пальця"; <https://en.wikipedia.org/wiki/WT1>.

<sup>17</sup> Sex determining region Y; фактор транскрипції з структурного сімейства HMG-box [[https://en.wikipedia.org/wiki/High-mobility\\_group](https://en.wikipedia.org/wiki/High-mobility_group)], функціонального сімейства SOX — SRY-like box; ключовий регулятор формування яєчок, звідки альтернативна назва — Testis-determining factor; відсутність його експресії — необхідна умова формування яєчників; [https://en.wikipedia.org/wiki/Testis-determining\\_factor](https://en.wikipedia.org/wiki/Testis-determining_factor); інший регулятор експресії та активності SRY — CBX2 (Chromobox protein homolog 2; [https://en.wikipedia.org/wiki/CBX2\\_\(gene\)](https://en.wikipedia.org/wiki/CBX2_(gene))).

<sup>18</sup> Mitogen-activated protein kinase kinase kinase 4; <https://en.wikipedia.org/wiki/MAP3K4>.

<sup>19</sup> Insulin-like growth factor 1 receptor; [https://en.wikipedia.org/wiki/Insulin-like\\_growth\\_factor\\_1\\_receptor](https://en.wikipedia.org/wiki/Insulin-like_growth_factor_1_receptor).

<sup>20</sup> Growth arrest and DNA-damage-inducible protein GADD45 gamma; <https://en.wikipedia.org/wiki/GADD45G>.

<sup>21</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/SOX\\_gene\\_family](https://en.wikipedia.org/wiki/SOX_gene_family).

<sup>22</sup> Friend of GATA2, або zinc finger protein, FOG family member 2; фактор транскрипції сімейства "цинкового пальця"; <https://en.wikipedia.org/wiki/ZFPM2>.

<sup>23</sup> Anti-Mullerian hormone; глікопротеїн; [https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-M%C3%BCllerian\\_hormone](https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-M%C3%BCllerian_hormone).

<sup>24</sup> S. O. Gunes та співавт., 2016.

<sup>25</sup> S. O. Gunes та співавт., 2016.

<sup>26</sup> J. Marrocco, B. S. McEwen, 2016; A. P. Arnold, 2017; J. Bakker, 2018.

Епігенетичні зміни — метилювання, ацетилювання, убіквітинування й інші модифікації гістонів<sup>1</sup>, а також метилювання молекул ДНК<sup>2</sup>, як і дія некодуєчих РНК<sup>3</sup>, ймовірно, відіграють ключову роль на ранніх стадіях статевого диференціювання<sup>4</sup>, а також у трансформації впливів факторів оточення на цей процес<sup>5</sup>, що потребує подальшого ретельного вивчення<sup>6</sup>. Не виключено, що для деяких видів організмів необхідне пожиттєве підтримання статевого статусу органів репродуктивної системи на рівні генетичної експресії<sup>7</sup>.

Статеве диференціювання психічної сфери, апарату сприйняття і продукції мови<sup>8</sup>, формування стереотипів статевої поведінки та уподобань пов'язане з особливостями генетично обумовленого розвитку головного мозку<sup>9</sup>, відбувається під впливом гонадних гормонів<sup>10</sup>, а також за участю деяких генів статевого хромосом<sup>11</sup> (у тому числі гена *SRY*<sup>12</sup>) і низки епігенетичних механізмів<sup>13</sup>. Цей процес торкається структурних<sup>14</sup> і функ-

<sup>1</sup> Білки, що визначають просторове укладання ДНК, доступність її ділянок для апарату транскрипції тощо; <https://en.wikipedia.org/wiki/Histone>.

<sup>2</sup> Дезоксирибонуклеїнова кислота — носій генетичної інформації (<https://en.wikipedia.org/wiki/DNA>).

<sup>3</sup> Рибонуклеїнова кислота, у більшості випадків — продукт транскрипції (перепикування) генетичної інформації з ДНК (<https://en.wikipedia.org/wiki/RNA>).

<sup>4</sup> До виникнення *SRY*-залежних змін.

<sup>5</sup> A. P. Arnold та співавт., 2012; R. H. Rastetter та співавт., 2015; A. V. Trukhina та співавт., 2015; S. O. Gunes та співавт., 2016; S. Kuroki, M. Tachibana, 2018.

<sup>6</sup> A. P. Arnold, 2017; S. Kuroki, M. Tachibana, 2018; N. G. Forger та співавт., 2018. У цьому контексті A. P. Arnold (2017) зазначає наступне: "In mammals and birds, sex differences originate in the genome, at the time of conception. However, beginning at birth, the human infant is placed into a highly gendered social and physical environment. Boys and girls are expected and required to behave differently. They choose different occupations and life paths, on average, with differences in physical and emotional stress, diet, and much more (Kishi et al., 2002; Lippa, 2005). The large sex differences in environment no doubt contribute to sex differences in function of the brain, and in incidence and progression of diseases. For example, occupations chosen more often by one sex may create specific types of stress that make that sex more susceptible to certain maladies. Moreover, it is likely that different environments experienced by females and males interact with the biological sex differences in individuals. The social and biological factors can augment each other (e.g., both favoring disease in one sex) or cancel each other out (e.g., when the disease is reduced in one sex by biological factors but increased by social factors). Specific environments may cancel out sex-biasing effects of gonadal hormones more in some brain regions than in others, reducing sex differences in a brain region-specific manner (Joel et al., 2015). At this point in history, however, this is as much a reasoned statement of belief as a well-documented phenomenon. It is possible to perform studies of humans that show both the effects of biological factors and social / environmental factors, but it is often difficult or impossible to decide, especially for neural and behavioral phenotypes, the relative importance of the two factors. One reason is that biological factors typical of one sex co-vary with social factors typical of that sex, so that it can be impossible to gauge their relative importance or even independent effects on a trait. Another reason is that biological and environmental factors change each other.... One way or another, the effects of the environment on an individual are mediated by changes in the person's biology, making it difficult to disentangle the two sources of variation. Much of the argument, about whether social or biological factors cause sex differences in physiology and disease, may be based as much on which factors a specific author finds to be interesting or preferable, rather than on any evidence that effects of one factor can be dissociated from effects of others and found to be more important. The environmentalist and biologist are both susceptible to the mistake of overgeneralizing the importance of factors that they are trained to study or prefer. The theory of sexual differentiation, presented below, focuses exclusively on the biological factors that make females and males different from each other. This focus comes with the acknowledgement that sex-biasing factors are also found in the social and physical environments."

<sup>7</sup> S. Huang та співавтори (2017) зазначають: "Thus, adult gonad maintenance in addition to fetal sex determination may both be important for the fertility"; ключовим елементом цієї системи є, на думку авторів, фактори DMRT1 і FOXL2.

<sup>8</sup> У тому числі, продукції і сприйняттю статево-обумовлених прозодичних характеристик — A. Casado та співавт., 2018.

<sup>9</sup> S. M. Corsello та співавт., 2011; V. A. Arboleda та співавт., 2014; F. Maekawa та співавт., 2014; A. Fisher та співавт., 2017; C. E. Roselli, 2018.

<sup>10</sup> J. Marrocco, B. S. McEwen, 2016; O. B. Akinola, M. O. Gabriel, 2018; J. Bakker, 2018; A. Fisher та співавт., 2018; C. E. Roselli, 2018; A. Turano та співавт., 2019.

<sup>11</sup> C. Corre та співавт., 2016; A. Raznahan та співавт., 2016; A. P. Arnold, 2017; A. Meyfour та співавт., 2017; F. Printzlau та співавт., 2017; T. Green та співавт., 2019.

<sup>12</sup> C. S. Rosenfeld, 2017; M. T. Ortega, 2019.

<sup>13</sup> T. C. Ngun, E. Vilain, 2014; E. Y. Shen та співавт., 2015.

<sup>14</sup> МРТ-опосередковані дослідження (оглянуто й проаналізовано у: G. Gong та співавт., 2011; A. N. V. Ruigrok та співавт., 2014; B. P. C. Kreukels, A. Guillamon, 2016; J. Bakker, 2018; C. E. Roselli, 2018). Виявляють суттєві статеві відмінності об'єму і структурної зв'язності деяких ділянок мозку: у чоловіків двобічне переважання об'єму сірої речовини у ділянці мигдалеподібного комплексу, гіпокампа, парагіпокампальної та поясної звивин, полюса скроневої частки, передклина (*precuneus*; об'єм оцінено разом із задньою частиною поясної звивини; A. N. V. Ruigrok та співавт., 2014, табл. 4), лущини (*putamen*) та мозочка; у жінок — двобічне переважання об'єму у ділянках зорових горбів (*thalamus*) і прекліна (розмір оцінено окремо від інших структур; A. N. V. Ruigrok та співавт., 2014, табл. 4), правобічне — у ділянці скроневої площини (*planum temporale*) і тім'яної покривки (*operculum parietale*), острівця (*insula*), звивин Гешля (*gyri temporales transversi*), передньої частини поясної звивини, деяких частин кори лобової частки, лівобічне — у ділянці парагіпокампальної звивини і бічної поверхні потиличної частки. Перелічені відмінності, однак, не пояснюють виявну суттєву статеву відмінність загального об'єму головного мозку (J. Bakker, 2018). Уявлення щодо механізмів формування виявлених відмінностей суперечливі (J. Bakker, 2018), дослідження на експериментальних ссавцях (*Mus musculus*) дозволяють припускати роль статевих гормонів та інших, не встановлених на даний час факторів (C. Corre та співавт., 2016). У трансгендерних осіб активність кори острівця на тлі сприйняття голосових стимулів близька до її проявів під час аналогічних досліджень у гендер-конгруентних осіб, причому тієї біологічної статі, з якою асоціює себе трансгендерна особа (E. Smith та співавт., 2018). Патоморфологічні дослідження. Для типових (чоловіча, жіноча) варіантів гендерної ідентичності характерна певна, не завжди відтворювана паралельними дослідженнями, кореляція з морфометричними показниками наступних частин мозку (оглянуто у: A. Fisher та співавт., 2017; C. E. Roselli, 2018): для чоловіків характерний більший загальний об'єм мозку (у середньому на 11 %; J. Bakker, 2018), при цьому для ряду ділянок кори великого мозку виявляють переважання її товщини у жінок;

ціональних<sup>1</sup> особливостей головного мозку людини<sup>2</sup>, за не з'ясованих на даний час механізмів — суттєво відмінний у осіб з гендерно-статевою інконгруентністю чи міноритарною статевою орієнтацією<sup>3</sup>.

середній об'єм мигдалеподібного комплексу більший у чоловіків, гіпокампа — у жінок; об'єм ядра [ложя] кінцевої смуги (*bed nucleus of the stria terminalis, BNST*) — менший у жінок і транссексуалів з жіночою гендерною ідентичністю. Однак, як зазначають A. Fisher та співавтори (2017), дані щодо об'єму BNST, наведені J. N. Zhou та співавторами (1995), ґрунтуються на невеликих вибірках транссексуальних осіб (6 біологічних чоловіків-транссексуалів і 1 біологічна жінка-транссексуалка), які отримували гормональну терапію, за доведеної відсутності диференціації морфометричних показників ядра до звернення статевого дозрівання і можливості маніфестації транссексуальності до пубертату. У зв'язку з цим, виявлену диференціацію схильні пояснювати з набутим життєвим досвідом ('*life experience*'; M. Hines, 2010) чи супутньою гормональною терапією (A. A. Lawrence, 2009). Ґрунтовний аналіз цієї проблематики подано за посиланням: [https://en.wikipedia.org/wiki/Biology\\_and\\_sexual\\_orientation#Sexually\\_dimorphic\\_nuclei\\_in\\_the\\_anterior\\_hypothalamus](https://en.wikipedia.org/wiki/Biology_and_sexual_orientation#Sexually_dimorphic_nuclei_in_the_anterior_hypothalamus). На думку деяких авторів (M. A. Lebow, A. Chen, 2016), BNST відіграє ключову роль у генезі психічної патології, що заслуговує особливої уваги у контексті широкого масиву даних щодо кореляції гендерної інконгруентності та міноритарних варіантів статевої орієнтації і невротико-психіатричних розладів (*див. виоску 4 на с. 37 і виоску 5 на с. 40 цього тому*). Іншими ймовірними виразниками статевої диморфності мозку є переднє проміжне ядро гіпоталамуса 3 (*nc. interstitialis hypothalami anterioris, елемент nc. uncinatus hypothalami*; менший за об'ємом та кількістю нейронів у жінок і біологічних чоловіків-транссексуалів порівняно зі звичайними чоловіками-гетеросексуалами; A. Garcia-Falgueras, D. F. Swaab, 2008), а також окремі нейрональні фенотипи у ділянці гіпоталамічної лійки — нейрони, що експресують білок Kisspeptin (M. Taziaux та співавт., 2016) та нейрони, що експресують пептид нейрокінін В (M. Taziaux та співавт., 2012). За узагальненими даними A. Turano та співавторів (2019), перелік статево-диморфних ділянок мозку у свавців включає: *nc. bulbocavernosus* спинного мозку щура, *nc. ventromedialis hypothalami* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Ventromedial\\_nucleus\\_of\\_the\\_hypothalamus](https://en.wikipedia.org/wiki/Ventromedial_nucleus_of_the_hypothalamus); *статева відмінність у кількості дендритних шипиків основних нейронів*), а також інші дві нейрональні групи преоптичної зони гіпоталамуса — *nc. periventricularis anteroventralis hypothalami* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Anteroventral\\_periventricular\\_nucleus](https://en.wikipedia.org/wiki/Anteroventral_periventricular_nucleus)) і *nc. preopticus medialis magnocellularis (magnocellular medial preoptic nucleus; хом'яки; відіграє ключову роль у регуляції статевої поведінки, отримує проєкції від базальних ядер, мигдалеподібного комплексу, ядер проміжного, середнього і заднього мозку — J. Wang, J. M. Swann, 2006, володіє широким спектром проєктування у різноманітні ділянки стовбура мозку, підкіркових ядер і мигдалеподібного комплексу — J. Wang, J. M. Swann, 2014)*. За версією S. M. Cogello та співавторів (2011), перелік структур мозку, які можуть бути залучені до функціональної статевої диференціації, включає також вентральне преамілярне ядро, медіальне ядро мигдалеподібного комплексу, вомероназальний орган і додаткову нухову цибулину (для людини не значимі; [https://en.wikipedia.org/wiki/Vomeronasal\\_organ](https://en.wikipedia.org/wiki/Vomeronasal_organ); [https://en.wikipedia.org/wiki/Olfactory\\_bulb#Accessory\\_olfactory\\_bulb](https://en.wikipedia.org/wiki/Olfactory_bulb#Accessory_olfactory_bulb)) — більші за розміром у осіб чоловічої статі, а також ядро блакитного місця — більше за розміром у осіб жіночої статі.

<sup>1</sup> Дослідження за допомогою функціональної магнітно-резонансної томографії (фМРТ; *оглянуто у: J. Bakker, 2018; C. E. Roselli, 2018*) опосередковано демонструють відмінності патернів активності головного мозку при візуально-тригерованому статевою збудженні, сприйнятті емоційно значимих стимулів, виконанні просторових завдань в уяві (*three-dimensional mental rotation task*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Mental\\_rotation](https://en.wikipedia.org/wiki/Mental_rotation); *більша активація ділянок кори тім'яної частки мозку у мужчин, лобової і скроневої — у жінок, що свідчить про виконання тесту чоловіками більшою мірою в "автоматичному" режимі, жінками — з використанням послідовного й аналітичного підходу*). N. M. Nota та співавтори (2017) описують суттєві статеві відмінності в активності кіркових центрів — учасників системи процесуальної пам'яті (нижня і верхня тім'яні часточки, передкіли, верхня і середня лобова звивина, перед- і зацентральна звивина, кутова звивина, надкрайова звивина, верхня і середня скронева звивина, поясна звивина, острівець, лівий шил мозочка і хвостате ядро); вираженість відмінностей менша при порівнянні між двома групами (по біологічній статі) трансгендерних осіб. M. Ingalhalikar та співавтори (2014) за допомогою методу дифузної тензорної магнітно-резонансної томографії відмічають суттєву статево специфіку конектому мозку (*сукупності зв'язків між його структурними частинами*), яка свідчить про значний розвиток зв'язків між системами чутливості і координованої рухової активності — у чоловіків, та між системами аналітичної й інтуїтивної обробки інформації — у жінок. За даними ряду досліджень (J. Ponseti та співавт., 2018), педофільні інтенції у мужчин можуть корелювати зі змінами патернів активності кори острівця, зокрема, передньої його частини ліворуч. Дослідження на експериментальних організмах класу свавців свідчать про суттєві статеві відмінності функції, цитоархитектоніки, морфології й активності окремих нейронів та міжнейронних синапсів гіпокампа, гіпокампального нейрогенезу (J. Marrocco, B. S. McEwen, 2016; E. Choleris та співавт., 2017; H. E. Scharfman, N. J. MacLusky, 2017) — ділянки мозку, ключової для реалізації контекстуального енграмування (*процесуальної пам'яті*) й відтворення комплексної просторової, часової і, певною мірою, афективної інформації; обумовлені статтю відмінності виявляють і стосовно структури префронтальної кори, мозочка, елементів дофамінергічної системи, а також щодо функції ноцицептивної системи й системи формування емпатичних почуттів тощо (J. Marrocco, B. S. McEwen, 2016).

<sup>2</sup> A. Fisher та співавт., 2017; J. Bakker, 2018; C. E. Roselli, 2018; A. Turano та співавт., 2019.

<sup>3</sup> A. Fisher та співавт., 2017; J. Bakker, 2018; C. E. Roselli, 2018. Кореляцію з варіантами статевої орієнтації людини виявляють (*оглянуто у: D. F. Swaab, 2008; A. Fisher та співавт., 2017; C. E. Roselli, 2018*) для морфометричних показників наступних ділянок мозку: надперехресне ядро гіпоталамуса (*nc. suprachiasmaticus hypothalami*; *більше у мужчин-гомосексуалів порівняно з жінками-гетеросексуалами*), надоптичне ядро гіпоталамуса (*nc. supraopticus hypothalami*; *розташоване між псс. preoptici hypothalami і nc. suprachiasmaticus hypothalami*; *розміри соми аргінін-вазопресинпозитивних нейронів у чоловіків більші, ніж у жінок*), пришулочкове ядро гіпоталамуса (*nc. paraventricularis hypothalami*; *розміри соми аргінін-вазопресинпозитивних нейронів у чоловіків більші, ніж у жінок*), переднє проміжне ядро гіпоталамуса 3 (*nc. interstitialis hypothalami anterior*; [https://en.wikipedia.org/wiki/INAH\\_3](https://en.wikipedia.org/wiki/INAH_3); *менше у мужчин-гомосексуалів порівняно з жінками-гетеросексуалами й схоже за розмірами з аналогічним ядром гетеросексуальних жінок*); передня спайка (*commissura anterior*; *менша у мужчин-гомосексуалів порівняно з жінками й жінками-гетеросексуалами*). Статевою диморфністю володіють ядра преоптичної зони і передньої частини гіпоталамуса вівці, преоптичної зони щура, переднє ядро гіпоталамуса макака, медіальне преоптичне ядро перепела ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexually\\_dimorphic\\_nucleus](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexually_dimorphic_nucleus)), популяція progesterone-receptor-позитивних нейронів вентромедіального гіпоталамуса миші (C. F. Yang та співавт., 2013); до цієї ж групи — статево диморфних ядер преоптичної зони гіпоталамуса відносять переднє проміжне ядро гіпоталамуса 3 людини ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexually\\_dimorphic\\_nucleus](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexually_dimorphic_nucleus)). Нарешті, за даними A. M. Bao й D. F. Swaab (2011) так зване "*sexually dimorphic nucleus of the preoptic area (SDN-POA)* (*швидше за все, збирне поняття*) у 2,5 разів об'ємніше і містить у 2,2 разів більше нейронів у біологічного мужчины порівняно з аналогічною ділянкою у біологічної жінки. Зазначимо також, що за даними метааналітичного дослідження результатів фМРТ та позитронної емісійної томографії Т. В. Роєрлі та співавтори (2016) описують 4 ділянки мозку, відповідальні за формування типу статевої переваги (*атракції щодо потенційного чи бажаного партнера у контексті реалізації статевого потягу; поняття загалом вужче, ніж поняття статева орієнтація; https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\_orientation*): передня преоптична зона гіпоталамуса, передня медіодорзальна частина таламуса, ділянка

Статева орієнтація та гендерна ідентичність є невід'ємними атрибутами статевості<sup>1</sup>, мають близькі механізми формування<sup>2</sup>; високоюмовірними є їхні епідеміологічні, морфофункціональні, біомедичні, нейропсихологічні паралелі<sup>3</sup>, соціобіоетичні реляції<sup>4</sup>.

На даний час семантична відмінність між поняттями біологічної статі і гендерної ідентичності людини у середовищі фахівців — узвичаєна<sup>5</sup>; все очевиднішою є спекулятивність вжитку терміна "гендер" щодо організмів, суб'єктність яких умовна<sup>6</sup>. Тим не менш, незаперечним є факт онтологічної дистанції між обома фено-

перегородки і періринальної парагіпокампальної ділянки, включаючи зубчасту звивину, а також безіменна речовина (*регулює "sexual non-preference"*). Ці дані увиразнюють необхідність вивчення гіпоталамічного й гіпокампального нейрогенезу у контексті формування гендерної інконгруентності й міноритарних варіантів статевої орієнтації, локалізованого, виходячи з сучасних даних, відповідно, у преоптичної ділянки гіпоталамуса й зубчастої звивини гіпокампальної формації (*див. далі*).

<sup>1</sup> Див. виноску 2 на с. 32 цього ж тому.

<sup>2</sup> A. Burri, 2017; K. D. Suschinsky та співавт., 2017; C. E. Roselli, 2018.

<sup>3</sup> Найвагомішим і, сказати б, очевидним аргументом на користь наведеного твердження є жорстко прив'язана до біологічної статі співреалізація найпоширеніших варіантів обох зазначених атрибутів статевої ідентичності на індивідуальному рівні. На лексико-термінологічному рівні фундаментальна близькість плюралізації форм обох зазначених атрибутів статевої ідентичності опосередковано констатується існуванням комплексного соціологічного, демографічного й культурологічного терміна "статеві меншини" ("сексуальні меншини") — котрий, у сучасному розумінні, охоплює носіїв міноритарних варіантів статевої орієнтації, статевої ідентичності й гендерної ідентичності ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual\\_minority](https://en.wikipedia.org/wiki/Sexual_minority); [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сексуальні\\_меншини](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сексуальні_меншини)), а також існуванням єдиного аббревіатурного позначення таких спільнот — LGBTQ (*lesbian, gay, bisexual, transgender, queer or are questioning their sexual identity*; <https://en.wikipedia.org/wiki/LGBT>).

<sup>4</sup> На момент написання матеріалу було виявлено доведено кореляцію міноритарних форм гендерної ідентичності і статевої орієнтації й маніфестації низки захворювань чи поведінкових девіацій: синдрому набутого імунodefіциту (СНІДу; C. Beyrer та співавт., 2013; у тому числі у зв'язку з гендерною інконгруентністю: Y. Cai та співавт., 2016; J. D. Billings та співавт., 2016; T. Poteat та співавт., 2016, 2017; S. M. Wood та співавт., 2017; S. Moayed-Nia та співавт., 2019), гепатиту С (A. A. Mahony та співавт., 2013; D. P. C. Chan та співавт., 2016; T. Poteat та співавт., 2016), папіломавірусного носійства (D. A. Machalek та співавт., 2012; E. M. King та співавт., 2015; J. J. Ong та співавт., 2015; у зв'язку з гендерною інконгруентністю: G. Loverro та співавт., 2016; B. Brown та співавт., 2017; L. A. Fein та співавт., 2018; I. K. A. Somia та співавт., 2018) та аденокарциноми аноректальної зони (D. A. Machalek та співавт., 2012; K. C. Duncan та співавт., 2015; L. A. Fein та співавт., 2018; світові та регіонарні епідеміологічні тренди захворюваності цією патологією проаналізовано у: F. Islami та співавт., 2017; Y. J. Kang та співавт., 2018), низки психоневротичних та поведінкових розладів — депресивних, тривожних та біполярних розладів (M. Plöderl та співавт., 2015; K. Tsigotis та співавт., 2015; *див. також праці, перелічені у виносці 5 на с. 40 цього тому*), суїцидальної поведінки та суїцидів (M. Plöderl та співавт., 2015; K. Tsigotis та співавт., 2015; T. S. Hottes та співавт., 2016; E. Marshall та співавт., 2016; S. Swannell та співавт., 2016; E. di Giacomo та співавт., 2018), алкогольної та наркотичної залежності (M. Plöderl та співавт., 2015; A. E. Talley та співавт., 2016; C. Emslie та співавт., 2017; причому не лише наркотична, але й алкогольна залежність є одним із суттєвих факторів ризику розвитку гами захворювань, скорочення тривалості життя — A. M. Wood та співавт., 2018), а також серцево-судинних розладів (B. A. Saceres та співавт., 2017), харчових залежностей і ожиріння (J. P. Calzo та співавт., 2017; J. C. Rainey та співавт., 2018), раку легень, товстої кишки, молочної залози та, ймовірно, раку шийки матки і раку матки у осіб з біологічною жіночою статтю (*незважаючи на більш ранні метааналітичні висновки C. Meads, D. Moore, 2013, новітні дослідження підтверджують зазначені висновки — U. Voelker та співавт., 2014; G.P. Quinn та співавт., 2015*). Вказані кореляції характерні у тому числі й щодо розвинених країн (*приміром, щодо СНІДу, нееротичних і психічних розладів, суїцидальної поведінки; C. Beyrer та співавт., 2013; "HIV-Infektionen..."*, 2014 [[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2014/Ausgaben/26\\_14.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2014/Ausgaben/26_14.pdf?__blob=publicationFile)]; M. Plöderl та співавт., 2015; K. Tsigotis та співавт., 2015), у яких для ЛГБТ-спільноти створені цілком комфортні умови (*від раннього секс-просвітництва й популяризації засобів захисту від захворювань, що передаються статевим шляхом, до кримінального переслідування усіх значимих форм негативного психологічного впливу на членів ЛГБТ-спільноти*). Стосовно СНІДу та гепатиту С реєструється неухильне зростання показників захворюваності у цій категорії країн (C. Beyrer та співавт., 2013; "HIV-Infektionen...", 2014). Важливим біоетичним аргументом є висока ймовірність швидкого зростання кількості показників ЛГБТ-спільноти у комфортних суспільних умовах ([https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics\\_of\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_sexual_orientation)), що важко пояснити однією лиш регіонарною специфікою розподілу явища чи, приміром, вимушеною міграцією членів спільноти під впливом локальних проявів правничого ригоризму й, навпаки, лібералізації. Дискусійними й недостатньо вивченими через надмірну ідеологізацію залишаються питання моделювання впливу частки осіб з міноритарними варіантами статевої орієнтації і гендерної ідентичності на особливості суспільного, економічного й культурного улаштування життя спільнот, зокрема, в умовах перехідного суспільно-політичного й економічного стану, неусталеної юридичної системи, несформованої суспільної аксіологічної матриці. Проведення ґрунтовних проспективних модельних досліджень в еру убиквітарної квантифікації, доступності обчислювальних потужностей і теоретичної бази для їх здійснення бачиться вкрай необхідним. Аналогічне використання наявного і широковживаного соціально-демографічно-економічного інструментарію може розкрити роль актуального поведінкового тренду на показники економічного стану населення, їхню динаміку, зменшити спекулятивних і заангажованих висновків у цьому секторі дискусій. Здійснення таких досліджень актуалізується ще й наявними депопуляційними тенденціями ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Населення\\_України](https://uk.wikipedia.org/wiki/Населення_України); <https://uk.wikipedia.org/wiki/Депопуляція>) на тлі погіршення репродуктивного здоров'я в Україні ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Здоров'я\\_молоді\\_в\\_Україні#Репродуктивне\\_здоров'я](https://uk.wikipedia.org/wiki/Здоров'я_молоді_в_Україні#Репродуктивне_здоров'я); *див. у зв'язку з цим роботу R.J. Hart та співавт., 2016; U. Schagdarsurengin, K. Steger, 2016; N. E. Skakkebaek та співавт., 2016*).

<sup>5</sup> A. De Loof, 2018; <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пол>; <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гендер>.

<sup>6</sup> A. De Loof, 2018; зверніть увагу на наступні розділи цитованої роботи: "7.1. The problem of extending gender to nonhuman species" і "7.2. Social insects: Not gender, but behavioural groups or castes." У той же час автор цілком і повністю позиціонує власну, сказати б, "гендерно-адаптовану" картину біологічної даності, будуючи її на функціональній винятковості систем кальцієвого гомеостазу організму: "In this paper I advanced the physiology-based view that there are probably as many different gender variants as there are sexually reproducing individuals, and this not only in humans. Hence, there is no need to make subcategories in the gender variants with the purpose to install a moral hierarchy as they are all physiologically equal. This does not mean that all gender variants contribute equally well to the well-being of the whole population. I hope that growing awareness that the Ca<sup>2+</sup>-homeostasis system which is a key signalling system in all eukaryotes, acts as one of the corner stones

менами — відображення фундаментальної відмінності між природничими та соціопсихологічними явищами. Зв'язувальною ланкою, на наш погляд, є феномен головного мозку людини, а отже — нейрофізіологія і нейропсихологія, що прагнуть інтерпретувати психологічні та соціопсихологічні процеси і явища у контексті мозкових функціональних корелятів. З такої точки зору — статеві відмінності морфології і функції мозку є субстратом, необхідно передумовою і тісним корелятом реалізації психічних та поведінкових атрибутів статевої людини. Виражаючись більш предметно, можна стверджувати, що за низьких показників популяційної й індивідуально-вікової<sup>1</sup> варіативності, явище гендерної ідентичності є унікальним<sup>2</sup> прикладом високоточної трансляції генетичних детермінант і, можливо, епігенетичної інформації у соціопсихічну сферу буття людини.

У деяких випадках процес конгруентного формування біологічних та психічних атрибутів статевої<sup>3</sup> може суттєво зміщуватися різноманітними генетичними, епігенетичними<sup>4</sup>, фізико-хімічними<sup>5</sup>, гормональними й імунними чинниками<sup>6</sup> — котрі реалізуються, передусім, під час внутрішньоутробного розвитку<sup>7</sup>, а також контекстуальними соціокультурними і психосоціальними впливами<sup>8</sup>. Деякі автори прогнозують збільшення значимості перелічених факторів і зміну статевої людини майбутнього<sup>9</sup>. Їхню реальну вагу на даний час, у силу тих чи інших обставин, не верифіковано<sup>10</sup>, часто оцінено лише на рівні епідеміологічного кореляційного аналізу<sup>11</sup>.

*on which gender is based, may contribute to a better acceptance of the variability of in gender forms as a natural, largely genetic (inborn) system."*

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics\\_of\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_sexual_orientation).

<sup>2</sup> Навіть феномен мови лише у деяких нюансах і при розгляді у окремих наукових доктринах віддалено нагадує характерні для психічних атрибутів статевої яскраві особливості трансляції детермінантної інформації. Йдеться про гіпотези генетично обумовленого існування феномену мовлення й мови, формалізовані й розвинуті Н. Chomsky й рядом інших лінгвістів, ширше — про теорію універсальної граматики та її нейропсихологічних і спадкових передумов (<https://en.wikipedia.org/wiki/Language>; [https://en.wikipedia.org/wiki/Principles\\_and\\_parameters](https://en.wikipedia.org/wiki/Principles_and_parameters); [https://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_grammar](https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_grammar); [https://en.wikipedia.org/wiki/Noam\\_Chomsky](https://en.wikipedia.org/wiki/Noam_Chomsky)).

<sup>3</sup> А. М. Бао, Д. Ф. Свааб (2011) використовують для конгруентного варіанта гендерної ідентичності (тобто тієї, яка відповідає біологічній статі людини), термін "programmed gender identity" і підкреслюють її незмінність.

<sup>4</sup> Йдеться про гіпотезу епігенетичної каналізації статевої диференціації — 'epigenetically canalized sexual development' (W. R. Rice, 2012; W. R. Rice та співавт., 2013, 2016). Див. також: Т. С. Ngun, Е. Vilain (2014).

<sup>5</sup> Загальний стан обумовлених біологічною статтю систем кальцієвої сигналізації (A. De Loof, 2018).

<sup>6</sup> A. Fisher та співавт., 2017; С. Е. Roselli, 2018.

<sup>7</sup> Е. А. Jannini та співавт., 2010; А. М. Бао, Д. Ф. Свааб, 2011; G. Csaba, 2017; A. Fisher та співавт., 2017; J. Bakker, 2018; С. Е. Roselli, 2018.

<sup>8</sup> Е. А. Jannini та співавт., 2010; А. Р. Arnold, 2017; М. Р. Mohammadi, А. Khaledi, 2018. Останні з перелічених факторів, як видається, розглядаються визначальними у формуванні гендерної ідентичності прихильниками гіпотези соціального конструювання (на відміну від гіпотези біологічного детермінізму; [https://en.wikipedia.org/wiki/Gender#Social\\_construction\\_of\\_sex\\_hypotheses](https://en.wikipedia.org/wiki/Gender#Social_construction_of_sex_hypotheses); [https://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_constructivism](https://en.wikipedia.org/wiki/Social_constructivism); [https://en.wikipedia.org/wiki/Environment\\_and\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Environment_and_sexual_orientation)). Наведемо лише один з прикладів висловлювання, що вповні характеризує концепцію біологічного детермінізму: "The fetal brain develops during the intrauterine period in the male direction through a direct action of testosterone on the developing nerve cells, or in the female direction through the absence of this hormone surge. In this way, our gender identity (the conviction of belonging to the male or female gender) and sexual orientation are programmed or organized into our brain structures when we are still in the womb... There is no indication that social environment after birth has an effect on gender identity or sexual orientation." (A. Garcia-Falgueras, D. F. Swaab, 2010).

<sup>9</sup> G. Csaba (2017) зазначає: "Sexuality is influenced by perinatal faulty hormonal imprinting at the receptor and behavioral levels. Because faulty imprinting is an epigenetic process, it is transmitted to the members of cell line and to progeny. In the modern age, the amount of artificial (industrial, communal, and medical) imprinters and their effects on the human organism are increasing enormously. This is likely to change human sexuality now and in the future."

<sup>10</sup> Йдеться про верифікацію в умовах експерименту; навіть за наявності такої повна трансляція отриманих даних на людину, з очевидних причин, неможлива.

<sup>11</sup> Йдеться про спекулятивні заключення щодо ролі варіацій нуклеотидної структури тих чи інших генів у розвитку певних видів гендерної ідентичності чи статевої орієнтації, здійснені на основі кореляції носійства цих варіацій і статевого фенотипу осіб та аналізу реалізації статевого фенотипу у одній/декількох близько; див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Homosexuality#Biological\\_vs\\_environmental\\_determinants](https://en.wikipedia.org/wiki/Homosexuality#Biological_vs_environmental_determinants); [https://en.wikipedia.org/wiki/Biology\\_and\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Biology_and_sexual_orientation); [https://en.wikipedia.org/wiki/Environment\\_and\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Environment_and_sexual_orientation). У А. Fisher та співавторів (2017) знаходимо наступне: "Even if several research studies have documented the possible role (and interaction) of neuroanatomic, hormonal and genetic factors in their development, many questions remain and need to be addressed." С. Е. Roselli (2018) з цього приводу зазначає: "All of these mechanisms rely on correlations and our current understanding suffer from many limitations in the data, such as: reliance on retrospective clinical studies of individuals with rare conditions, small study populations sizes, biases in recruiting subjects, too much reliance on studies of male homosexuals and the assumption that sexuality is easily categorized and binary. Moreover, none of the biological factors identified so far can explain all variances in sexual identity or orientation, nor is it known whether or how these factors may interact. Despite these limitations, the existing empirical evidence makes it clear that there is a significant biological contribution to the development of an individual's sexual identity and sexual orientation." Значимість генетичного фактора у формуванні альтернативних форм статевої поведінки, за результатами новітнього дослідження А. Ganna та співавторів (2019), низька, якщо взагалі ймовірна: "In aggregate, all tested genetic variants accounted for 8 to 25 % of variation in same-sex sexual behavior, only partially overlapped between males and females, and do not allow meaningful prediction of an individual's sexual behavior. Comparing these GWAS results with those for the proportion of same-sex to total number of sexual partners among nonheterosexuals suggests that there is no single continuum from opposite-sex to same-sex sexual behavior." (виділено нами — В. М.). Цей висновок комплементарний думкам коментаторів зазначеної праці: "When using a different technique called SNP-heritability — comparing the genetic similarity of all unrelated individuals in the sample with their phenotypic similarity of same-sex sexual behavior — Ganna et

З огляду на це, нам видається суттєвою роль мережевої і тканинної пластичності мозку<sup>1</sup> в реалізації атрибутів статевості та їхніх трансформацій. Попри існування широкого спектра механізмів нейропластичності, найбільш інтригуючим може виявитися зв'язок окреслюваних у цій роботі явищ і нейрогенезу у зрілому мозку людини<sup>2</sup>. Дослідження останніх років демонструють можливість утворення нових нейронів преоптичної ділянки гіпоталамуса на тлі річного репродуктивного циклу у ссавців<sup>3</sup> та плазунів<sup>4</sup>. Активність мереж мозку загалом<sup>5</sup>, статева поведінка<sup>6</sup>, соціостатеві фактори<sup>7</sup>, прекопулятивна та навколорепродуктивна комунікація системою феромонів<sup>8</sup> впливають на нейрогенез у зрілому мозку ссавців<sup>9</sup>, динаміка і якість якого суттєво залежить від статевих гормональних регуляторів<sup>10</sup>. Кореляція об'єму ядер гіпоталамуса з особливостями статевого фенотипу людини<sup>11</sup>, залежність виду статевої преферентності від функціональної активності преоптичної зони гіпоталамуса і зубчастої звивини гіпокампулярної формації<sup>12</sup>, ймовірність резидентної нейро-

*al. found that genetics could eventually account for an upper limit of 8 to 25 % of same-sex sexual behavior of the population. However, when all of the SNPs they identified from the GWAS are considered together in a combined score, they explain less than 1 %. Thus, although they did find particular genetic loci associated with same-sex behavior, when they combine the effects of these loci together into one comprehensive score, the effects are so small (under 1 %) that this genetic score cannot in any way be used to predict same-sex sexual behavior of an individual.... Because Ganna et al. found that the genetic loci they isolated predict less than 1 % of same-sex behavior of individuals, using these results for prediction, intervention, or a supposed "cure" is wholly and unreservedly impossible. Rather, by calculating the ceiling of what is potentially attributed to genetics with a SNP-heritability of 8 to 25 % and isolating specific loci, this study serves as a guide to the potential magnitude of genetic effects we may eventually measure and a sign that complex behaviors continue to have small, likely polygenic, influences. Future work should investigate how genetic predispositions are altered by environmental factors, with this study highlighting the need for a multidisciplinary sociogenomic approach." (M. C. Mills, 2019; виділено нами — В. М.). Інші коментарі зібрано за посиланням: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31467194/>.*

<sup>1</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroplasticity>.

<sup>2</sup> D. A. Lim, A. Alvarez-Buylla, 2016; Z. Chaker та співавт., 2016; H. M. Jahn, M. Bergami, 2018; J. P. Andreotti та співавт., 2019. Загальний стан справ у проблемі ідентифікації нейрогенезу у зрілому людському мозку оглянуто G. Kempermann та співавторами (2018).

<sup>3</sup> T. Goodman, M. K. Hajihosseini, 2015; R. Maggi та співавт., 2015; M. Migaud та співавт., 2015; M. Batailler та співавт., 2016; A. Paul та співавт., 2017; S. Yoo, S. Blackshaw, 2018. Залежність гіпоталамічного нейрогенезу у віці від активності світлової стимуляції нейронів епіфіза розкрито M. Batailler та співавторами (2018); сезонні зміни гіпоталамічної нейрогенної ніші у віці досліджено тією ж групою авторів (L. Butruille та співавт., 2018). У контексті нашої роботи важливе наступне свідчення M. Migaud та співавторів (2016): "The identification of adult hypothalamic neurogenesis has rapidly elicited questions about the involvement of adult born neurons in hypothalamic functions... and several lines of evidence suggest that the newly generated hypothalamic neurons may contribute to metabolism, energy balance and weight regulations"; "... we illustrate the functional relevance of adult-born neurons of each neurogenic niche in the reproductive physiology. More specifically we highlight the effect of reproductive social stimuli on the neurogenic processes and conversely, the contributions of adult-born neurons to the reproductive physiology and behavior. We next review the recent discovery of a novel neurogenic niche located in the hypothalamus and the median eminence (ME) and the compelling evidence of the link existing between the new-born hypothalamic neurons and the regulation of metabolism. Additionally, new perspectives on the possible involvement of hypothalamic neurogenesis in the control of photoperiodic reproductive physiology in seasonal mammals are discussed. Altogether the studies highlighted in this review demonstrate the potential role of neurogenesis in reproductive function and emphasize the importance of increasing our knowledge on the regulation processes and the physiological relevance of these adult-born neurons. This constitutes a necessary step towards a potential manipulation of these plasticity mechanisms." (виділено нами — В. М.). Роль нейрогенних стовбурових клітин у гіпоталамусі, ймовірно, відіграють певні види танцітів — унікальних гліальних клітин з драматично широким спектром функцій (K. Rizzoti, R. Lovell-Badge, 2017; V. Prevot та співавт., 2018), наявність яких констатовано і для гіпоталамуса зрілої людини (A. C. M. Koopman та співавт., 2017).

<sup>4</sup> D. I. Lutterschmidt та співавт., 2018.

<sup>5</sup> J. Song та співавт., 2016.

<sup>6</sup> P. Duarte-Guterman та співавт., 2015; R. Mahmoud та співавт., 2016.

<sup>7</sup> Приміром, спільне перебування у клітці статевозрілих самок супроводжується суттєвим пригніченням нейрогенної активності в гіпокампі та змінами активності нейрогенезу у базолатеральній частині мигдалеподібного комплексу, співперебування у обмеженій території різностатевих осіб (пара "самець — самка") супроводжується потенціюванням гіпокампулярного нейрогенезу та пластичності (D. E. Peragine та співавт., 2016). Під час утримування у клітці двох статевозрілих самців моногамних біпарентальних каліфорнійських мишей (*Peromyscus californicus*) через 4 доби виявляли нижчі показники нейрогенезу у зубчастій звивині (гіпокампулярна зона) порівняно з самцями, утримуваними ізольовано. У самок аналогічний результат за такого експериментального дизайну виявляли через 24 доби. У цьому контексті M. M. Holmes (2016) зазначає: "The social environment sculpts the mammalian brain throughout life. Adult neurogenesis, the birth of new neurons in the mature brain, can be up- or down-regulated by various social manipulations. These include social isolation, social conflict, social status, socio-sexual interactions, and parent/offspring interactions. However, socially-mediated changes in neuron production are often species-, sex-, and/or region-specific. In order to reconcile the variability of social effects on neurogenesis, we need to consider species-specific social adaptations and other contextual variables (e.g. age, social status, reproductive status, etc.) that shift the valence of social stimuli. Using a comparative approach to understand how adult-generated neurons in turn influence social behaviors will shed light on how adult neurogenesis contributes to survival and reproduction in diverse species." Див. також: M. G. Ruscio та співавт., 2015; D. B. McKim та співавт., 2016.

<sup>8</sup> Як правило, усі перелічені варіанти статевої поведінки та репродуктивного статусу супроводжуються збільшенням активності прогеніторів зазначених ділянок та інтеграції новостворених нейронів, що пов'язують із репродуктивною пластичністю функцій мозку (P. Peretto та співавт., 2014). Слід мати на увазі, що існування та роль феромонів людини залишається відкритим (*Ibid.*, Chapter 19, R.L. Doty).

<sup>9</sup> M. M. Holmes, 2016; M. Opendak та співавт., 2016; M. Faykoo-Martinez та співавт., 2017.

<sup>10</sup> P. Duarte-Guterman та співавт., 2015; R. Mahmoud та співавт., 2016; M. Bedos та співавт., 2018; G. Ponti та співавт., 2018; S. Yagi, L. A. M. Galea, 2019.

<sup>11</sup> Див. матеріал виноски 14 на с. 35 цього ж тому.

<sup>12</sup> T. В. Poppel та співавт., 2016.



генної активності у цих ділянках мозку людини<sup>1</sup> дозволяють припускати участь механізмів гіпоталамічного і гіпокампаального нейрогенезу в реалізації впливу на формування гендерної ідентичності та статевої орієнтації різноманітних хімічних, генетичних, біологічних, соціальних і вікових<sup>2</sup> факторів. Мезенхімальні стовбурові клітини, ймовірно, дають початок деяким стовбуровим клітинам нейрогенних ніш зрілого мозку ссавців<sup>3</sup>, що розширює коло факторів впливу на нейрогенез у зрілому мозку, особливо у групах осіб з наркотичною чи алкогольною залежністю, носіїв патогенних вірусів<sup>4</sup>. У контексті запропонованої гіпотези важливо підкреслити значну кореляцію між міноритарними формами гендерної ідентичності й статевої орієнтації та наявністю депресивного<sup>5</sup> і ряду інших психоневротичних розладів<sup>6</sup>, які, ймовірно, супроводжуються змінами нейрогенної активності головного мозку<sup>7</sup>.

Підсумовуючи, зазначимо, що гендерна ідентичність людини є чи не єдиним аспектом психічної сфери, який має ознаки стійкої, популяційно превалентної кореляції з реалізацією детермінантної генетичної інформації. Здавалося б, позитивістсько-редукціоністська<sup>8</sup> гносеологічна парадигма, яка панує у сучасних технократичних суспільствах, повинна усіляко підкреслювати, унаочнювати й досліджувати цю унікальну ілюстрацію матеріальної обумовленості людської психіки. Однак дійсність протилежна. Умотивована певними світоглядними конструктами парадигма спонукає конституювати у науковому дискурсі вповні ідеалістичне переконання: формування психічних атрибутів статевості<sup>9</sup> значною мірою незалежене від її генетичного фундаменту<sup>10</sup>, є соціально обумовленим, релятивним<sup>11</sup>, а значимість певних генетичних факторів<sup>12</sup> уповні ви-

<sup>1</sup> Ймовірність нейрогенезу у гіпоталамусі зрілої людини продемонстровано рядом релевантних імуногістохімічних досліджень. У гіпоталамусі зрілої людини виявляють таніцити (A. C. M. Koortman та співавт., 2017) — ймовірні нейрогенні стовбурові клітини цієї ділянки мозку (див. виноску 3 на с. 39 цього тому). Так, M. Batailler та співавтори (2018) виявили у тканині гіпоталамуса зрілої людини експресію маркера незрілих нейронів (нейробластів) — фактора транскрипції *doublecortin* (DCX), причому серед DCX-позитивних клітин виявляли як морфологічно зрілі нейрони, так і клітини з типовою нейробластною морфологією та ознаками міграційної активності. G. Pellegrino та співавтори (2019) описали у гіпоталамусі дорослої людини 4 види клітин, які експресують маркери нейрогенних стовбурових клітин (*Sox2* [див. вище], *nestin*, *vimentin*, *GLAST* [*glutamate aspartate transporter*], *GFAP* [*glial fibrillary acidic protein*], повні назви факторів задля спрощення подання матеріалу опускаємо): (a) — стрічкоподібну сукупність дрібних зічастих клітин, розташовану вздовж поверхні III-го шлуночка під шаром епендиміоцитів (*'behind a hippocellular gap'*), схожу на аналогічні стрічкоподібні структури стінки бічних шлуночків людини, (b) — клітини епендими, (c) — таніцити і (d) — популяцію дрібних зірчастих клітин надперехресного ядра (*nc. suprachiasmaticus*; одне із статеводиморфних ядер гіпоталамуса; див. виноску 14 на с. 35 і виноску 3 на с. 36 цього тому). У миші, щура і у лемура популяція нейрогенних стовбурових клітин зрілого гіпоталамуса обмежена таніцитами. D. H. Beligala та співавтори (2018) у контексті дослідження регуляції циркадного ритму виявили серед клітин надперехресного ядра гіпоталамуса так звані "частково диференційовані" нейрони, які експресують ряд факторів, характерних для нейрогенних стовбурових клітин, причому більшість з цих факторів у зазначеному ядрі гіпоталамуса експресуються інтенсивніше, ніж в інших ділянках гіпоталамуса й зубчастій звинині. Слід враховувати, що нейрогенна активність у зрілому мозку людини суттєво слабша, ніж у дрібніших ссавців (A. Alunni, L. Bally-Cuif, 2016; R. Parolisi та співавт., 2018), дані щодо її існування до цього часу залишаються суперечливими (порівняйте, наприклад, найновіші результати досліджень гіпокампаального нейрогенезу у зрілої людини, отримані S. F. Sorrells та співавт., 2018 і M. Boldrini та співавт., 2018, а також J. Liu та співавт., 2017). Можливо також, що у мозку людини, як і у мозку вівці (M. Piumatti та співавт., 2018), містяться нейрони, які зберігають статус певної "незрілості" (експресія DCX) протягом тривалих періодів після народження.

<sup>2</sup> Йдеться про відомий феномен вікового зменшення частки осіб з міноритарними формами статевої поведінки — [https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics\\_of\\_sexual\\_orientation](https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_sexual_orientation).

<sup>3</sup> D. Dannie та співавт., 2016.

<sup>4</sup> Див. матеріал виноску 4 на с. 37 цього ж тому.

<sup>5</sup> M. Plöderl, P. Tremblay, 2015; K. Tsigiritis та співавт., 2015; S. Kidd та співавт., 2016; Z. McClain, R. Peebles, 2016; S. T. Russell, J. N. Fish, 2016; S. Swannell та співавт., 2016; B. C. Yarns та співавт., 2016; A. Miranda-Mendizabal та співавт., 2017; K. McDonald, 2018; B. L. McGeough, P. R. Sterzing, 2018; S. E. Valenteina, J. C. Shepherd, 2018; N. Beckwith та співавт., 2019; T. Salway та співавт., 2019.

<sup>6</sup> Див. матеріал виноску 4 на с. 37 цього ж тому.

<sup>7</sup> B. R. Miller, R. Hen, 2015; E. Kang та співавт., 2016; A. Rubio-Casillas, A. Fernández-Guasti, 2016; D. M. Apple та співавт., 2017; C. Navarro-Sanchis та співавт., 2017; Y. Hayashi та співавт., 2018; T. Toda, 2019. Слід також мати на увазі дані, підсумовані K. Y. Liu та R. Howard (2018). У цьому контексті цікаві також дані щодо ролі пролактину — одного з найважливіших білкових факторів, що ув'язує репродуктивну і, можливо, статеvu поведінку з нейрогенезом у зрілому мозку (L. Torner, 2016); цитований автор констатує ширший зв'язок, зараховуючи до переліку функцій та станів, які регулюються цим гормоном, стрес, депресивний розлад і післяродову депресію. Секреція пролактину на системному рівні суттєво регулюється гіпоталамічними впливами (<https://en.wikipedia.org/wiki/Prolactin#Regulation>).

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Positivism#In\\_science\\_today](https://en.wikipedia.org/wiki/Positivism#In_science_today); [https://en.wikipedia.org/wiki/Reductionism#In\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Reductionism#In_science); [https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific\\_realism](https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific_realism), <https://en.wikipedia.org/wiki/Materialism>; див. також: [https://en.wikipedia.org/wiki/Constructive\\_empiricism](https://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_empiricism), [https://en.wikipedia.org/wiki/Skeptical\\_movement](https://en.wikipedia.org/wiki/Skeptical_movement).

<sup>9</sup> Тобто, гендерної ідентичності, гендерної соціальної ролі.

<sup>10</sup> Йдеться передусім про існування статевих хромосом ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sex\\_chromosome](https://en.wikipedia.org/wiki/Sex_chromosome)).

<sup>11</sup> Див. матеріал виноску 8 на с. 38 цього ж тому.

<sup>12</sup> Повторимо, що значимість генетичного фактора у формуванні альтернативних форм статевої поведінки, за результатами новітнього дослідження A. Ganna та співавторів (2019), мала: "In aggregate, all tested genetic variants accounted for 8 to 25 % of variation in same-sex sexual behavior, only partially overlapped between males and females, and do not allow meaningful prediction of an individual's sexual behavior. Comparing these GWAS results with those for the proportion of same-sex to total number of sexual partners among nonheterosexuals suggests

черпується явищем пластичності цих психічних атрибутів<sup>1</sup>. За таких умов гносеологічна біфуркація очевидна: або гендерна нейропсихологія залишається у рамках сучасного наукового реалізму<sup>2</sup> й враховує суттєву генетичну й епігенетичну обумовленість психічних атрибутів статевої людини, або ж переходить на рейки питомого ідеалізму<sup>3</sup> — з усіма наслідками такого варіанта розвитку.

На наше переконання, у найближчі роки, більш значимо — десятиліття, біомедична наука отримає нові дані, що суттєво наблизять нас до розуміння механізмів реалізації генетичної та епігенетичної інформації, трансляції фізико-хімічних і соціальних факторів у контексті формування психічних і поведінкових атрибутів статевої, й цим самим здійснить суттєвий вклад у розв'язання світоглядно-філософської проблеми співвідношення психічної і матеріальної сфер<sup>4</sup>. Однак такий оптимістичний розвиток подій можливий лише за умови стимулюючого, а не гальмівного впливу контекстуальних ідеологій. Від таких загроз — у цілому традиційних для пізнавального процесу — нехай збереже нас критичне наукове сумління.

\* \* \*

Не дає спокою ось яке питання: якщо мозок — єдиний продуцент і упорядник психіки, для чого до цієї функції долучені ще й тіло з нутрощами?

Пофантазуймо.

Передусім, виходячи із засадничої ролі інтероцепції у формуванні суб'єктності<sup>5</sup>, виникає маргінальне питання: чи не є складники соми й вісцери — імунна, судинна, лімфатична й інші системи — "місцем" для корелятивів важливого атрибуту феномену суб'єктності — внутрішнього світу?<sup>6</sup>

Інше припущення. Можливо, у колі "мозок — серце" виникає і ампліфікується компонент спонтанності функції нейронних мереж, її атопологічності? Тобто, чи не

*that there is no single continuum from opposite-sex to same-sex sexual behavior." (виділено нами — В. М.). Цей висновок комплементарний думкам коментаторів зазначеної праці: "When using a different technique called SNP-heritability — comparing the genetic similarity of all unrelated individuals in the sample with their phenotypic similarity of same-sex sexual behavior — Ganna et al. found that genetics could eventually account for an upper limit of 8 to 2 % of same-sex sexual behavior of the population. However, when all of the SNPs they identified from the GWAS are considered together in a combined score, they explain less than 1 %. Thus, although they did find particular genetic loci associated with same-sex behavior, when they combine the effects of these loci together into one comprehensive score, the effects are so small (under 1 %) that this genetic score cannot in any way be used to predict same-sex sexual behavior of an individual... Because Ganna et al. found that the genetic loci they isolated predict less than 1 % of same-sex behavior of individuals, using these results for prediction, intervention, or a supposed "cure" is wholly and unreservedly impossible. Rather, by calculating the ceiling of what is potentially attributed to genetics with a SNP-heritability of 8 to 25 % and isolating specific loci, this study serves as a guide to the potential magnitude of genetic effects we may eventually measure and a sign that complex behaviors continue to have small, likely polygenic, influences. Future work should investigate how genetic predispositions are altered by environmental factors, with this study highlighting the need for a multidisciplinary sociogenomic approach." (M. C. Mills, 2019; виділено нами — В. М.). Інші коментарі зібрано за посиланням: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31467194/>.*

<sup>1</sup> Іншими словами, генетичні передумови альтернативних видів статевої поведінки, якщо вони дійсно існують, повністю можна розглядати лиш як підґрунтя "пластичності" чи "плюральності" психічних атрибутів статевої, котрі (*атрибуту*), у межах такого підходу, мають соціально-конструювальний фундамент з обмеженою роллю генетичного фактора.

<sup>2</sup> Див. посилання, наведені у виносі 8 на попередній сторінці.

<sup>3</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Idealism>.

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body_problem).

<sup>5</sup> У тому числі — у формуванні відчуття власного "я", а також у "суб'єктивізації", "засвоєння" екстероцептивного входу (С. Tallon-Baudry та співавт., 2018). Наприклад, можна запропонувати таку гіпотетичну архітектуру "інтерцептуалізації" зовнішніх щодо організму впливів: екстероцептивна стимуляція — зміна мозкової активності — викликаний цими змінами вплив мозку на стан внутрішніх органів — вторинний щодо екстероцепції інтероцептивний вхід від органів, що змінили функцію.

<sup>6</sup> Тобто, чи не є вони окремою машинерією формування і буття корелятивів суб'єктності, зокрема елементів, атрибутів чи особливостей улаштування внутрішнього світу? Чи не існують інші, відмінні від нейромережових, форми обробки того, що ми окреслюємо терміном "інформація" — наприклад, у межах імунних мереж, у площині системи крові й кровообігу зі складною і флукувативною топологією її русла? Чи не є судинне русло й інші тканини топологічними машинами, не менш складними, але менш пластичними у динамічному й системному плані, ніж нейронні мережі мозку? Чи не додають вони певної надскладності (для цього не потрібна складність їхнього улаштування), точніше, атопологічності, додаткової, вищої атопологічної асоціативності усьому нейромережевому апарату? Якщо так, вони є інструментом "тканинного осяяння", або "тканиним інструментом" осяяння й інших вищих психічних функцій, можливо, непомітним через рідкісність таких вищих психічних станів. Тим більше, чи не можуть чужорідні стосовно організму — неорганічні, органічні чи біологічні — елементи бути носіями не лише відомих нам, а й квазіінформаційних впливів, тобто чи можуть ці фактори спричиняти в організмі реакції, котрі таким чином матимуть специфічний вплив на сферу свідомості, і який ступінь специфічності такого впливу? Адже, фактично, молекулярно-просторові властивості антигенів енграмуються засобами імунної системи на досить тривалий час; із гносеологічної точки зору ці механізми цілком пізнавані, описувані вербально, отже, можуть відповідати рангу "інформаційних" і так чи інакше впливати на інформаційні ж нейромережеві процеси у мозку. Доказом реальності таких сценаріїв є психотропні впливи мікробіому товстої кишки. Питання у "виразності", "специфічності" психічних корелятивів таких впливів.

є серце, окрім іншого, — джерелом континуального ірраціонального впливу на “осердя” мозку — острівцеву кору?

Або ще. Тіло має складне з топологічної точки зору улаштування, причому циркуляція рідин у ньому охоплює кілька ділянок поступової зміни топологічності — фуркативного перетворення оформлених “*рідиноносів*” у аморфне міжклітиння й навпаки. Якщо топологічні особливості переміщень циркулюючих клітин енгрануються їхніми молекулярно-генетичними засобами — а чому б і ні? — такий рідинообіг може виявитися засобом топологічної ретрансляції інформації з мозку у тіло (*і навпаки*), а також джерелом континуальної ірраціональності<sup>1</sup>.

І найпростіше. Можливо, тіло у той чи інший спосіб долучається до здійснюваного мозком процесу енгранування й перетворення інформації у топологічній формі<sup>2</sup>.

А також — чи не бере участь навігаційна система у метризації репрезентату власної тілесності у сфері свідомості<sup>3</sup>?

Хтось побачить у всіх цих танцях навколо “*ірраціональності*” базис для взаємодії відомих компонентів дихотомічного чи трихотомічного світобуття. І нехай. А уже чим була б людина і чи залишилась би собою без доважку непрогнозованості, ірраціональності психіки у її різноманітних проявах — змальовано безліччю сучасних антиутопій.

І ще: чи не є теперішні прагнення до незалежнення мозку від решти тіла — тимчасовим захопленням, плінною модою, не підтвердженою загальним горизонтом буття людини?

А проте, повернімось до предметності. У реалізації найвищих інтероцептивних функцій, їх вплетення у структуру людської психіки чи не основну роль відіграють дві ділянки кори: передня частина острівця і передня поясна кора (АСС). У наступних двох главах ви ознайомитесь із даними, котрі підтверджують цю тезу. Але спершу розкриємо інший бік “*острівцево-поясної*” теми: історію відкриття дивовижних клітин цих ділянок мозку — гігантських веретен, котрі зовсім нещодавно розглядали як “*клітини людськості*”.

Ми маємо нагоду розповісти про це тому, що ключовою фігурою на сцені історичної драми їх відкриття є наш співвітчизник і маестро нейроанатомії світового рівня — професор Київського університету імені Св. Володимира **Володимир Олексійович Бец**.

<sup>1</sup> Хоча б для мереж мозку; див. том II, с. 422, том III, с. 23..

<sup>2</sup> Див. с. 187 цього тому..

<sup>3</sup> А також чи входить в ідіотетичну інформацію, використовувану для функції навігаційної системи (див. том II, с. 99), вісцеральний компонент.

# ВЕРЕТЕНА, МЕРЕЖІ І ПСИХІЧНЕ ПРЯДИВО

**за участю:**

*В. Черкасова*

*В. Васлович*

Гігантські веретеноподібні нейрони передньої поясної кори<sup>1</sup> і передньої частини кори острівця, відомі віднедавна як клітини фон Економо, близько двох десятиліть тому виринули на широкий загал як такі, що “олюднили людину”, тобто як виразна диференційна цитоархітектонічна ознака *H. sapiens sapiens* на тлі нижчих приматів та інших ссавців. Зважаючи на роль АСС в реалізації вищих психічних функцій, у соціальному пізнанні і міжособистісній взаємодії, одразу з’явилися спекулятивні судження щодо ролі гігантських веретен у реалізації найскладніших аспектів психіки. Сучасні дані пом’якшили ці припущення, однак функція гігантських веретен залишається однією з найзагадковіших і тому найцікавіших нейробіологічних тем.

## гігантські веретена

### відкриття і визнання<sup>2</sup>

Якщо сказати просто — світовий пріоритет відкриття гігантських веретен належить В. Бецу.

У праці 1882-го року<sup>3</sup> він наводить досить детальний, сказати б, вичерпний опис їхньої морфології і точно, навіть з точки зору сьогочасся, окреслює їх локалізацію у корі головного мозку людини: “*Дугообразная извилина (gyrus cinguli) у своего начала под передней частью конечной пластинки (lamina terminalis) состоит почти только из двух слоев — верхнего и пятого; пирамид второго слоя мало и сами они очень малы. Отличительная особенность этого пятого слоя состоит в том, что клетки его располагаются не по основанию извилины, как это бывает везде, а идут вдоль разреза извилины, как клетки третьего слоя других извилин. Эти веретенообразные клетки дугообразной извилины гораздо больше клеток пятого слоя — вдвое, даже иногда втрое. Ближе к колену мозолистого тела клетки эти как бы отодвигаются вниз значительно увеличившимся вторым слоем, густо расположенным. К середине этой извилины появляется и зернистый слой, и пирамиды третьего слоя, но они гораздо меньше пирамид третьего слоя других извилин. Начиная с задней половины дугообразной извилины, на месте соприкосновения серого слоя ее с поперечно идущими волокнами мозолистого тела, появляются сверху сего последнего три новых слоя. Один из них, самый нижний, состоит из продольных волокон, огибающих мозолистое тело сверху; другой, серый слой состоит из маленьких круглых клеток, и третий, тоже серый слой, состоящий из клеток то пирамидальных, то веретенообразных значительного калибра. Чем ближе к концу gyrus cinguli, тем больше увеличиваются все три слоя, но все-таки занимают нижний край этой извилины и нижнюю внутреннюю часть ее*.”<sup>4</sup> (виділено нами — В. М.). Із цитати очевидно, що В. Бец описує саме гігантські, а не дрібні веретеноподібні клітини АСС. В іншому місці автор засвідчує наявність схожих клітин і в корі острівця, побіжно зауважуючи модульний характер її організації: “*То же [стосовно кластерної структури — В. М.] можно сказать и об островке (insula), где также группируются в кучки маленькие пирамидки с длинными верховыми отростками, а также клетки пятого слоя, сходные по величине с такими же клетками начала gyrus cinguli*.” (Ibid.; виділено нами — В. М.).

Свідчення В. Беца не залишились непоміченими. Ось що пише стосовно пріоритету опису гігантських веретен S. Ramon у Cajal (1901–1902): “*The only author who has made a reasonably careful examination of the fine structure of the said gyrus (first and second limbic [gyri]) in man is Hammarberg. According to this researcher, the cingulate gyrus consists of, first, molecular layer; second, layer of the small pyramidal cells; third, layer of the large pyramids; and fourth, layer of the fusiform cells. It lacks the fourth layer or layer of the granule cells. The second consists, in fact, not of pyramidal forms, but of globular forms, which were considered fusiform by Betz*”<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Передня поясна кора — anterior cingulate cortex, АСС; термін “giant fusiform cells” для цих клітин вжив одного разу S. Ramon у Cajal (1988, с. 347).

<sup>2</sup> Написано за участю В. Черкасова. Фотофіксацію з гістологічних препаратів В. Беца здійснено разом з В. Васлович.

<sup>3</sup> О подробностях строения мозговой корки человека. Предварительное сообщение. Медицинское обозрение, М., 1882, Т. XVIII, сентябрь, отд. III, стр. 413–423. Заявлена автором дата закінчення праці — 15 листопада 1880 р. Тут і надалі матеріал цієї праці цитуємо за збірником: Бец В. А. Анатомические и гистологические исследования (Избранные труды). Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с. Виходячи з аналізу цитувань інших авторів, наведених у Т. 2 і Т. 3 цієї монографії, вважаємо, що використовуваній нами російськомовний варіант праці В. Беца щонайменше у ключових питаннях відповідає відомому у всьому світі німецькомовному варіанту 1881-го року: Betz, W. (1881) Ueber [Uber] die feinere Struktur der Gehirnrinde [Grosshirnrinde] des Menschen. Zentralbl. für die medizinischen Wissenschaften, Berlin, 1881, Nr. 11, 12, Marz, S. 193–195; Nr. 12, 19, Marz, S. 209–213; Nr. 13, 26, Marz, S. 231–233. Бец В. А. (1882).

<sup>4</sup> Бец В. А. (1882) О подробностях строения мозговой корки человека. Предварительное сообщение. Медицинское обозрение, М., 1882, Т. XVIII, сентябрь, отд. III, стр. 413–423. Цитуємо за збірником: Бец В. А. Анатомические и гистологические исследования (Избранные труды). Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с.

<sup>5</sup> Cajal on the cerebral cortex: An annotated translation of the complete writings; ed. J. DeFelipe & E.G. Jones. New York, Oxford University Press.

Автор таким чином свідчить, що В. Беца описував веретеноподібні клітини у II-му шарі, наводячи у списку літератури цитовану вище працю В. Беца 1882-го року, котра, виходить, на 14 років випереджує розвідку С. Hammarberg (1895)<sup>1</sup>. У наступному абзаці S. Ramon у Cajal (1901–1902) описує II-й шар як змішаний, котрий містить дрібні веретеноподібні і пірамідні клітини, а також IV-й шар, котрий містить великі пірамідні і гігантські веретеноподібні нейрони. Отже, ключовою проблемою аналізованої нами частини праці S. Ramon у Cajal є незрозуміле віднесення автором свідчення В. Беца до дрібних веретеноподібних нейронів II-го шару передньої поясної кори. Можливо, така інтерпретація S. Ramon у Cajal (1901–1902) матеріалу В. Беца ґрунтується на частковому ознайомленні з текстом його праці, зокрема на цій фразі: *“Один из них, самый нижний, состоит из продольных волокон, огибающих мозолистое тело сверху; другой, серый слой состоит из маленьких круглых клеток, и третий, тоже серый слой, состоящий из клеток **то пирамидальных, то веретенообразных значительного калибра.** Чем ближе к концу gyrus cinguli, тем больше увеличиваются все три слоя, но все-таки занимают нижний край этой извилины и нижнюю внутреннюю часть ее”*. Ми ще повернемося до цього питання наприкінці глави, однак, наведений вище повний фрагмент оригінального тексту В. Беца позбавляє всіляких сумнівів стосовно того, які саме веретеноподібні нейрони були ним описані (*насправді, і гігантські, і дрібні*). І саме така позиція акцентована переважно більшістю сучасних дослідників, так що пріоритет В. Беца у відкритті гігантських веретеноподібних нейронів головного мозку людини вважається безсумнівним. Проілюструємо це.

Група науковців, котрі виконали перше сучасне імуногістохімічне дослідження гігантських веретен АСС людини і згодом описали неординарну філогенетичну преферентність їхньої присутності (E. Nimchinsky та співавт., 1995), описують історію відкриття гігантських веретен так: **“In his 1881 series of articles on the cytoarchitecture of the human cerebral cortex, Betz described a distinctive neuron in the human cingulate gyrus (Betz, 1881). What was so striking was not merely its shape — vertical (spindle-shaped neurons can readily be encountered in layer VI of most cortical areas; Tombol, 1984) — but its size, its abundance, and especially its location in layer V. Almost two decades later, Cajal, who credited both Betz and Hammarberg with the initial descriptions (Betz, 1881; Hammarberg, 1895), reported these neurons in the insular cortex of a newborn human and mentioned their presence in the cingulate gyrus, referring to their location as the “layer of spindle cells” (Cajal, 1899). He reported that he was unable to apply successfully the Golgi stain to interhemispheric cortex in any animal but rodents and other small mammals. The Golgi-impregnated spindle neurons he drew were taken from the insular cortex and showed neurons with a long, tapered soma with a basal dendrite that formed a tuft of spiny dendrites and an apical dendrite that usually branched in layer IV but occasionally branched shortly after its origin. The axon descended toward the white matter after giving off numerous collaterals. In 1926, Von Economo undertook a study of these cells, which he first thought were pathological structures, because he saw them initially in the brains of patients with encephalitis lethargica (Von Economo, 1926). Rose made mention of them in his 1927 monograph and made the interesting observation that these neurons can also be observed in the cingulate cortex of the chimpanzee (Rose, 1927). In his 1932 description, Ngowyang mentioned that these cells frequently form clusters (Ngowyang, 1932). Most recently, Braak (1980) noted these neurons’ distinctive pigment pattern”**. (виділено нами — В. М.). У наступній праці, коротко викладаючи історію питання, E. Nimchinsky та співавтори (1999) означають цитовану статтю В. Беца першою в переліку тих, що містили опис гігантських веретен: *“An exception is the spindle neuron, found in the anterior cingulate cortex. It has been described in the human (3–10) and reported in the common chimpanzee (6)”*<sup>2</sup>.

P. R. Hof та E. van der Gucht (2009), обговорюючи результати власних досліджень гігантських веретен у мозку горбача<sup>3</sup>, стверджують: *“The spindle cells, or Von Economo neurons, were originally observed by Betz in the human cingulate cortex and were fully described by Von Economo (1926), in addition to a number of early reports (Nimchinsky et al., 1995)”*.

J. M. Allman та співавтори (2010) у аналогічному контексті свідчать: *“In their comprehensive study of the cytoarchitecture of the human cerebral cortex, von Economo and Koskinas (1925) and von Economo (2009) described large bipolar neurons in fronto-insular (FI) cortex and in the limbic anterior (LA) area of anterior cingulate cortex. Von Economo (1926) called these specialized neurons the rod and corkscrew cells, referring to the straight and twisted variants of this distinct class of neurons. **These unusual cells had previously been observed by many classical***

1988, 654 p. P. 346–347.

<sup>1</sup> Посилання із цитованої праці С. Рамон-і-Кахалія: *“Hammarberg, Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie, etc., Upsala, 1895.”*

<sup>2</sup> Перелік посилань згідно зі списком літератури авторів: *“3. Betz, W. (1881) Zentralbl. Med. Wiss. 19, 193–195, 209–213, 231–234. 4. Hammarberg, C. (1895) Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie nebst Untersuchungen über die normale Anatomie des Hirnrinde (Berling, Uppsala). 5. Ramón y Cajal, S. (1899) Textura del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados, Tomo II (Nicolás Moya, Madrid). 6. Rose, M. (1927) J. Psychol. Neurol. 35, 5–217. 7. De Crinis, M. (1933) J. Psychol. Neurol. 45, 439–449. 8. Vogt, B. A., Nimchinsky, E. A., Vogt, L. J. & Hof, P. R. (1995) J. Comp. Neurol. 359, 490–506. 9. Von Economo, C. (1926) Zschr. Ges. Neurol. Psychiat. 100, 706–712.”*

<sup>3</sup> Горбатого кита, *Megaptera novaeangliae*.

neuroanatomists including Betz (1881), Hammarberg (1895), and Ramón y Cajal (1899), but von Economo (1926) made a more complete description of their morphology and mapped their specific locations in human cortex. Rose (1927) additionally described cells of this type in anterior cingulate cortex of a chimpanzee brain. **They have often been termed “spindle cells” (Nimchinsky et al. 1995; 1999), but because of possible confusion with other uses of this term, we have opted to call them von Economo neurons or VENs**”. (виділено нами — В. М.).

R. Паус та А. Young (2010) лаконічно стверджують: **“von Economo neurons were first described by Betz<sup>11</sup> but were later described in detail by von Economo et al.”** (виділено нами — В. М.)

W. W. Seeley та співавтори (2012), подаючи ранню історію описання гігантських веретен, історичний пріоритет традиційно надають В. Бецу, причому згадуючи його першу працю — 1874-го року. Цей момент, однак, навряд чи виправданий; у всякому випадку, нам не вдалося знайти жодної згадки про гігантські веретена в оригінальному, російськомовному варіанті цієї публікації, присвяченої в основному опису гігантських пірамідних нейронів і нейронів постцентрального відділу кори. Наведена далі W. W. Seeley та співавторами (2012) розлога цитата демонструє незначну дистанцію між описанням гігантських веретен у В. Беца і у С. von Economo: **“The human anterior cingulate and fronto-insular cortices are agranular, peri-allocortical regions united by the conspicuous presence of large, slender, bipolar neurons located primarily in layer 5b. Among the early anatomists to notice and depict these cells (Betz 1874, 1881; Ramón y Cajal 1900, 1904), none took such an interest as did Constantin von Economo, who provided the first comprehensive description of these neurons, referring to them as “Stäbzellen” (rod cells) and “Korkzieherzellen” (corkscrew cells) as part of his celebrated cytoarchitectural atlas with George Koskinas (von Economo and Koskinas 1925): “We now want to stress particularly just one more specific cell type that we call the rod or corkscrew cell...(Figure 44). These cells are only found at the crowns, curved regions, and inner wall of the frontal part of the cingulate gyrus, to a lesser extent in the posterior transitional gyral margin of the orbital portion of the frontal cortex that extends to the fronto-orbital insula and in its associated short accessory gyri of the anterior insula ...The cell body is either narrow and pulled straight or somewhat crooked, other times taking on a torturous or even screw-like or corkscrew-like morphology. Small processes project laterally from the cell body, but the upper and lower tips of the cells have spine-like processes that are sometimes forked and can always be followed for relatively long distances up and down the tissue...The long axis of these straight or screw-shaped cells is always radial and perpendicular to the brain surface (compare Plate XLII H 30.5 cm/B 16.5 cm, and Plate XLVI H 11.5 cm/B 8 cm) (p. 66).”** (виділено нами — В. М.) І в іншому місці, ще виразніше: **“Although von Economo was the first to provide a comprehensive description of VEN morphology, distribution, and possible functional significance, it should be noted that these cells had been observed earlier by others, including Betz (1874, 1881) and Ramón y Cajal (1900, 1904)”**. (W. W. Seeley та співавт., 2012; виділено нами — В. М.). Лише згодом, у підсумковій праці 1926-го року<sup>1</sup>, С. von Economo наводить розширений морфологічний опис гігантських веретен, причому в онтогенетичному і філогенетичному вимірах, у зв'язку з чим у подальшому й удостоюється фіксації J. M. Allman та співавторами (2005) власного прізвища в епонімічній назві клітин: **“The following year, in the definitive paper, von Economo (1926) consolidated many details regarding these rod and corkscrew cells, which have since been renamed von Economo neurons (VENs) in his honor (Allman et al. 2005). In the 1926 paper, which we provide in English translation following this commentary, von Economo further emphasized the curious topology of the VENs, which he found almost exclusively in anterior cingulate and fronto-insular cortices. He further noted progressive changes in VEN morphology during development. Presciently, he speculated on the phylogeny and function of these neurons. In particular, their restriction to the ancient “olfactory brain” fueled his hypothesis that VENs must have adopted new functions in humans. ... Von Economo further proposed that the fronto-insular cortex might contain afferent representations of the autonomic nervous system, just as anterior cingulate was, even then, emerging as a cortical link to efferent sympathetic functions”**. (W. W. Seeley та співавт., 2012).

C. Butti та співавтори (2013), не відступаючи від загальної канви, викладають історію відкриття гігантських веретен наступним чином: **“Von Economo neurons (VENs) have been sporadically described and graphically documented in the literature for more than a century. First, Wladimir A. Betz (1881) described their morphology as follows: “These spindle-shaped cells of the cingulate gyrus are remarkably larger (twice or even three times as large), as the other [neurons] of the fifth layer”**. Later, Carl Hammarberg (1895) mentioned the presence of “spindle cells” in layer V of the Gyrus centralis anterior (the frontal gyrus) in the frontal lobe, and named it Spindelzellenschicht (the spindle cells layer). Spindle-shaped cells in layer V of the cingulate gyrus were then mentioned by Santiago Ramón y Cajal (1901–1902, 1904) who referred to them as “giant fusiform cells” in his histological study of the cortex. Interestingly, Ramón y Cajal (1901–1902, 1904) noted that the presence of such neuronal morphology was not common throughout the human cortex but was rather specific to the cingulate and insular cortices. In his description of the gyrus cinguli, he reported: **“In the inferior layer some long and robust fusiform cells are scattered**

<sup>1</sup> На жаль, W. W. Seeley та співавтори (2012) не наводять бібліографічний реквізит цієї праці.

irregularly which reminds one of the cells characteristic of the insular cortex. During the first part of the 20th century, several authors briefly mentioned the presence of such spindle-shaped cells either in the human anterior cingulate or insular cortices (De Crinis, 1933; Flechsig, 1897, 1920; Goldstein, 1913; Juba, 1934; Marinesco and Goldstein, 1927; Ngowyang, 1932, 1936; Nikitin, 1909; Vogt and Vogt, 1919; Vogt, 1903; von Economo and Koskinas, 1925). In 1926 Constantin von Economo provided the only detailed description of the morphology and cortical distribution of these neurons (von Economo, 1926; for a modern translation of this paper see Seeley et al., in press) and was also the first to show that such cells are a specialized neuronal type of layer Vb of two well-defined cortical regions, the anterior cingulate cortex (ACC) and the frontoinsular (FI) cortex; (Fig. 1)". (виділено нами — В.М.). У цій же праці вони, вслід за W. W. Seeley та співавторами (2012), повідомляють, що епонім "нейрони фон Економо"<sup>1</sup> для позначення гігантських веретен ACC і лобово-острівцевої кори введено у вжиток J. M. Allman та співавторами (2005)<sup>2</sup>: "These spindle-shaped neurons, generally known until 1999 in the literature as spindle cells, were recently renamed VENs by Allman et al. (2005) in tribute to Constantin von Economo's first detailed description, and to avoid any confusion with the smaller fusiform and spindle-shaped interneurons of layer VI"<sup>3</sup>. Ця думка підтверджується у праці R. Pauc та A. Young (2010; див. далі), а також аналізом років публікації робіт, у котрих фігурує термін "Von Economo neurons", за даними пошукової бази PubMed.

J. M. Allman та співавтори (2010) описують власну аргументацію вибору джерела епонімічної назви гігантських веретен наступним чином: "In their comprehensive study of the cytoarchitecture of the human cerebral cortex, von Economo and Koskinas (1925) and von Economo (2009) described large bipolar neurons in frontoinsular (FI) cortex and in the limbic anterior (LA) area of anterior cingulate cortex. Von Economo (1926) called these specialized neurons the rod and corkscrew cells, referring to the straight and twisted variants of this distinct class of neurons. **These unusual cells had previously been observed by many classical neuroanatomists including Betz (1881), Hammarberg (1895), and Ramón y Cajal (1899), but von Economo (1926) made a more complete description of their morphology and mapped their specific locations in human cortex.** Rose (1927) additionally described cells of this type in anterior cingulate cortex of a chimpanzee brain. **They have often been termed "spindle cells" (Nimchinsky et al. 1995; 1999), but because of possible confusion with other uses of this term, we have opted to call them von Economo neurons or VENs**".<sup>4</sup> (виділено нами — В. М.). Завдяки R. Pauc та A. Young (2010) мотивація надання епонімічної назви гігантським веретенам набуває нової грані: "They were known as spindle cells until 2005, when Allman renamed them as von Economo neurons in honor of von Economo's work and to avoid confusion with the accepted use of the term in the field of oncology". Однак, існує також думка, що першим вжив відому зараз епонімічну назву стосовно гігантських веретен G. Ngowyang у праці 1932 року (R. Nieuwenhuys, 2012).

У лапідарній формі історія питання звучить так (T. Gefen та співавт., 2018): "**The great anatomists of the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> century — Vladimir Betz (1881), Carl Hammarberg (1895), Santiago Ramón y Cajal (1896) and Constantin von Economo (1925) — were intrigued by the odd-looking "spindle-shaped" brain cells of the cerebral cortex recently renamed "von Economo neurons" (VENs), after von Economo and Koskinas (1925) who carried out a detailed cytoarchitectonic study of these cells**".<sup>5</sup> (виділено нами — В. М.). І ця версія залишається мейнстрімною (I. Banovac та співавт., 2019): "**Von Economo neurons (VENs) were first observed by Betz in the human anterior cingulate cortex (ACC) as remarkably large spindle-shaped neurons (Betz, 1881).** This observation was followed by Von Economo's detailed description of their elongated soma shape and regional distribution using

<sup>1</sup> Англ. — von Economo neurons, VENs.

<sup>2</sup> Складається враження, що у вказаній роботі автори демонструють усталеність цього епоніму: "In this article, we propose that a subset of cortical neurons known as Von Economo neurons ...".

<sup>3</sup> Переказ саме такого розвитку подій у виконанні F. Cauda та співавторів (2014): "**Large spindle-shaped neurons have been described in layer V of cingulate cortex by Betz (1881) and of frontal cortex by Hammarberg (1895), and later confirmed by Ramón y Cajal (1901–1902, 1904) who first put in evidence their specific belonging to the cingulate and insular cortex. Such cells were occasionally reported in cingulate and insular cortex by several authors in the first half of the 20th century, as reviewed by Butti et al. (2013). Nevertheless, it was only von Economo and Koskinas (1925), von Economo (1926, 1927) who described in detail their morphology and distribution through the human cortex. For this reason spindle-shaped neurons were named von Economo's (VENs) thereafter (Allman et al., 2005)**". (виділено нами — В. М.).

<sup>4</sup> Інша варіація на ту ж тему: "In their comprehensive study of the cytoarchitecture of the human cerebral cortex, von Economo and Koskinas<sup>1,2</sup> described large bipolar neurons in the frontoinsular (FI) cortex and in the limbic anterior (LA) area, which wraps around the genu of the corpus callosum and extends posteriorly to the midcingulate (see Fig. 1). von Economo<sup>3,4</sup> called these specialized neurons the rod and corkscrew cells, referring to the straight and twisted variants of this distinct class of neurons. **These unusual cells had previously been observed by many classical neuroanatomists, including Betz<sup>5</sup> and Ramón y Cajal<sup>6</sup>, but von Economo<sup>3,4</sup> made a more complete description of their morphology and mapped their specific locations in human cortex. They have often been termed "spindle cells"<sup>7,8</sup>, but because of possible confusion with other uses of this term, we have opted to call them von Economo neurons, or VENs.**" (J. M. Allman та співавт., 2010; виділено нами — В. М.). Можливо, що історія питання повніше розкрилась перед авторами уже після того, як вони провели значну роботу з вивчення гігантських веретен, первинно дізнавшись про існування цих клітин саме з праць С. von Economo і умовившись введеним саме з праць С. von Economo імовірно вивчення гігантських веретен диференціювати досліджувані нейрони від інших веретеноподібних клітин кори.

<sup>5</sup> Посилання під номером "1": Von Economo, C., Koskinas, G. Die Cytoarchitectonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen: Springer; 1925.



*Nissl and Bielschowsky silver staining methods (von Economo, 1926). By systematically analyzing all cortical areas of the human brain, von Economo found VENs only in the ACC and fronto-insular cortex (FI). Von Economo first noted VENs in 'diseased brains', and initially concluded that, due to their peculiar shape and size, they represented a pathological alteration of pyramidal neurons (von Economo, 1918). He later realized that these cells were a unique neuron subtype with specific regional distribution, and referred to them as 'rod cells' or 'corkscrew cells' (von Economo, 1926; Seeley et al. 2012). Cajal gave the first description of VEN morphology using Golgi staining. He demonstrated VENs in the FI of a 1-month-old girl, and stated that these neurons had a distinctive dendritic morphology (Cajal, 1899, 1995)". (виділено нами — В. М.).*

На фоні усіх цих історіографічних даних і наведеного опису гігантських веретен Бецом (1882), твердження F. Cauda та співавторів (2013) щодо "випадкового" їх описання В. Бецом та S. Ramon у Cajal викликає подив: "*Von Economo's neurons (VENs), occasionally observed by Betz (1874, 1881) and Ramon y Cajal (1900, 1904), were first described in detail by Von Economo and Koskinas [Von Economo and Koskinas 1925) as large, bipolar/corkscrewshaped neurons located in layers III and V of the fronto-insular (FI) and anterior cingulate cortices (ACC; Brodmann area BA 24, see also (Butti et al. 2011; Seeley et al. 2011; Nimchinsky et al. 1995)]". (виділено нами — В. М.).*

Стосовно філогенетичної специфіки ідентифікації гігантських веретен, W. W. Seeley та співавтори (2012) свідчать, що першим на факт преферентної присутності цих нейронів у мозку людини і вищих мавп звернув увагу M. Rose (1928): "*As part of a comparative study of the insula's subregional boundaries, Maximilian Rose (1928) suggested that the insula of humans and apes could be distinguish from that of monkeys and small mammals by the presence of VENs in ventral anterior (agranular) insula, and he noted the particular abundance of these neurons in humans. The fortuitous rediscovery of the VENs in 1995 (Nimchinsky et al. 1995) stimulated more extensive comparative studies, which so far demonstrate VEN phylogenetic restriction to humans and other large-brained mammals with complex sociality, including great apes, cetaceans, and elephants (Nimchinsky et al. 1999; Hof and Van der Gucht 2007; Butti et al. 2009; Hakeem et al. 2009; Allman et al. 2010)".*

Виходячи з усього наведеного матеріалу, важливо з'ясувати відношення С. von Economo до історії відкриття гігантських веретен. На жаль, можна констатувати, що С. von Economo, виходячи з матеріалу, наявного у його перевиданій праці (С. von Economo, 2009), у цьому питанні ігнорує вклад В. Беца, ймовірно, через неповне<sup>1</sup> і таке, що виключає В. Беца з поля історіографічної уваги у цьому питанні, цитування S. Ramon у Cajal його опису гігантських веретен поясної кори<sup>2</sup>. До такого, поки що єдиного раціонального пояснення спонукають факти, котрі свідчать про ознайомленість С. von Economo з публікацією В. Беца 1881-го року: про це повідомляє Н. Stephan (1975), цитуючи місце оригінальної праці С. von Economo та G. N. Koskinas (1925)<sup>3</sup>, де авторами фактично дослівно переказано опис В. Бецом "клубочків" енторінальної кори<sup>4</sup>. Крім того, список використаної літератури С. von Economo (2009) містить працю В. Беца 1881-го року. С. Butti та співавтори (2011), цитуючи працю В. Беца 1881-го року<sup>5</sup>, наводять місце, котре ми раніше подавали в російськомовному оригіналі<sup>6</sup>: "*First, Wladimir A. Betz (1881) described their morphology as follows: "These spindle-shaped cells of the cingulate gyrus are remarkably larger (twice or even three times as large), as the other [neurons] of the fifth layer". Як бачимо, смисл обох варіантів — російськомовного і перекладеного англійською німецькомовного — іден-*

<sup>1</sup> Йдеться про неповне цитування фрагмента праці В. Беца, присвяченого цитоархітектоніці передньої поясної кори, внаслідок чого Бецове поняття "веретеніподібні нейрони" віднесене S. Ramon у Cajal лише до структури II-го, а не до II-го і V-го (у цій праці S. Ramon у Cajal, згідно з класифікацією С. Hammarberg — до II-го і IV-го) шару передньої частини поясної кори.

<sup>2</sup> Наводимо це місце праці S. Ramon у Cajal (1901–1902) ще раз: "*The only author who has made a reasonably careful examination of the fine structure of the said gyrus (first and second limbic [gyri]) in man is Hammarberg. According to this researcher, the cingulate gyrus consists of, first, molecular layer; second, layer of the small pyramidal cells; third, layer of the large pyramids; and fourth, layer of the fusiform cells. It lacks the fourth layer or layer of the granule cells. The second consists, in fact, not of pyramidal forms, but of globular forms, which were considered fusiform by Betz.*" Джерелом такого заключення Кахалія, ймовірно, є наступний фрагмент праці Беца: "*Один из них, самый нижний, состоит из продольных волокон, огибающих мозолистое тело сверху; другой, серый слой состоит из маленьких круглых клеток, и третий, тоже серый слой, состоящий из клеток то пирамидальных, то веретенообразных значительно калибра. Чем ближе к концу gyrus cinguli, тем больше увеличиваются все три слоя, но все-таки занимают нижний край этой извилины и нижнюю внутреннюю часть ее.*" (виділено нами — В. М.; Тут і надалі цитуємо праці В. А. Беца за збірником: Бец В. А. *Анатомические и гистологические исследования (Избранные труды)*. Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с.).

<sup>3</sup> Von Economo C, Koskinas GN. *Die Cytoarchitectonic de Hirnrinde der erwachsenen Menschen*. Vienna (Berlin): Springer Verlag; 1925. Саме ця праця під зазначеним роком наведена у списку літератури у Н. Stephan (1975).

<sup>4</sup> Див. виноску 4 на с. 121 тому II.

<sup>5</sup> Ось бібліографічний реквізит цитованої ними праці: Betz W. *Ueber die feinere Structur der Gehirnrinde des Menschen*. *Centralblatt für die Medicinischen Wissenschaften*, 19. 193–195, 209–234 1881.

<sup>6</sup> "*Эти веретенообразные клетки дугообразной извилины гораздо больше клеток пятого слоя — вдвое, даже иногда втрое.*" Бец В. А. (1882) О подробностях строения мозговой корки человека. Предварительное сообщение. Медицинское обозрение, М., 1882, Т. XVIII, сентябрь, отд. III, стр. 413–423. Цитуємо за збірником: Бец В. А. *Анатомические и гистологические исследования (Избранные труды)*. Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с.

тичний. Отже, немає сумніву у тому, що і S. Ramon у Cajal і тим більше С. von Economo мали можливість зрозуміти опис спостереження В. Беца саме у його прямому, позбавленому будь-яких різночитань сенсі.

Отже, у С. von Economo (2009, сс. 137, 139) історію дослідження гігантських веретен описано так: "*Rod and Corkscrew Cells. At the dome in area LA<sub>2</sub> and especially at the internal angle of the dome and the transition to area LA<sub>3</sub>, a portion of the cells of sublayer Vb are conspicuously elongated, many being corkscrew-like and stretched like spindles. These here are the peculiar rod and corkscrew cells we have already recognized in the fronto-insular area FJ (area EK 28, cf. "Frontal Lobe" chapter); area FJ and this region of layer V of the anterior cingulate gyrus are the only two regions in which these cells are found. They were already known as spindle cells in layer V of the cingulate gyrus to Hammarberg [1895], Flechsig [1897, 1920], Ramón y Cajal [1900–1906, 1921, 1923], Nikitin [1909], Marinesco [1910a, c] and other authors". І, попри наведений ряд авторів, у іншому місці колаборатор С. von Economo G. N. Koskinas (додаток у праці С. von Economo, 2009, с. 203) наполягає на пріоритетності їхнього описання веретеноподібних нейронів 5-го шару передньої поясної кори: "... the cells **that we observed and described for the first time, which we named from their shape "rod" and "corkscrew cells" (Stäbchen and Korkzieherzellen); we describe exactly the form, composition, size and position where they are found in utmost detail and with precision.**" (виділено нами — В. М.).*

Зараз, через 100 років після публікації праці С. von Economo, спостерігаючи значну кількість суголосних історіографічних свідчень на користь пріоритету В. Беца у відкритті гігантських веретен, доречно констатувати, що час — попри все — виправив попередні інтерпретаційні упущення і об'єктивізував наші уявлення стосовно цього фрагмента наукового поступу. І хоча останнім часом з'являються нові, інколи контроверсійні точки зору на феномен гігантських веретен (див. с. 96 цієї глави), роль В. Беца у їх відкритті залишається незаперечною.

І ще. Оглянувши найважливіші свідчення ключових фігур світової нейроморфології стосовно історії відкриття гігантських веретен, можемо стверджувати, що з п'яти перерахованих співавтором С. von Economo G. N. Koskinas (додаток у праці С. von Economo, 2009, сс. 201, 203) морфологічних варіантів так званих "спеціальних" нейронів головного мозку<sup>1</sup>, два — гігантські піраміди і гігантські веретена — були вперше описані В. Бецом.

## розташування і морфологія

Починаючи з праці В. Беца (1882)<sup>2</sup> двома традиційними ділянками розташування гігантських веретен вважають передню частину поясної кори (АСС) і так звану лобово-острівцеву кору<sup>3</sup> (С. Butti та співавт., 2013). Не зважаючи на те, що критерії ідентифікації розглядуваних клітин залишаються дискусійними (с. 95 цієї глави), ми асоціюватимемо дані, наведені у цій частині (с. 49–61), саме з гігантськими веретенами. Натомість у подальших частинах глави ми, навпаки, називатимемо описувані клітини евфемістично, певною мірою сумніваючись у вірності їх ідентифікації.

Перше сучасне ґрунтовне дослідження клітин, зараховуваних до категорії гігантських веретен, у АСС людини виконано Е. А. Nimchinsky та співавторами (1995). За їхніми даними, цей вид клітин трапляється виключно у шарі Vb, де вони зібрані у дрібні кластери по 2–3 клітини, частота котрих більша поблизу країв поясної звивини. У ростокаудальному відношенні дві третини<sup>4</sup> усіх гігантських веретен зосереджено у підполі ВА

<sup>1</sup> Слід думати, що йдеться саме про нейрони кори головного мозку. "In the same chapter we describe the neurons of the cortex, which differ a great deal from each other, in regard to both their external and internal structure, i.e. shape, size, nucleus, nucleolus, Nissl bodies, filaments, and finally contents. The cells are classified into the following five categories: (1) pyramidal cells; (2) spindle cells; (3) granule cells; (4) Cajal cells; and (5) special cells. ... Under the name special cells we combined most diverse cellular shapes, each of which is only found in certain areas of the cortex. In chapter 2 [Economo and Koskinas, 1925] we describe the following main cell types, according to shape, size and position: the giant cells of Betz, the giant stellate or solitary cells of Meynert, the acoustic cells of Cajal, the tufted cells (Quastenzellen) of Kölliker and Calleja, and lastly the cells that we observed and described for the first time, which we named from their shape "rod" and "corkscrew cells" (Stäbchen and Korkzieherzellen); we describe exactly the form, composition, size and position where they are found in utmost detail and with precision." Друга виділена нами частина свідчить про те, що автор(и) мисли(я)ть останню форму як описану вперше саме ними.

<sup>2</sup> О подробностях строения мозговой корки человека. Предварительное сообщение. Медицинское обозрение, М., 1882, Т. XVIII, сентябрь, отд. III, стр. 413–423. Заявлена автором дата закінчення праці — 15 листопада 1880 р. Тут і надалі матеріал цієї праці цитуємо за збірником: Бец В. А. Анатомические и гистологические исследования (Избранные труды). Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с. Виходячи з аналізу цитувань інших авторів, наведених у Т. 2 і Т. 3 цієї монографії, вважаємо, що використовуваний нами російськомовний варіант праці В. Беца щонайменше у ключових питаннях відповідає відомому у всьому світі німецькомовному варіанту 1881-го року: Betz, W. (1881) Ueber [Uber] die feinere Struktur der Gehirnrinde [Grosshirnrinde] des Menschen. Zentralbl. für die medizinischer Wissenschaften, Berlin, 1881, Nr. 11, 12, Marz, S. 193-195; Nr. 12, 19, Marz, S. 209-213; Nr. 13, 26, Marz, S. 231-233. Бец В. А. (1882).

<sup>3</sup> "Fronto-insular cortex", "frontal insular cortex", "frontal insula" — див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Insular\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Insular_cortex) (12.10.2020 p.). Фактично, йдеться про передні відділи кори острівця.

<sup>4</sup> 68.0 ± 1.8 %; щільність розташування на поперечному зрізі — 19.6 ± 9.9 мм<sup>2</sup>.

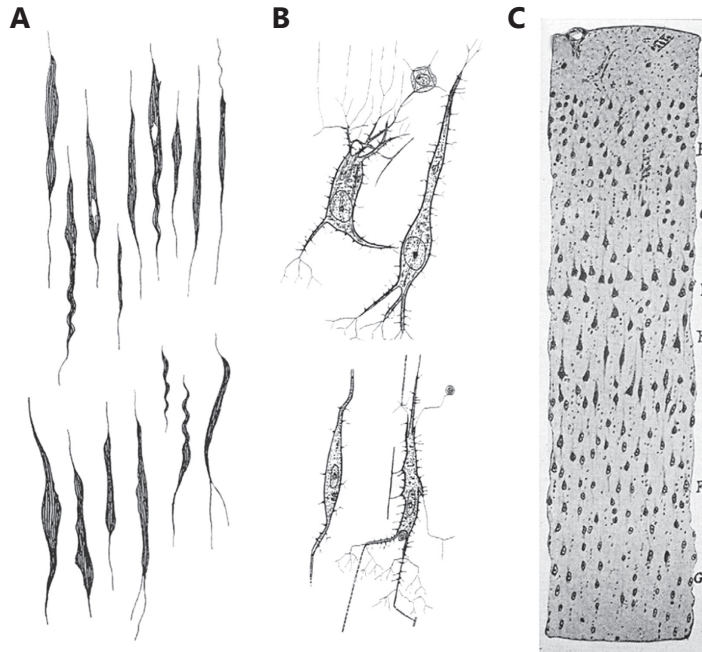


Рис. 7. Гігантські веретена у працях: С. von Economo та G. N. Koskinas (1925) — А; G. Behrmann<sup>1</sup> — В; S. Ramon y Cajal<sup>2</sup> — С. Зібрано С. Butti та співавторами (2013)

<sup>1</sup>Behrmann G. *Cytoarchitectonic studies of the cerebral cortex of the harbour porpoise, Phocoena phocoena (Linné, 1758). Investigations on Cetacea*, 24: 261–285, 1993.

<sup>2</sup>Ramón y Cajal S. *Studies on the human cerebral cortex IV: Structure of the olfactory cerebral cortex of man and mammals. Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Madrid*, 1:1–140, 1901–1902.



Рис. 8. Основні постаті, за версією С. Butti та співавторів (2013), які долучились до відкриття гігантських веретен (мовою оригіналу): **А** — Constantin von Economo (1876–1931); **В** — Georg N. Koskinas (1885–1975); **С** — Santiago Ramón y Cajal (1852–1934); **Д** — Wladimir A. Betz (1834–1894). Виходить, що В. Бец щонайменше на покоління старший за всіх із перелічених постатей

## Веретеноподібні нейрони на препаратах В. Беца

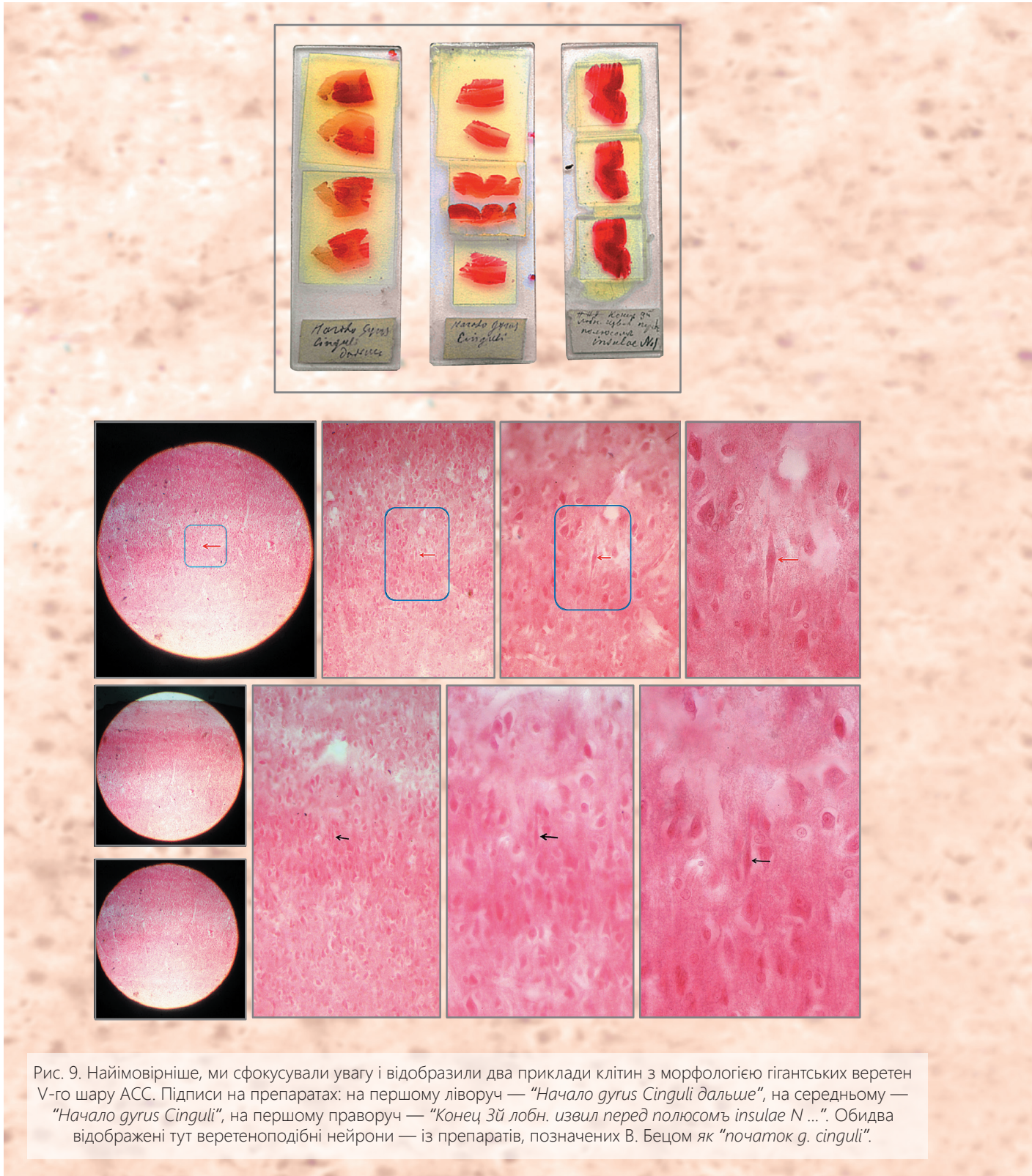
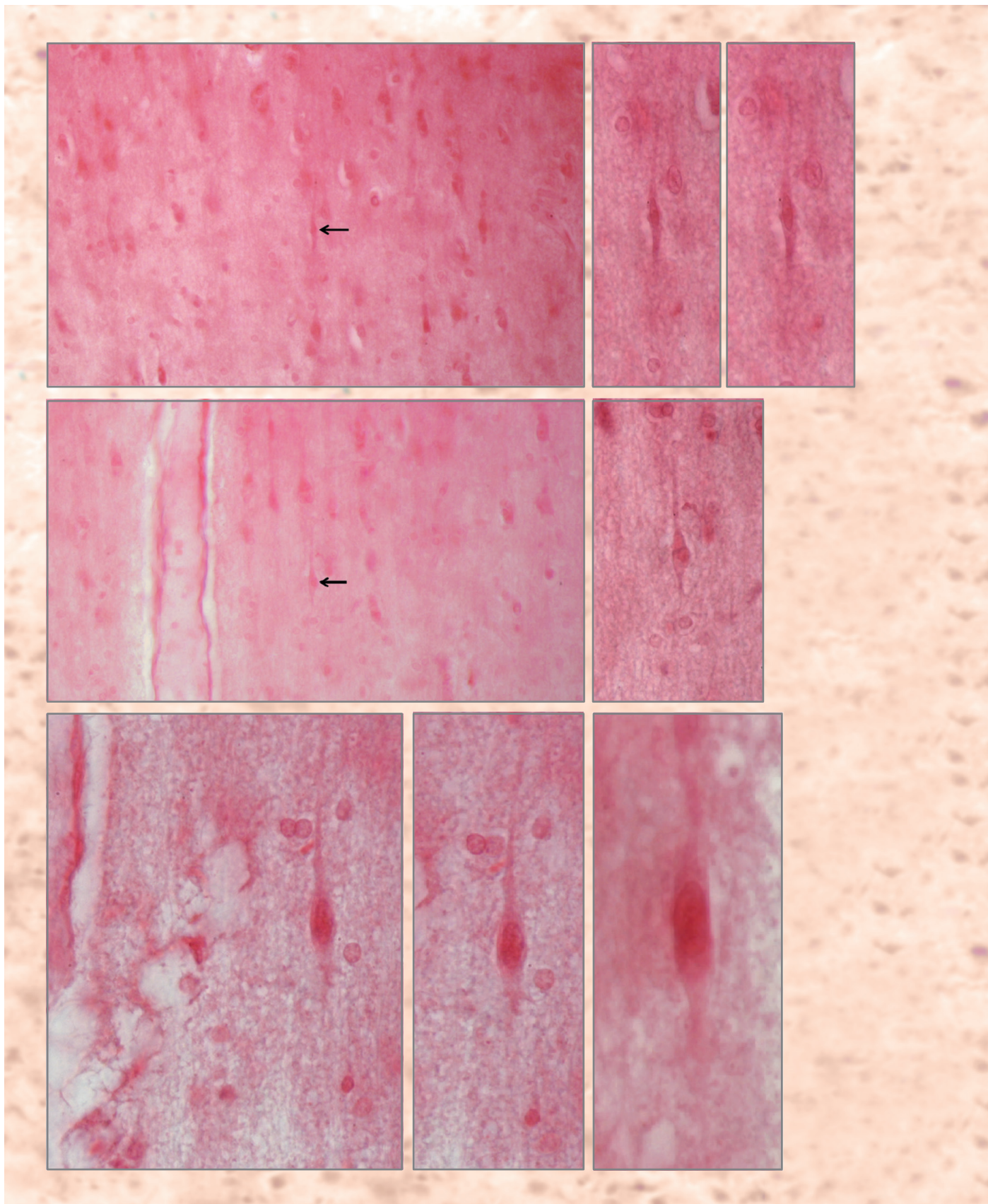


Рис. 9. Найімовірніше, ми сфокусували увагу і відобразили два приклади клітин з морфологією гігантських веретен V-го шару АСС. Підписи на препаратах: на першому ліворуч — "Начало gyrus Cinguli дальше", на середньому — "Начало gyrus Cinguli", на першому праворуч — "Конец 3й лобн. извиля перед полюсомъ insulae N...". Обидва відображені тут веретеноподібні нейрони — із препаратів, позначених В. Бецом як "початок g. cinguli".



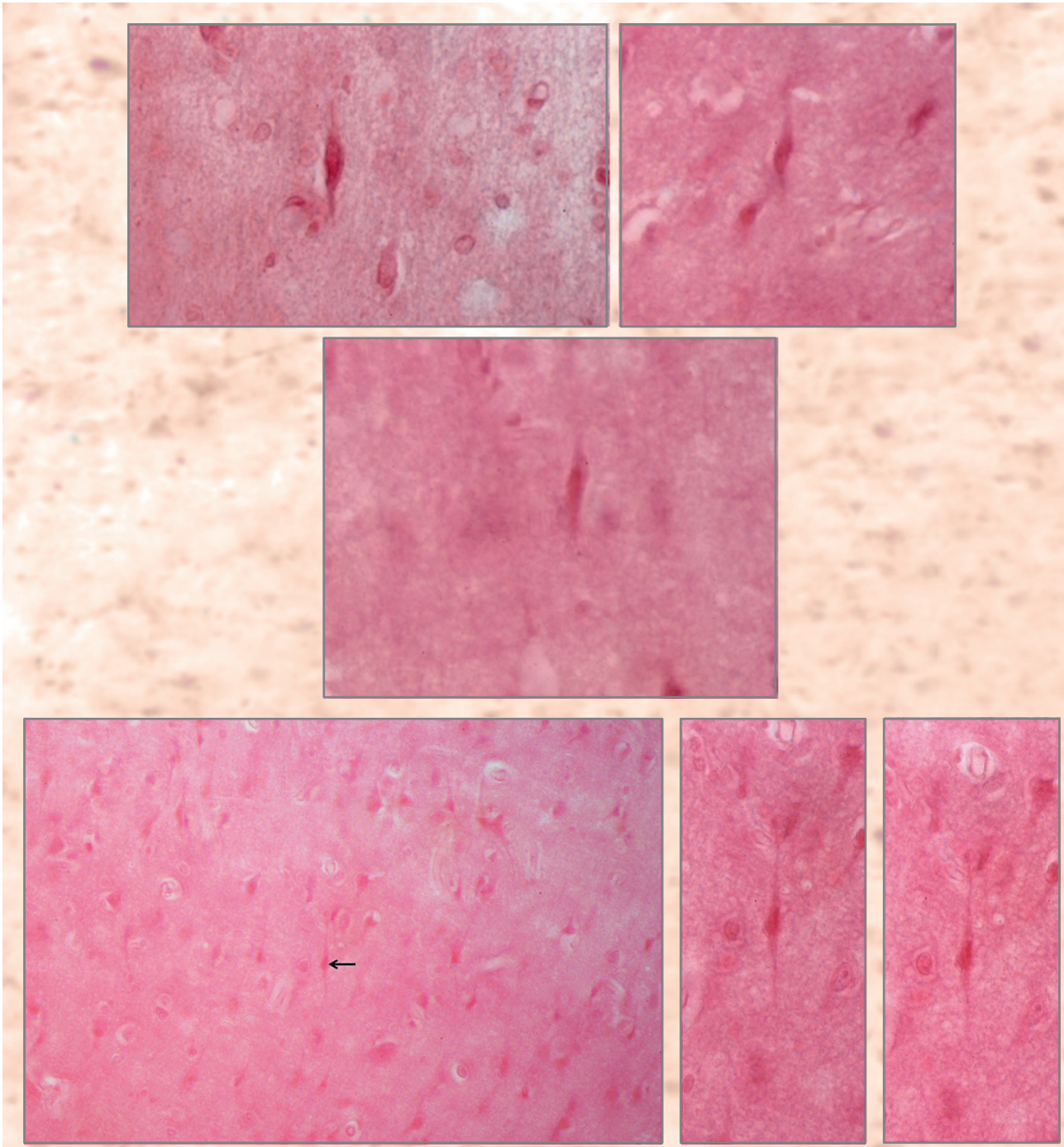
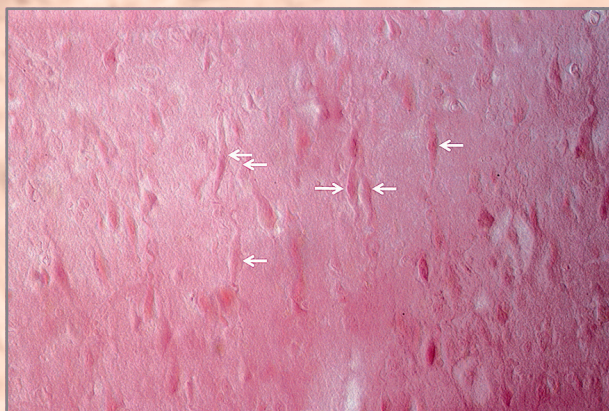
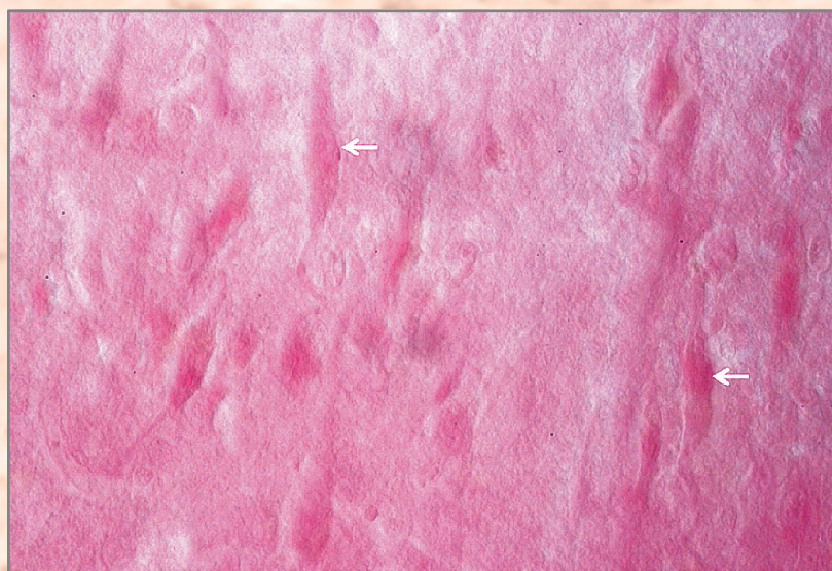
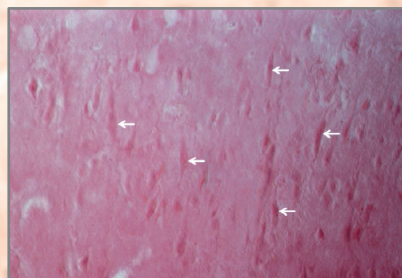
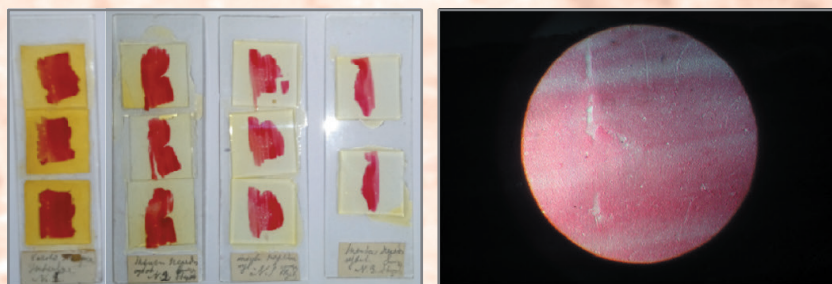


Рис. 10. Веретеноподібні нейрони, котрі ми спостерігали у ділянках, скоріш за все, VI-го шару кори передньої частини поясної звивини. Нам важко було стратифікувати глибокі ділянки кори на цих частинах гістологічних зрізів, насамперед через різкі зміни геометрії кіркового шару і близький до тангенційного хід нервових волокон, котрі саме тут підходили, ніби через ворота, до випуклої частини кори. Іншими словами, йдеться про ділянку основи звивини зсередини, тобто про білу речовину в основі звивини. Часто веретеноподібні нейрони у цих спостереженнях розташовувалися вздовж судин. Для тих, хто здійснюватиме ретельніші дослідження колекції препаратів В. Беца у майбутньому, зазначаємо, що матеріал, прицільно висвітлений на цьому рисунку, отриманий, найімовірніше, з тих самих препаратів, котрі наведено на попередньому рисунку.



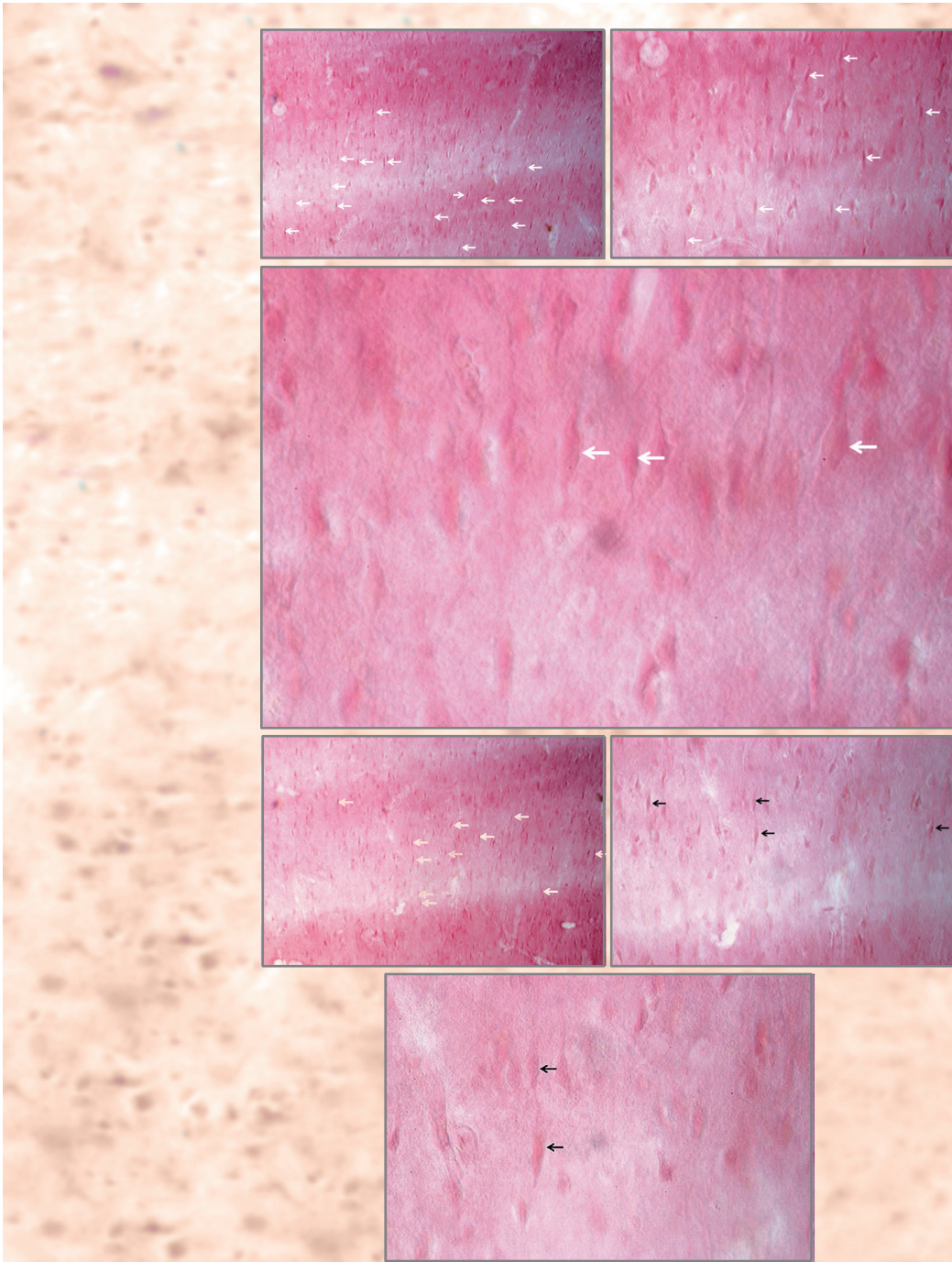


Рис. 11. Найімовірніше, нам вдалося продемонструвати саме V-й шар передньої частини кори острівця. Якість препаратів, на жаль, зменшена зернистістю, ймовірно, речовини бальзаму. Стрілками вказано нейрони, котрі, на наш погляд, слід відносити до гігантських веретен. Власноручні підписи В. Беца на препаратах: на першому ліворуч — "Начало .... Insulae N. ...", на решті трьох — "insula передняя извил снизу вверх N 1 (2, 3)". Реконструкція підписів — наша (В. М.). Зверніть увагу на виверткову (російською — штопорообразную, англ. — corkscrew-like) форму багатьох веретеніподібних нейронів (німецькою — Korkzieherzellen), описану С. von Economo (оглянуто С. Butti та співавт., 2013) і характерну для незрілого мозку (*Ibid.*) і для певних видів психічної патології (*Ibid.*, Fig. 7, а також W. W. Seeley та співавт., 2006)



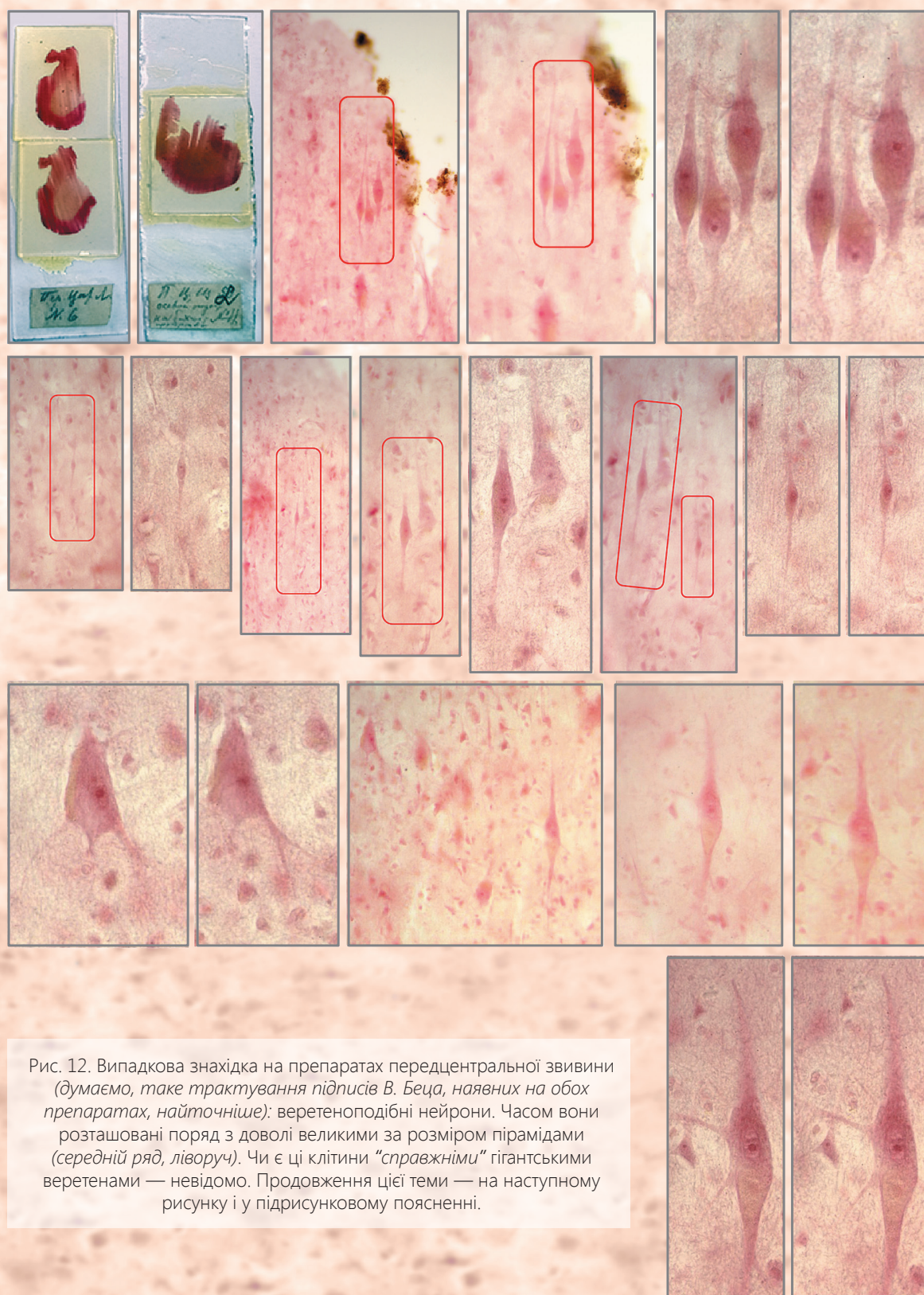


Рис. 12. Випадкова знахідка на препаратах передцентральної звивини (думаємо, таке трактування підписів В. Беца, наявних на обох препаратах, найточніше): веретеноподібні нейрони. Часом вони розташовані поряд з доволі великими за розміром пірамідами (середній ряд, ліворуч). Чи є ці клітини "справжніми" гігантськими веретенами — невідомо. Продовження цієї теми — на наступному рисунку і у підписковому поясненні.

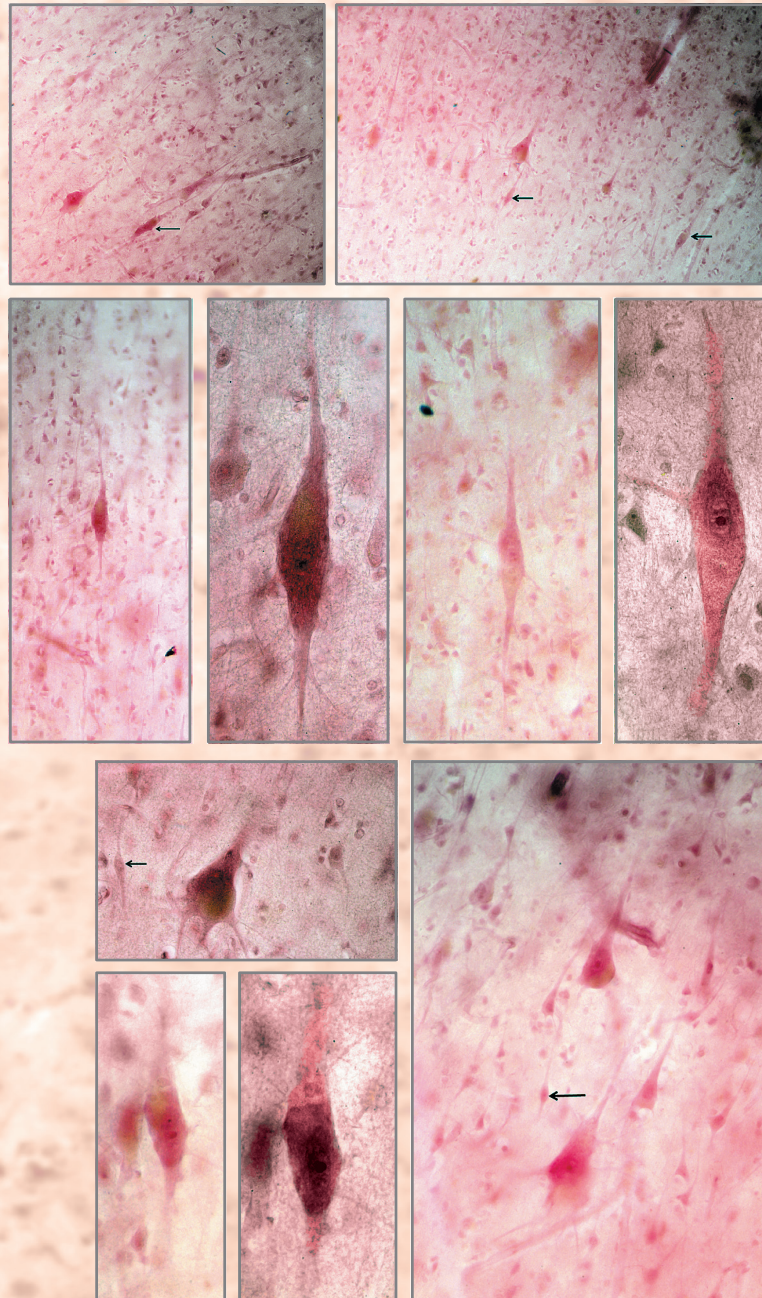


Рис. 13. Нейрони V-го шару кори прецентральної звивини з веретеноподібною морфологією посеред гігантських пірамід Беца, а також деякі гігантські нейрони того ж шару з розмірами гігантських пірамід, однак веретеноподібною формою. Прецентрально звивина. Препарати, на яких виявлено ці явища, представлено на рисунку вище. Можливо, наявність таких веретеноподібних нейронів у прецентральної звивини може бути пояснена суміжністю розташування кори на дослідженому нами зрізі до однієї з ділянок преферентної локалізації гігантських веретен. Але, скоріш за все, йдеться про високу ймовірність помилкової ідентифікації: гігантські веретена легко сплутати з певними біполярно модифікованими пірамідними нейронами<sup>1</sup>, про що свідчать результати досліджень І. Вановас та співавторів (2019). До цієї теми ми ще повернемося

<sup>1</sup>“Bipolar modified pyramidal neurons” — І. Вановас та співавторів (2019).

24 b, п'ята частина<sup>1</sup> — у підполі BA 24 c, найменше<sup>2</sup> — у полі BA 24 a. Загалом, автори спостерігали негативний передньо-задній градієнт кількості гігантських веретен у АСС<sup>3</sup>; у місці переходу між АСС і РСС<sup>4</sup> клітини фактично зникають. Незважаючи на морфологічну варіативність, автори не виявили “звивисті”, або, як їх називав С. von Economo, “штопороподібні”<sup>5</sup> форми гігантських веретен<sup>6</sup>, лише дуже виструнчені<sup>7</sup>, а також коротші, дебіліші і зазвичай скривлені. Апікальний і базальний дендрити<sup>8</sup> за товщиною не відрізнялися від соми видовжених нейронів. Імуноідентифікація експресії основних білків нейрофіламентів<sup>9</sup> у більшості випадків виявляла додаткові, дуже тонкі дендрити, котрі відгалужувалися від соми поблизу апікального; у деяких випадках базальний дендрит роздвоювався одразу ж після відходження, інколи спостерігали неоднорідність імунореактивності клітини в цілому чи соми. У більшості спостережень конічний апікальний дендрит проходив через III-й шар кори, базальний — поширювався на 25–50 мкм перед галуженням на невидимі при імуногістохімічному забарвленні дрібні стовбури у шарі VI. Причому середня відносна оптична щільність соми, виміряна при імунореактивному забарвленні, у веретеноподібних нейронів суттєво вища, ніж у сусідніх пірамідних; веретеноподібні нейрони складають 16.4% від загальної кількості імунореактивних нейронів шару V у передніх ділянках АСС і до 3.9% — у задніх, тоді як частка імунореактивних гігантських веретен, додатково забарвлених за Нісслем, стала вздовж передньо-задньої осі<sup>10</sup>. Введення ліпофільного барвника DiI у пучок мієлінізованих волокон поясної звивини<sup>11</sup> супроводжувалося забарвленням деяких веретеноподібних нейронів, як і численних пірамід. Цим же методом візуалізації з'ясувалося, що проксимальні частини апікальних і базальних дендритів, на відміну від дистальніших, не містять шипики. Нарешті, автори виявили, що гігантські веретена не експресують кальційзв'язувальні білки парвальбумін, кальбіндин чи кальретинін. Останній факт дав додаткові підстави для констатації істотної відмінності гігантських веретен і гігантських пірамід<sup>12</sup>.

Згідно з J. Allman та співавторами (2002), середній об'єм гігантського веретена АСС людини складає близько  $21 \times 10^3$  мкм<sup>3</sup>, пірамідного нейрона того ж шару — у 4.6 разів менше, тобто ледь більше  $4.5 \times 10^3$  мкм<sup>3</sup>. Середній об'єм гігантського веретена передньої острівцевої кори людини —  $\sim 15.5 \times 10^3$  мкм<sup>3</sup>, макака — утричі менший, 4000–5500 мкм<sup>3</sup>, на 50% переважає аналогічний показник для пірамідних нейронів того ж шару і на 70% — показник для веретеноподібних нейронів VI-го шару (H. C. Evrard та співавт., 2012).

На думку J. Allman та співавторів (2005), розмір соми гігантських веретен свідчить про значний калібр їхніх аксонів, що обумовлює швидке проведення збудження у віддалені ділянки мозку. У цьому плані цікаво, що гігантські веретена експресують два типові для проєкційних нейронів кори фактори транскрипції — FEZF2<sup>13</sup> і STIP2<sup>14</sup> (I. Cobos, W. W. Seeley, 2015). На жаль, спектр зв'язків гігантських веретен на даний час з очевидних причин не встановлено, однак, виходячи з особливостей конектому АСС і лобово-острівцевої кори, можна припускати їх проєктування у сусідню острівцеву, у префронтальну, орбітофронтальну і у передню скроневу кору, у мигдалеподібний комплекс, гіпоталамус, таламічні ядра і ЦСР.

Модифікований метод забарвлення за Гольджі дозволив К. К. Watson та співавторам (2006) виявити деякі особливості будови дендритної системи гігантських веретен V-го шару АСС та лобово-острівцевої кори людини<sup>15</sup>. Наприклад, виявилось, що апікальний і базальний дендрит практично симетричні, схожі за розмі-

<sup>1</sup>  $19.0 \pm 5.8\%$ ; щільність розташування на поперечному зрізі —  $5.9 \pm 3.1$  мм<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>  $13.0 \pm 4.4\%$ ; щільність розташування на поперечному зрізі —  $1.4 \pm 0.7$  мм<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Збільшення у передньому напрямку.

<sup>4</sup> Згідно з термінологією, використаною авторами, тобто між полями BA 24 і BA 23.

<sup>5</sup> Англ. — *corkscrew cells*, нім. — *Korkzieherzellen*.

<sup>6</sup> “In addition, lipofuscin deposits were common and were occasionally so large that they distorted the shape of an otherwise very slender neuron. “Corkscrew” cells, as described by Von Economo (Von Economo, 1926), were not encountered in the control brains.”

<sup>7</sup> “Slender”.

<sup>8</sup> Як правило. поодинокий, інколи роздвоєний; подекуди зустрічали третій дендрит, що окремо відходив від соми.

<sup>9</sup> Антитіла SMI32 до нефосфорильованого епітопу трьох основних нейрофіламентних протеїнів; <https://en.wikipedia.org/wiki/Neurofilament>: “Historically, mammalian neurofilaments were originally thought to be composed of just three proteins called neurofilament protein L (low molecular weight; NfL), M (medium molecular weight; NfM) and H (high molecular weight; NfH). These proteins were discovered from studies of axonal transport and are often referred to as the “neurofilament triplet [3].” (27.12.2019 p.).

<sup>10</sup> Коливалася у межах 28–80% без чіткого тренду вздовж передньо-задньої осі.

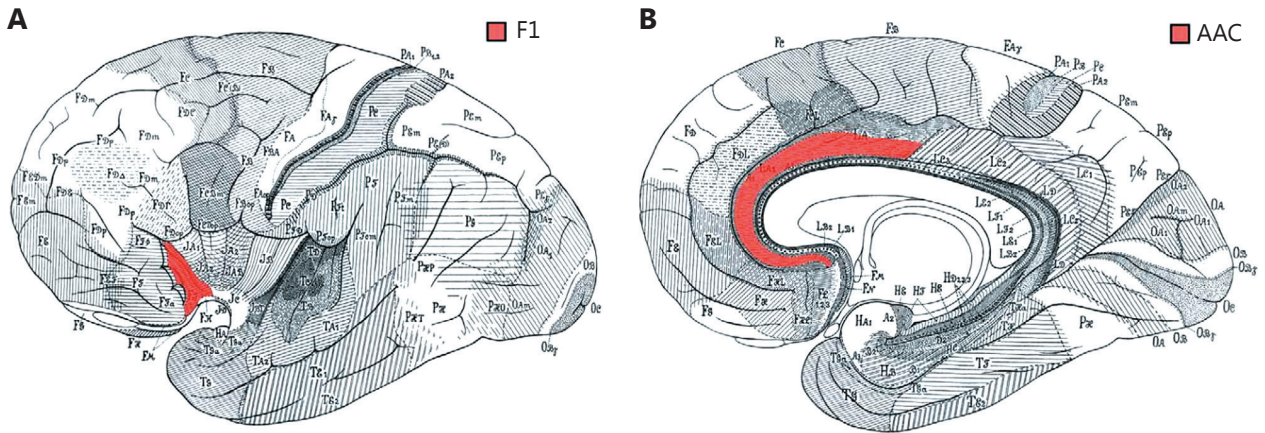
<sup>11</sup> “Cingulum bundle”.

<sup>12</sup> Таке порівняння, за словами авторів, здійснено з огляду на те, що АСС, передня частина кори острівця і первинна рухова кора є прикладами агранулярної кори.

<sup>13</sup> *Forebrain embryonic zinc finger-like protein 2*.

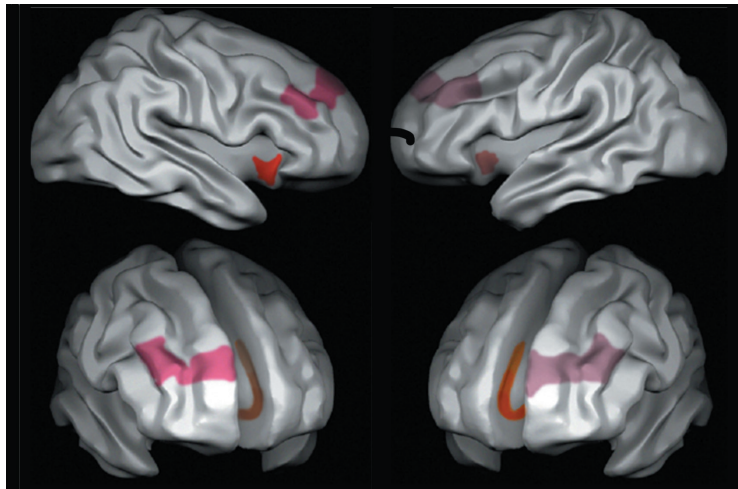
<sup>14</sup> *COUP-TF-interacting protein 2*, син.: *B-cell lymphoma/leukaemia 11B* — *BCL11B*.

<sup>15</sup> Матеріал отримано у 23-річного\*\*\* чоловіка після смерті через раптову серцеву недостатність.

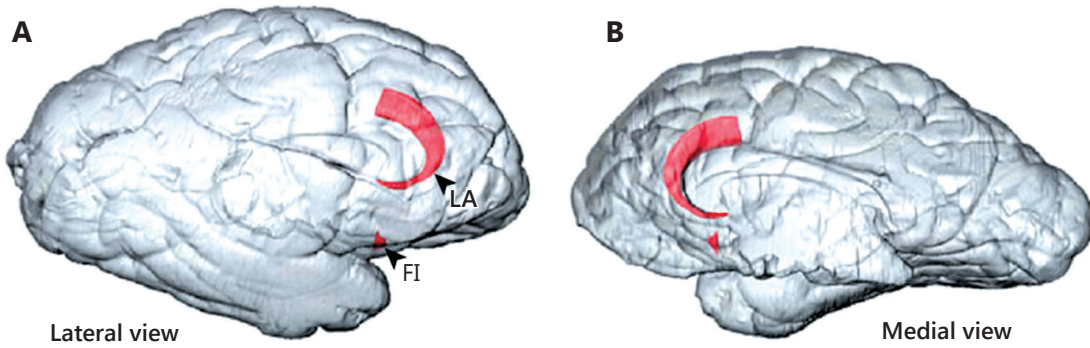


Людина. J. M. Allman та співавтори (2005).

Умовні позначення: FI — fronto-insular cortex, ACC — anterior cingulate cortex



Людина. F. Cauda та співавтори (2014)



Шимпанзе. J. M. Allman та співавтори (2010). С — МРТ-грами.

Умовні позначення: FI — fronto-insular cortex, LA — limbic anterior, a component of anterior cingulate cortex.

Рис. 14. Ділянки преферентного розташування гігантських веретен. Версії різних авторів

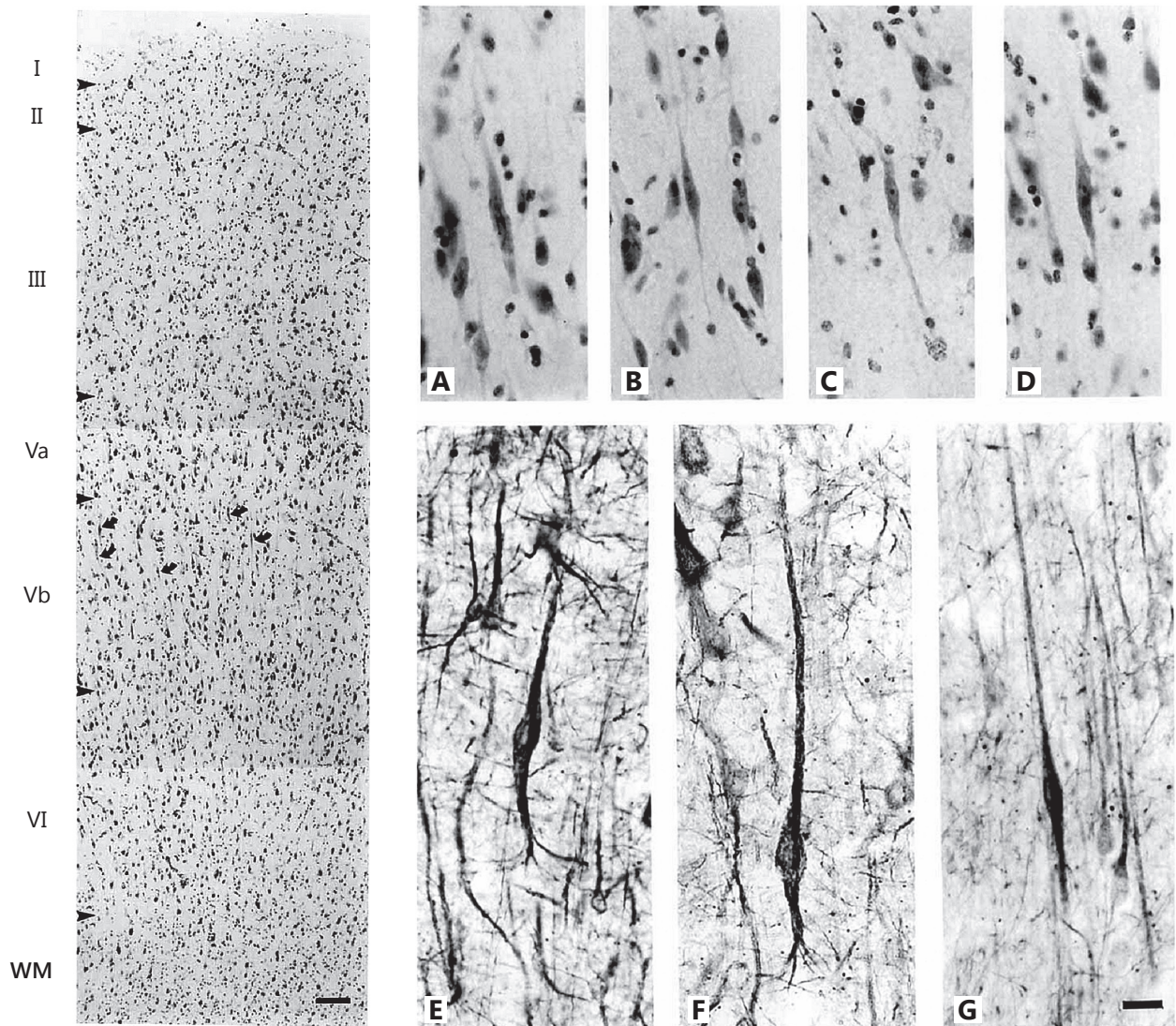


Рис. 15. Локалізація і морфологія гігантських веретен у Vb шарі поля 24 b ACC старшої людини. Оглядова мікрофотограма — забарвлення за Нісслем, гігантські веретена позначено скривленими опасистими стрілками; масштабна смужка — 100 мкм. Прицільні спостереження: верхній ряд (A–D) — забарвлення за Нісслем, нижній ряд (E–G) — імуногістохімічна візуалізація<sup>1</sup>; масштабна смужка — 25 мкм. Е. А. Nimchinsky та співавтори (1995)

<sup>1</sup> Антитіла SMI32 до нефосфорильованого епітопу трьох основних нейрофіламентних протеїнів; <https://en.wikipedia.org/wiki/Neurofilament>: "Historically, mammalian neurofilaments were originally thought to be composed of just three proteins called neurofilament protein L (low molecular weight; NfL), M (medium molecular weight; NfM) and H (high molecular weight; NfH). These proteins were discovered from studies of axonal transport and are often referred to as the "neurofilament triplet" [3]." (27.12.2019 р.).

ром, типом галуження<sup>1</sup>, кількістю розгалужень і загальною довжиною дендритних стовбурів. За цими ж показниками гігантські веретена ACC і лобово-острівцевої кори ідентичні. Середня загальна довжина дендритних стовбурів одного гігантського веретена складає  $815.8 \pm 66.75$  мкм, тоді як у пірамідного нейрона того самого шару —  $2044.3 \pm 157.1$  мкм. Максимальна кількість шипиків у апікального і базального дендрита виявлена на відстані 160–180 мкм від соми, їх загальна кількість у перерахунку на один базальний чи апікальний дендрит, якщо вірити даним авторів, — 30–40 одиниць, тобто у 2–4 рази менша, ніж для такої категорії дендритів пірамідного нейрона<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Арборизації.

<sup>2</sup> Слід думати, тієї ж ділянки кори.

Схожий метод візуалізації (*I. Vanovas та співавт., 2019*) дозволяє стверджувати, що ядерна частина типового гігантського веретена V-го шару АСС людини — власне сома — завдовжки 150–200 мкм, товщиною 10–21 мкм, плавно продовжується у базальний і апікальний вирости — початкові ділянки відповідних частин дендритної системи. Від соми відгалужуються численні тонкі, зі значною кількістю шипиків, горизонтальні дендрити; базальний виріст закінчується пензликоподібною<sup>1</sup> галузистістю — місцем появи численних дендритних стовбурів меншого калібру; апікальний виріст за топологічними властивостями нагадує характерний для пірамідних нейронів. Найвагомішою морфологічною рисою гігантських веретен, на думку авторів, є відходження аксона від найдистальнішої частини базального виросту, у зоні пензликоподібною галузистості. Середня площа соми гігантських веретен у цьому дослідженні складала ~500–700 мкм<sup>2</sup>. За показником загальної довжини дендритних стовбурів<sup>2</sup> автори розділили гігантські веретена на малі і великі<sup>3</sup>. Порівняльний аналіз морфології овальних і веретеноподібних форм пірамідних нейронів при забарвленні за Нісслем та Гольджі й Гольджі — Коксом<sup>4</sup> оголила труднощі ідентифікації малих гігантських веретен, до котрих можна помилково віднести геометрично схожі пірамідні нейрони. За словами авторів, аналіз цитоархітектонічного матеріалу поля ВА<sup>5</sup> кори 32-х дорослих осіб виявив лише 1 (!) клітину з морфологією, близькою до гігантського веретена, однак дещо відмінною від типової для АСС (*I. Vanovas та співавт., 2019*).

### міжвидовий вимір

Незважаючи на припущення Е. А. Nimchinsky та співавторів (1999) і подальші численні суголосні інтерпретації філогенетично виокремлюваної ролі гігантських веретен, на даний час схожі нейрони ідентифіковані не лише у АСС та лобово-острівцевій корі, і не лише у ссавців з великими розмірами мозку.

Е. А. Nimchinsky та співавтори (1999) обмежували видовий перелік носіїв гігантських веретен людиною й іншими представниками родини гомінід, або людиноподібних<sup>6</sup>. Цим самим до наукового обігу долучали думку щодо ролі цих клітин як специфічного морфологічного кореляту зазначеного таксона і їхньої участі у найвищих проявах психічного процесу. Згідно з даними, наведеними у цій праці, у калімантанського орангутанга (*Pongo pygmaeus*) у V-му шарі кори АСС виявляють поодинокі<sup>7</sup> нейрони з морфологією гігантських веретен, у західної рівнинної горили (*Gorilla gorilla gorilla*) — часті<sup>8</sup>, у шимпанзе звичайного (*Pan troglodytes*) — рясні<sup>9</sup>, у шимпанзе карликового (*Pan paniscus*, бонобо) та у людини<sup>10</sup> — рясні<sup>11</sup> й згруповані у кластери. Частка таких нейронів у V-му шарі кори АСС орангутанга — 0.6%, у горили — 2.3%, у шимпанзе — 3.8%, у бонобо — 4.8%, у людини — 5.6% (*ibid.*). А об'єм клітинної соми цих нейронів продемонстрував, напевне, найістотніші міжвидові відмінності, позитивно корелюючи зі збільшенням об'єму мозку: у *P. pygmaeus* він склав  $6,648 \pm 2,667$  мкм<sup>3</sup><sup>12</sup>, у *G. g. gorilla* —  $5,684 \pm 3,740$  мкм<sup>3</sup><sup>13</sup>, у *P. troglodytes* —  $8,796 \pm 5,069$  мкм<sup>3</sup><sup>14</sup>, у *P. paniscus* —  $7,743 \pm 4,476$  мкм<sup>3</sup><sup>15</sup>, у *H. sapiens* —  $20,822 \pm 8,731$  мкм<sup>3</sup><sup>16</sup> (*ibid.*).

Згодом, Р. R. Hof і Е. van der Gucht (2007) описали нейрони з морфологією гігантських веретен у мозку китоподібних, зокрема у вусатих китів — горбачів<sup>17</sup> (*Megaptera novaeangliae*) і у смугача фінвала<sup>18</sup> (*Balaenoptera physalus*), а також у зубастих китів з найбільшими показниками абсолютного об'єму головного мозку — у ка-

<sup>1</sup> "Brushlike".

<sup>2</sup> Певною мірою корелює з площею соми: *Pearson correlation test*,  $r = 0.44$ .

<sup>3</sup> Пікова загальна довжина дендритних стовбурів, відповідно,  $\approx 1.5$ – $2.5$  мм і  $\approx 5$ – $6$  мм.

<sup>4</sup> Golgi — Cox.

<sup>5</sup> Відноситься до DLPFC і MPFC; [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Поле\\_Бродмана\\_9](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Поле_Бродмана_9). Стосовно ідентифікації у цій цитоархітектонічній частині кори людини гігантських веретен — див. далі.

<sup>6</sup> Великі мавпи (*great apes*; <https://en.wikipedia.org/wiki/Hominidae>), або гомініди (<https://uk.wikipedia.org/Гомініду>).

<sup>7</sup> "Rare".

<sup>8</sup> "Frequent".

<sup>9</sup> "Abundant".

<sup>10</sup> В оригіналі — *Homo sapiens*.

<sup>11</sup> "Abundant".

<sup>12</sup> Для пірамід V-го шару —  $1,951 \pm 913$  мкм<sup>3</sup>, для дрібних веретен VI-го шару —  $1,425 \pm 445$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>13</sup> Для пірамід V-го шару —  $3,298 \pm 1,295$  мкм<sup>3</sup>, для дрібних веретен VI-го шару —  $1,402 \pm 648$  мкм<sup>3</sup>.

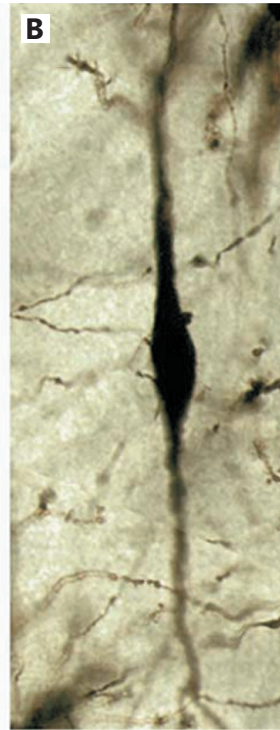
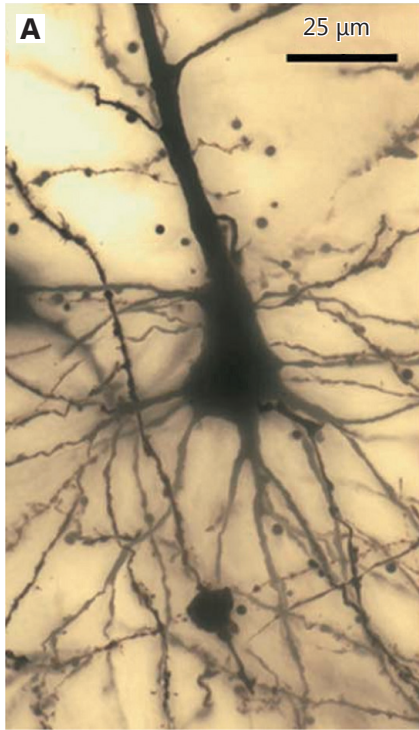
<sup>14</sup> Для пірамід V-го шару —  $2,786 \pm 1,198$  мкм<sup>3</sup>, для дрібних веретен VI-го шару —  $1,061 \pm 462$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>15</sup> Для пірамід V-го шару —  $3,891 \pm 1,859$  мкм<sup>3</sup>, для дрібних веретен VI-го шару —  $1,306 \pm 476$  мкм<sup>3</sup>.

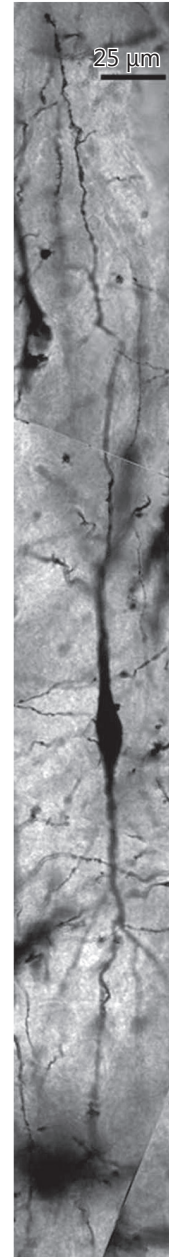
<sup>16</sup> Для пірамід V-го шару —  $4,553 \pm 2,295$  мкм<sup>3</sup>, для дрібних веретен VI-го шару —  $1,677 \pm 777$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>17</sup> Горбатий кит; екземпляр чоловічого роду.

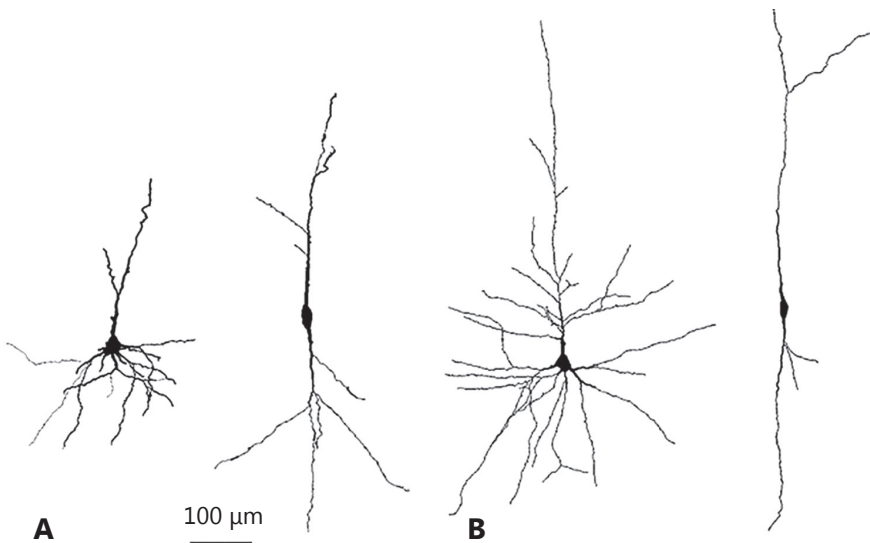
<sup>18</sup> Екземпляр чоловічого роду.



**A** — типовий пірамідний нейрон і **B** — типове гігантське веретено, забарвлені за Гольджі, за однакового масштабування



Дендритна система наведеного вище гігантського веретена. Реконструйоване зображення



Реконструйована за допомогою камери-люциди морфологія типового пірамідного нейрона (ліворуч) і гігантського веретена (праворуч) передньої частини острівця (**A**) і ACC (**B**).

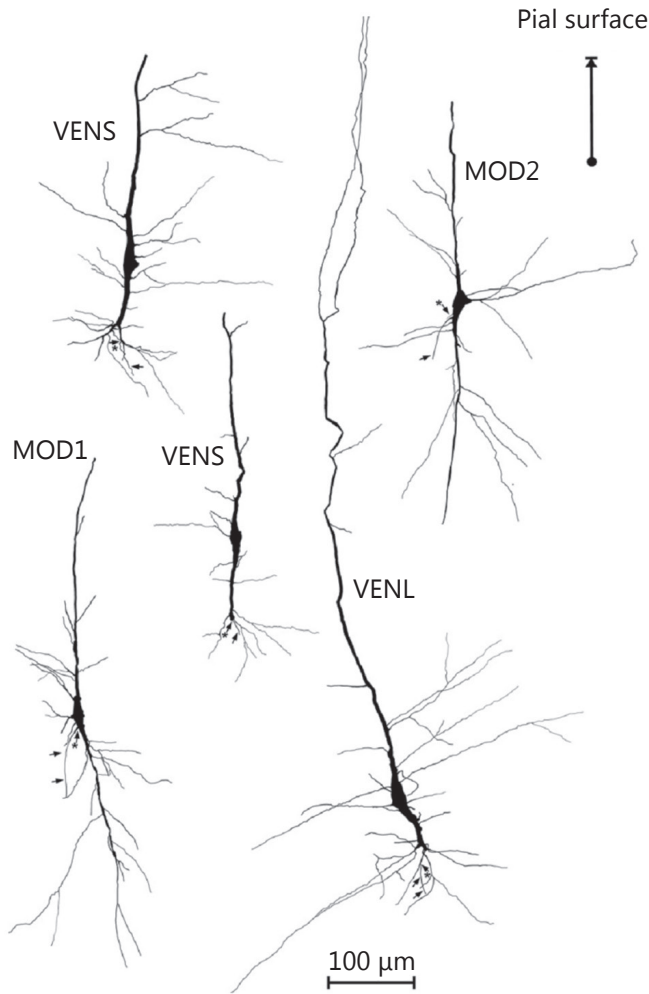


Рис. 17. Спокуси ідентифікації. Реконструйована морфологія двох малих веретеноподібних нейронів (*von Economo neurons* — VENS), одного великого веретеноподібного нейрона (*large VEN* — VENL) і двох біполярно модифікованих пірамідних нейронів ("*bipolar modified pyramidal neurons*" — MOD1 і MOD2) VI-го шару, здійснена на основі візуалізації методом Гольджі. І. Вановас та співавтори (2019)

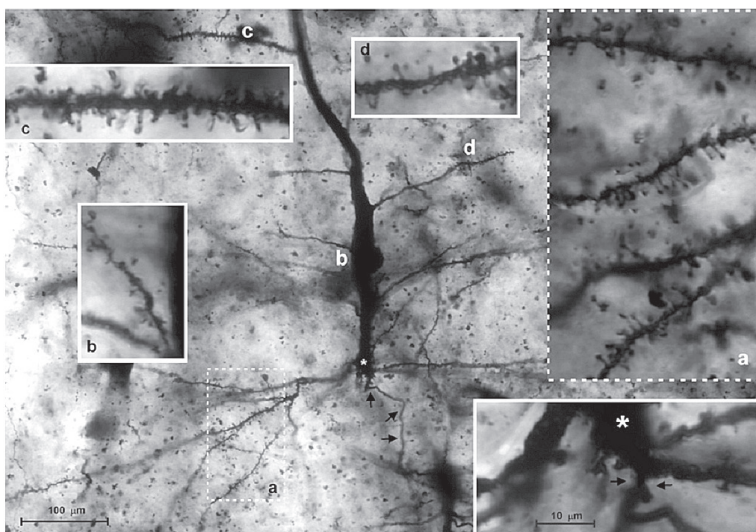


Рис. 18. Дендритні шипики гігантського веретена людини. На зображенні, розташованому у нижньому правому куті, двома чорними співнаправленими стрілками вказано місце початку аксона. Локацію місця витримки цього збільшеного зображення із загального показано зіркою. І. Вановас та співавтори (2019)



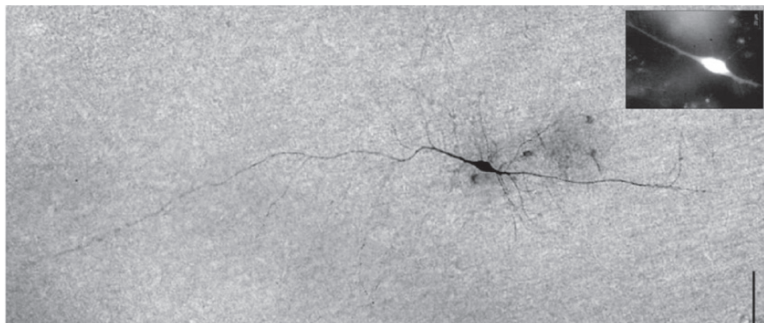


Рис. 19. Нейрон, схожий на гігантське веретено, у корі острівця дорослої людини, заповнений біоцитином<sup>1</sup>. Масштабна смужка — 100 мкм. У нижньому правому куті — ймовірно, цей же нейрон під час процедури "patch clamp" запису електричної активності<sup>2</sup>. R. D. Hodge та співавтори (2020)

<sup>1</sup>"Biocytin-filled putative VEN in L5 of an ex vivo insula brain slice."

<sup>2</sup>"Inset: image of Alexa dye fill following patch clamp recording in live tissue."

шалота (*Physeter macrocephalus*) та у косатки (*Orcinus orca*), але не у дельфінів — афаліни (*Tursiops truncatus*), тихоокеанського білобокого дельфіна (*Lagenorhynchus obliquidens*) чи у білого дельфіна (*Sotalia fluviatilis*, *mykuui*). У горбача і фінвала такі нейрони V-го шару виявляли переважно у передніх відділах поясної кори — підколінній, преколінній і АСС, а також у корі острівця, однак з поширенням більшим, ніж у гомінід та у людини. Крім того, у цих двох видів аналогічні клітини ідентифіковано і в корі полюса лобової частки. Автори зазначають, що наявність і, мабуть, частка розглядуваних нейронів з морфологією гігантських веретен корелює з максимальними цифрами абсолютного розміру мозку, але не коефіцієнта енцефалізації<sup>1</sup>.

С. Butti та співавтори (2009) розширили перелік видів, мозок котрих містить нейрони V-го шару з морфологією гігантських веретен, а також обчислили середній об'єм соми цих клітин<sup>2</sup>: у афаліни звичайної (*Tursiops truncatus*) цей показник склав  $4449 \pm 524$  мкм<sup>3</sup><sup>3</sup>, у дельфіна сірого (*Grampus griseus*) —  $3186 \pm 479$  мкм<sup>3</sup><sup>4</sup>, у білуги (*Delphinapterus leucas*) —  $3406 \pm 468$  мкм<sup>3</sup><sup>5</sup>, у горбача (*Megaptera novaeangliae*) —  $6189 \pm 948$  мкм<sup>3</sup><sup>6</sup>.

Загалом, станом на даний час нейрони з цитоархітектонічними ознаками гігантських веретен описано у гомінід і людини<sup>7</sup>, у макака<sup>8</sup>, у вусатих китів — горбача<sup>9</sup>, смугача фінвала<sup>10</sup>, у гренландського кита<sup>11</sup> і смугача малого<sup>12</sup>, у зубастих китів — кашалота<sup>13</sup> і косатки<sup>14</sup>, у білуги<sup>15</sup>, дельфіна сірого<sup>16</sup>, афаліни звичайної<sup>17</sup>,

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Encephalization\\_quotient](https://en.wikipedia.org/wiki/Encephalization_quotient). "Spindle cells are prevalent in species with the largest brains in primates and in cetaceans, but not in the cetaceans with the highest encephalization levels, as they were never seen in smaller-bodied, yet relatively larger-brained delphinids such as the bottlenose dolphin, the Pacific white-sided dolphin, or the tucuxi."

<sup>2</sup> Слід думати, що автори досліджували саме АСС.

<sup>3</sup> Для пірамід того ж шару —  $3323 \pm 310$  мкм<sup>3</sup>, для малих веретен VI-го шару —  $1436 \pm 175$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>4</sup> Для пірамід того ж шару —  $2923 \pm 298$  мкм<sup>3</sup>, для малих веретен VI-го шару —  $1460 \pm 158$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>5</sup> Для пірамід того ж шару —  $2710 \pm 347$  мкм<sup>3</sup>, для малих веретен VI-го шару —  $1248 \pm 150$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>6</sup> Для пірамід того ж шару —  $3,558 \pm 393$  мкм<sup>3</sup>, для малих веретен VI-го шару —  $1662 \pm 231$  мкм<sup>3</sup>.

<sup>7</sup> Е. А. Nimchinsky та співавт., 1995, 1999.

<sup>8</sup> *Macaca mulatta*, *Macaca fascicularis*; передня острівцева кора; Н. С. Evrard та співавт., 2012.

<sup>9</sup> *Megaptera novaeangliae*; P. R. Hof, E. van der Gucht, 2007; M. A. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса мозку у представників виду — 3.6–6.4 кг, приблизна маса тіла для маси мозку 6.4 кг — 39 295 кг.

<sup>10</sup> *Balaenoptera physalus*; P. R. Hof, E. van der Gucht, 2007; M. A. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса мозку у представників виду — 5.2 кг.

<sup>11</sup> *Balaena mysticetus*; M. A. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса мозку у представників виду — 2.1–2.3 кг.

<sup>12</sup> *Balaenoptera acutorostrata*; С. Butti, P. R. Hof, 2010; С. Butti та співавт., 2014; М. А. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса мозку представників виду — 1.8–2.2 кг.

<sup>13</sup> М. А. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса мозку у представників виду — 4.3 кг.

<sup>14</sup> *Orcinus orca*; P. R. Hof, E. van der Gucht, 2007; С. Butti та співавт., 2014. Приблизна маса тіла представників виду — 5.6 кг.

<sup>15</sup> *Delphinapterus leucas*; С. Butti та співавт., 2009, 2014; С. Butti, P. R. Hof, 2010. Приблизна маса мозку у представників виду — 1.9–2.1 кг, приблизна маса тіла — 636 кг.

<sup>16</sup> *Grampus griseus*; С. Butti та співавт., 2009. Приблизна маса мозку у представників виду — 2.4 кг, приблизна маса тіла — 328 кг.

<sup>17</sup> *Tursiops truncatus*; С. Butti та співавт., 2009, 2014. Приблизна маса мозку у представників виду — 1.5–1.8 кг, приблизна маса тіла — 210 кг. Ці дані С. Butti та співавторів (2009) суперечать попереднім (P. R. Hof, E. van der Gucht, 2009), згідно з якими нейрони з ознаками гігантських веретен у мозку афалін відсутні.

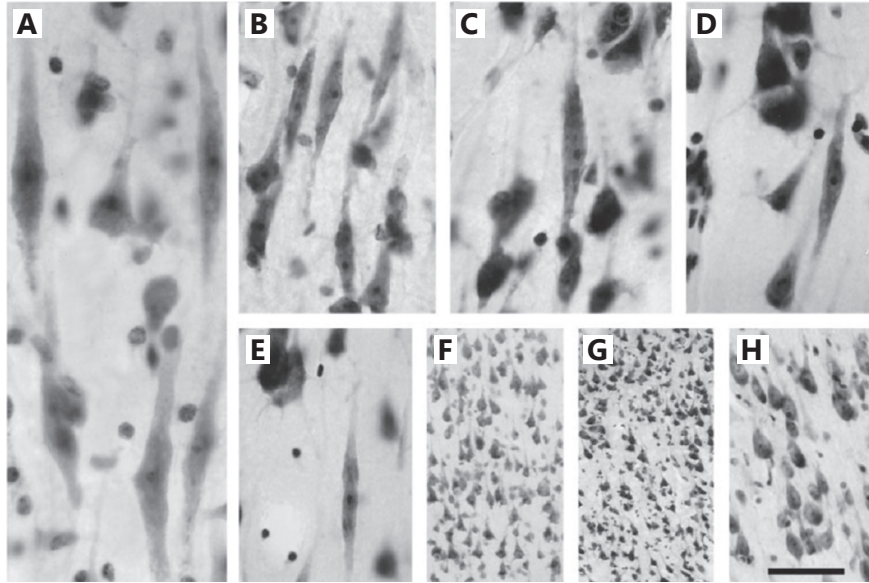


Рис. 20. Морфологія гігантських веретен у шарі Vb ACC людини (A), бонобо (B), шимпанзе (C), горили (D) і орангутанга (E). У нижчих мавп гігантські веретена у ACC, за словами авторів, відсутні: білорукий гібон (*Hylobates lar*) — F, гусар звичайний (*Erythrocebus patas*) — G, лемур котячий (*Lemur catta*) — H. Масштабна смужка: A — 50 мкм, B–E і H — 80 мкм, F і G — 120 мкм. Забарвлення за Нісслем. Е. А. Nimchinsky та співавтори (1999)

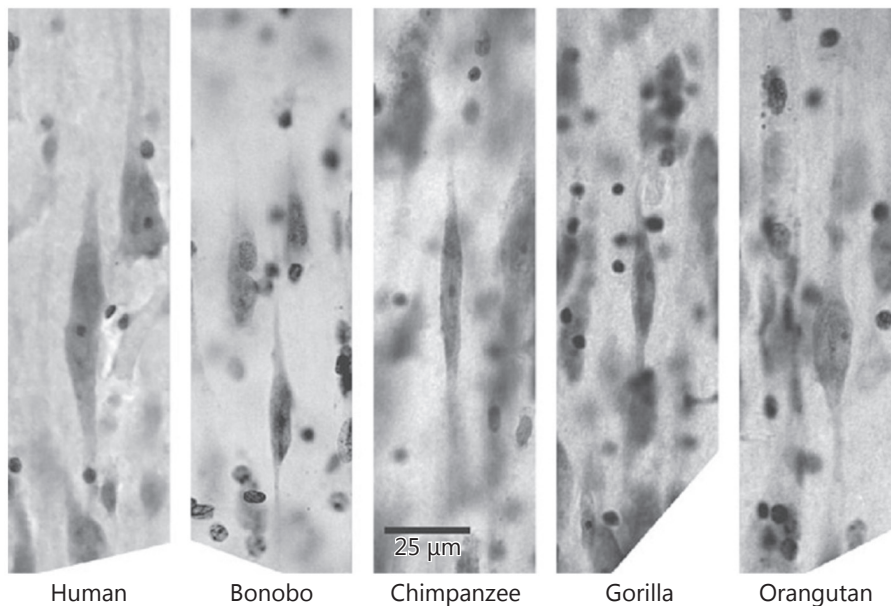


Рис. 21. Гігантські веретена лобово-острівцевої ділянки кори людини і у вищих мавп за однакового масштабування. Розмір гігантських веретен людини — найбільший. Забарвлення за Нісслем. J. Allman та співавтори (2010)

у африканського та індійського слона<sup>1</sup>, а також у острівцевій корі бегемота карликового<sup>2</sup>, ламантина американського флоридського<sup>3</sup>, зебри бурчеллової<sup>4</sup>, моржа атлантичного<sup>5</sup>, у чорного носорога<sup>6</sup>, а також у ряду інших тварин класу ссавців<sup>7</sup> — у свині свійської<sup>8</sup>, вівці свійської<sup>9</sup>, бика свійського<sup>10</sup>, коня свійського<sup>11</sup> і оленя білохвостого<sup>12</sup>. Поодинокі нейрони схожої форми і радіарної локалізації знайдено у корі невеликого ссавця дамана капського<sup>13</sup>, причому також і в корі полюса лобової частки.

Уже відносно ранні дослідження G. Ngoyang (1936)<sup>14</sup> виявляли клітини характерної морфології і глибини розташування у підставці та в енторінальній корі людини (оглянуто С. Butti та співавт., 2013). Станом на даний час, окрім класичної локалізації у корі поля ВА 24<sup>15</sup> та у лобово-острівцевій ділянці кори людини, ці клітини описано також у полі ВА 9<sup>16</sup>, щоправда тут вони суттєво меншого розміру<sup>17</sup>. Хоча I. Vanovac та співавтори (2019) прецизійнішим протоколом серед досліджених зразків поля ВА 9 32-х дорослих осіб виявили лише одну (!) клітину з морфологією, близькою до гігантського веретена. За даними С. А. González-Acosta та співавторів (2018), клітини із формою і локалізацією, характерною для гігантських веретен, у медіальній фронтальної частині поля ВА 10 людини — поодинокі й розсіяні, їх кількість щонайменше у 7 разів більша праворуч, причому популяція у 2.5 рази численніша в ділянці гребеня, ніж у ділянці стінки дрібної звивини, котра входить до складу медіальної частини поля ВА 10<sup>18</sup>. Середня площа соми таких нейронів гребеня звивини — ~350 мкм<sup>2</sup>, у стінці звивини — суттєво більша, ~400 мкм<sup>2</sup>. У мозку горбача<sup>19</sup> і гренландського кита<sup>20</sup> (M. A. Raghanti та співавт., 2019), а також бегемота карликового<sup>21</sup> (С. Butti та співавт., 2014) клітини характерної форми і радіарної локалізації виявляють у корі головного мозку повсюдно, у свині свійської (*Sus scrofa domestica*), вівці свійської (*Ovis aries*), бика свійського (*Bos taurus*), коня свійського (*Equus ferus caballus*) і оленя білохвостого (*Odocoileus virginianus*) — щонайменше у корі полюса лобової і потиличної частки, у АСС й у передній острівцевій корі (M. A. Raghanti та співавт., 2015).

<sup>1</sup> A. Y. Hakeem та співавт., 2009. Відповідно, *Loxodonta africana* ( $n = 2$ ; ~42 і 16–17 років, обидві — самиці) та *Elephas maximus* ( $n = 1$ , доросла самка, вік і причини смерті невідомі); найчисленніше представництво клітин — у лобово-острівцевій корі, менш численне — у АСС; інші ділянки розташування цих клітин — DLPFC і полюс лобової частки, а також (одне спостереження, у правій півкулі дорзомедіальної лобової кори); кількість розглядуваних клітин у африканського слона становить 19 310, що суттєво менше, ніж у людини (середня загальна кількість — 193 000), однак більше, ніж середня кількість для вищих мавп (6 950; J. M. Allman та співавт., 2005); серед загальної популяції нейронів III-го і V-го шару правої лобово-острівцевої кори на клітини з морфологією гігантських веретен припадає до 0.78 %, у лівій півкулі — 2.6 %. Це ж дослідження не виявило розглядувані клітини у дамана жовто-плямистого (*Heterohyrax brucei*), у стрибуців, або слонових землерийок (*Macroscelididae*; англ. — *giant elephant shrew*), у кількох видів надряду неповнозубих (*Xenarthra*), у бубала біломордого (*Damaliscus pygargus*), у пацюка (щура, або пацюка сірого, *Rattus norvegicus*) і у паки низинної (*Cuniculus paca*).

<sup>2</sup> *Hexaprotodon liberiensis*; С. Butti, P. R. Hof, 2010; С. Butti та співавт., 2014. Приблизна маса мозку у представників виду — 0.26 кг. За словами С. Butti та співавт., 2013, у цього виду нейрони з ознаками гігантських веретен виявляють повсюдно у корі головного мозку, як у деяких вусатих китів, приміром, у горбача (M. A. Raghanti та співавт., 2019).

<sup>3</sup> *Trichechus manatus latirostris*. За даними С. Butti і P. R. Hof (2010) — загалом виявлена нечисленна популяція клітин з цитоархітектонічними ознаками гігантських веретен. А. Y. Hakeem та співавтори (2009) виявляли поодинокі нейрони розглядуваного фенотипу, однак не виявляли значної популяції цих клітин у АСС та лобово-острівцевій корі ("occasional isolated VEN-like cell can be observed, but without significant VEN populations in either FI or ACC").

<sup>4</sup> *Equus burchellii*; С. Butti, P. R. Hof, 2010. Виявляють щонайменше у корі острівця; автори не зустрічали розглядувані клітини в острівцевій корі антилопи бонго (*Tragelaphus eurycerus*).

<sup>5</sup> *Odobenus rosmarus rosmarus*; С. Butti, P. R. Hof, 2010.

<sup>6</sup> *Diceros bicornis michaeli*; С. Butti та співавт., 2011.

<sup>7</sup> M. A. Raghanti та співавт., 2015.

<sup>8</sup> *Sus scrofa domestica*; С. Butti та співавт., 2014. Приблизна маса мозку у представників виду — 95 г.

<sup>9</sup> *Ovis aries*.

<sup>10</sup> *Bos taurus*, корова; С. Butti та співавт., 2014. Приблизна маса мозку для *Bos taurus indicus* — 474 г.

<sup>11</sup> *Equus ferus caballus*.

<sup>12</sup> *Odocoileus virginianus*.

<sup>13</sup> *Procavia capensis*; M. A. Raghanti та співавт., 2019. Приблизна маса тіла — 1.4–5 кг; [https://en.wikipedia.org/wiki/Rock\\_hyrax](https://en.wikipedia.org/wiki/Rock_hyrax).

<sup>14</sup> Ngoyang G. Neuere Befunde über die Gabelzellen. *Cell Tissue Research*, 25: 236–239, 1936 (цит. за: С. Butti та співавт., 2013).

<sup>15</sup> 3 % від усіх NeuN-позитивних нейронів V-го шару.

<sup>16</sup> С. Fajardo та співавт., 2008; складають 0.5 % від усіх NeuN-позитивних нейронів V-го шару; поле розташовано дорзальніше над полем ВА 10 з медіальної і латеральної поверхні, на латеральній поверхні відповідає DLPFC, на медіальній — формує частину MPFC ([https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Поле\\_Бродмана\\_9](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Поле_Бродмана_9)).

<sup>17</sup> Середня площа соми на зрізі — 536.3 ± 161.5 мкм<sup>2</sup> (ВА 24) та 627.5 ± 96.92 мкм<sup>2</sup> (ВА 9); С. Fajardo та співавт., 2008.

<sup>18</sup> Елемент так званої медіальної лобової звивини — нижньої частини верхньої лобової звивини.

<sup>19</sup> *Megaptera novaengliae*.

<sup>20</sup> *Balaena mysticetus*.

<sup>21</sup> *Hexaprotodon liberiensis*.

У людини й інших гомінід клітини характерної для гігантських веретен форми описано не лише у V-му, а й у III-му шарі АСС та острівцевої кори (M. A. Raghanti та співавт., 2019<sup>1</sup>); у неокортексі гренландського кита (*Balaena mysticetus*) — не лише у V-му, а й, хоч і у меншій кількості, у III-му, інколи — і в II-му шарі (*Ibid.*). У II-му шарі такі клітини ідентифіковано у корі головного мозку гренландського кита, вівці свійської (*Ovis aries*), бика свійського (*Bos taurus*)<sup>2</sup>, свині свійської (*Sus scrofa domestica*) і оленя білохвостого (*Odocoileus virginianus*; M. A. Raghanti та співавт., 2015). У дамана капського (*Procavia capensis*) поодинокі клітини характерної форми знайдено у III-му шарі, але не у V-му (*Ibid.*).

Зараз важко припускати, яка частка із наведених даних стосовно міжвидової й анатомічної поширеності клітин, котрі у цитованих щойно працях розглядають гігантськими веретенами, отримає подальше підтвердження. Як уже зазначалося, І. Вановас та співавтори (2019) вважають, що інформація стосовно ідентифікації гігантських веретен в інших ділянках кори й у інших видів потребує верифікації із забарвленням за Гольджі. Ймовірно, полегшить цю процедуру окреслення специфічного профілю генетичної експресії, котрий для гігантських веретен АСС дорослої людини<sup>3</sup> може включати 344 гени<sup>4</sup> (L. Yang та співавт., 2019); серед цих генів — такі, що беруть участь у морфогенезі, галуженні дендритів та мієлінізації аксонів; багато з них асоційовані з психічними та невротичними розладами, включаючи патологію соціоемоційної сфери<sup>5</sup> (*Ibid.*). Автори виявили 4 нові маркери гігантських веретен — VAT1L<sup>6</sup>, CHST8<sup>7</sup>, LYPD1<sup>8</sup> і SULF2<sup>9</sup> (*Ibid.*). Шкода, що ці дані отримано у парадигмі звичайної оглядової нейроідентифікації<sup>10</sup>, однак, як прилаштувати методологію забарвлення за Гольджі до такого роду завдань — незрозуміло.

Мабуть, гігантські веретена людини також експресують VMAT2<sup>11</sup>, субодиницю ГАМК-рецептора GABRQ<sup>12</sup> і адренорецептор  $\alpha$ -1A<sup>13</sup>, причому експресія VMAT2 і GABRQ узагалі відсутня у корі головного мозку миші (A. A. Dijkstra та співавт., 2016). У цих даних цікаво те, що VMAT2 — типовий переносник моноамінів у синаптичних везикулах, отже, його експресія ставить питання про додатковий, моноамінергічний фенотип гігантських веретен, а за декларованої авторами відсутності ключових ферментів синтезу моноамінергічних нейромедіаторів<sup>14</sup> чи засобів їх захоплення з позаклітинного середовища<sup>15</sup> — потребує додаткових пояснень (A. A. Dijkstra та співавт., 2016).

## кількості

Загальна кількість виявлених клітин з цитоархітектонічними ознаками гігантських веретен у АСС горбача (*Megaptera novaeangliae*) праворуч — ~24 тис., у передній острівцевій корі праворуч — ~29 тис., у корі полюса лобової частки праворуч — ~25 тис. (C. Butti та співавт., 2009). У афаліні звичайної (*Tursiops truncatus*) виявлена кількість цих нейронів у АСС ліворуч — ~1.9 тис., у підколінній корі ліворуч — 600; у дельфіна сірого (*Grampus griseus*) у АСС праворуч — ~1.4 тис., у підколінній корі праворуч — 580; у білуги (*Delphinapterus leucas*) у АСС праворуч — 370, у передній острівцевій корі — ~1.9 тис. (*Ibid.*).

Згідно з M. A. Raghanti та співавторами (2015), приблизні цифри кількості виявлених клітин з морфологічними ознаками гігантських веретен у V-му шарі АСС<sup>16</sup> такі: у гренландського кита (*Balaena mysticetus*) —

<sup>1</sup> Без посилання на першоджерело.

<sup>2</sup> Причому у вівці свійської і бика свійського ці клітини у II-му шарі розташовуються кластерами.

<sup>3</sup> На жаль, нейрони візуалізували лише методом оглядового забарвлення за Нісслем.

<sup>4</sup> Для 215 з них експресія преферентно збільшена, для 129 — зменшена.

<sup>5</sup> Йдеться про розлади спектра аутизму, шизофренію, лобово-скроневу деменцію, хворобу Альцгеймера, розлади мовлення, депресивний та тривожний розлад, алкогольну, наркотичну й тютюнову залежність тощо (*оглянуто* L. Yang та співавт., 2019).

<sup>6</sup> Vesicle amine transport 1 like.

<sup>7</sup> Carbohydrate sulfotransferase 8.

<sup>8</sup> LY6/PLAUR domain containing 1.

<sup>9</sup> Sulfatase 2.

<sup>10</sup> Забарвлення за Нісслем.

<sup>11</sup> Vesicular monoamine transporter 2.

<sup>12</sup>  $\gamma$ -aminobutyric acid receptor subunit  $\theta$ .

<sup>13</sup> Adrenoreceptor  $\alpha$ -1A — ADRA1A.

<sup>14</sup> Тирозингідроксилази, триптофангідроксилази 1 і 2, декарбоксілази амінокислот AADC (*amino-acid decarboxylase*) і гістидиндекарбоксілази (*histidine decarboxylase*, HDC).

<sup>15</sup> Dopamine reuptake transporter (DAT), noradrenaline reuptake transporter (NET), serotonin reuptake transporter (SERT).

<sup>16</sup> Статус даних — односторонній чи двосторонній — авторами, на жаль, не зазначено; зважаючи на наведені вище значення, слід підозрювати гомолатеральний характер цифр.

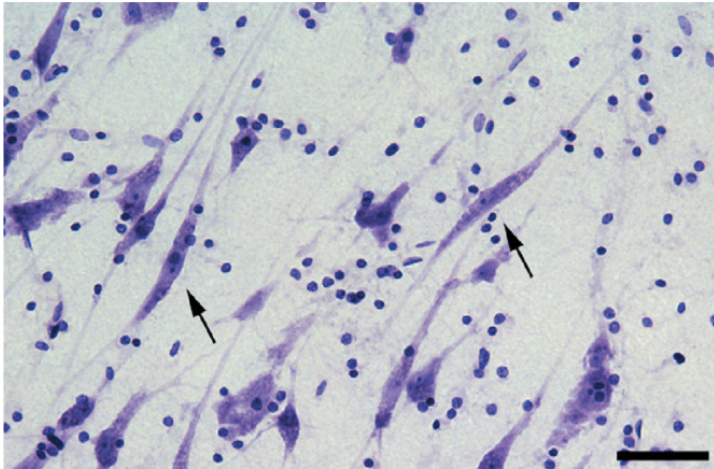


Рис. 22. С. Butti та співавтори (2013) демонструють клітини з морфологією гігантських веретен у підставці людини (вказані стрілками). Джерело мікрофотограми не вказано, забарвлення — теж. Масштабна смужка — 50 мкм

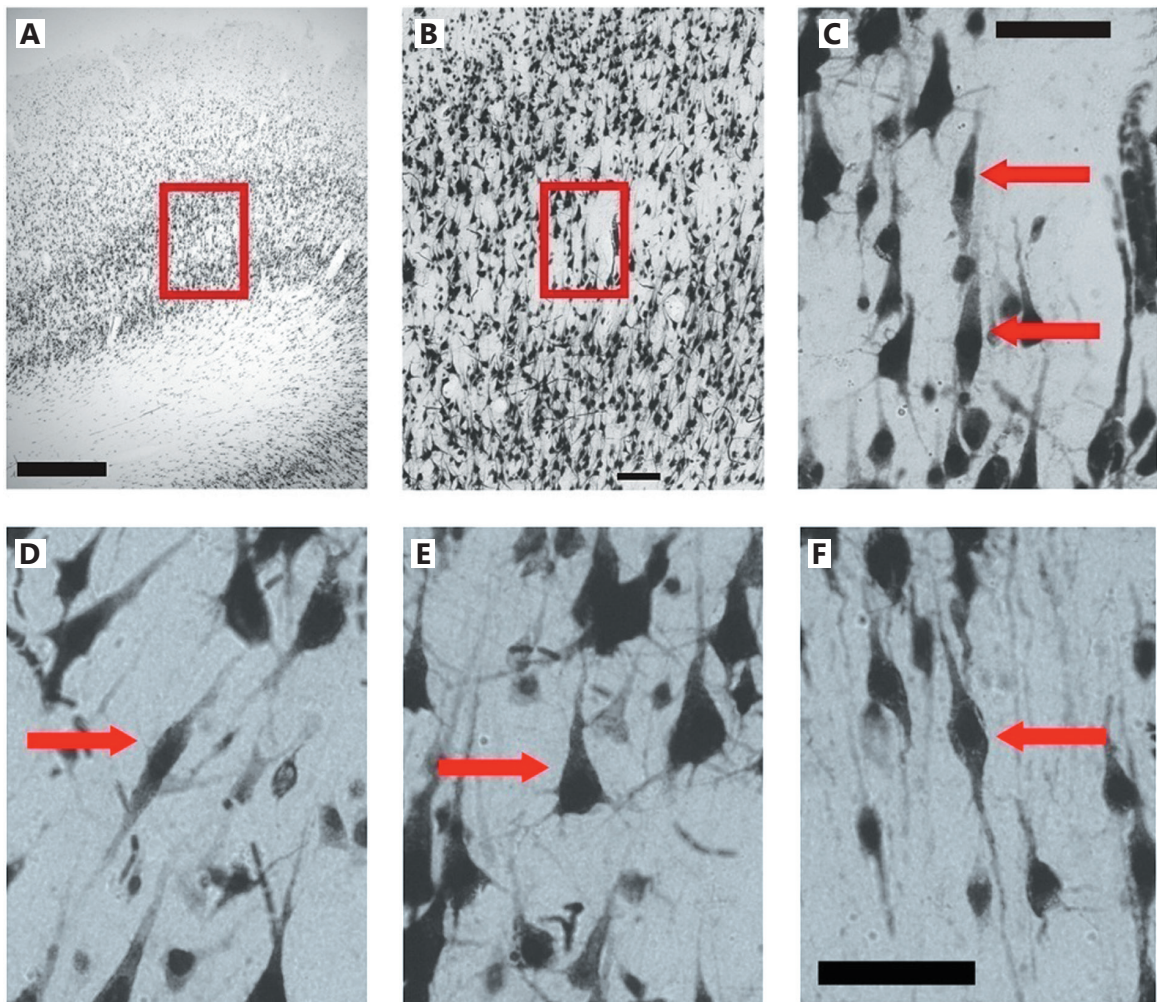


Рис. 23. Клітини з ознаками гігантських веретен у лобово-полярній корі дорослої людини. Імуногістохімічна ідентифікація NeuN. А, В, С — послідовне збільшення зазначених червоною рамкою ділянок; масштабна смужка: А — 500 мкм, В — 100 мкм, С — 50 мкм, D — F — 50 мкм. Червоні стрілки позначають: С — два нейрони з морфологією гігантських веретен у підшарі Vb, D — нейрон з морфологією гігантського веретена у підшарі Vb, Е — пірамідний нейрон підшару Vb, F — веретеноподібний нейрон VI шару тієї ж ділянки кори. С. А. González-Acosta та співавтори (2018)

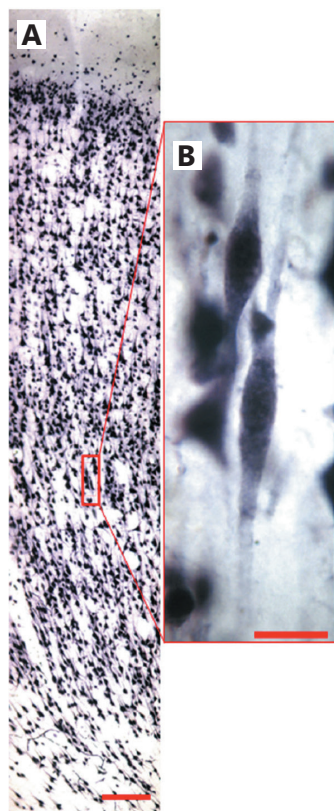


Рис. 24. Клітини з ознаками гігантських веретен у DMPFC дорослої людини (поле BA 9) при імуновізуалізації експресії NeuN. Масштабна смужка — 200 мкм (А), 50 мкм (В). С. Fajardo та співавтори (2008)

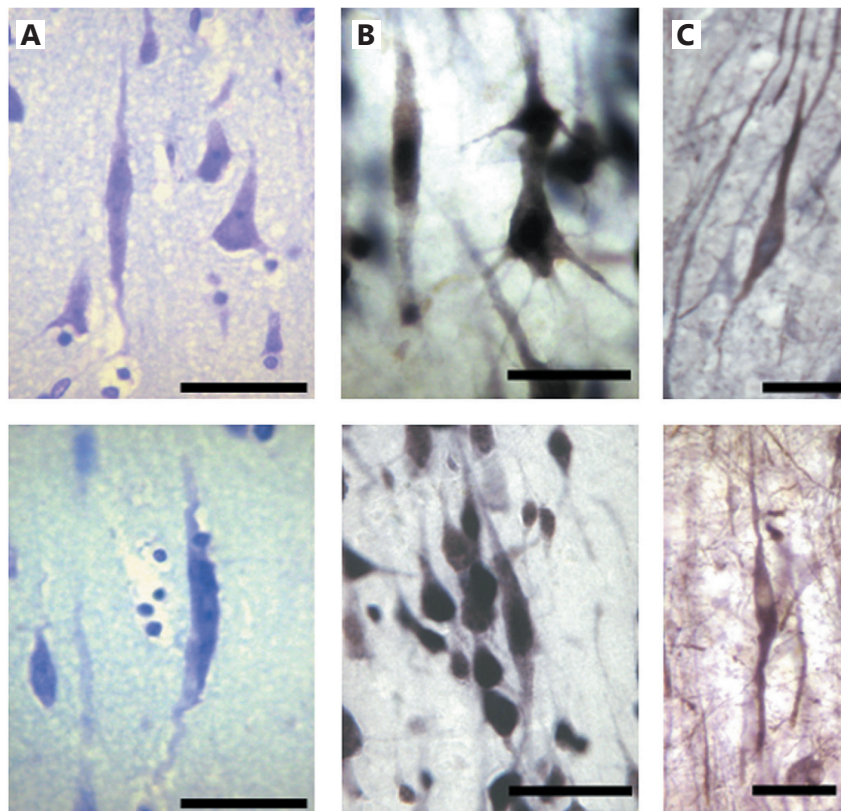


Рис. 25. Клітини з ознаками гігантських веретен у полі BA 9 (верхній ряд) і у полі BA 24 (нижній ряд) дорослої людини при забарвленні за Нісслем (А), а також при імуновізуалізації експресії NeuN<sup>1</sup> (В) чи MAP2<sup>2</sup> (С). Масштабна смужка: у всіх випадках — 50 мкм. С. Fajardo та співавтори (2008)

<sup>1</sup> Скорочення від “neuronal nuclei”.

<sup>2</sup> Microtubule associated protein 2.

~4.6 тис., у свині свійської (*Sus scrofa domestica*) — ~3.3 тис., у вівці свійської (*Ovis aries*) та людини — 2.8–2.9 тис., у бика свійського (*Bos taurus*) — ~2.6 тис., у коня свійського (*Equus ferus caballus*) — ~3.5 тис., у оленя білохвостого (*Odocoileus virginianus*) — 100–200. Виявлені значення цього показника для кори полюса лобової частки у тварин різних видів наступні (*Ibid.*): для гренландського кита — 3.7–3.8 тис., для коня і бика свійського — ~2 тис., для вівці свійської — ~1.5 тис., для оленя білохвостого — ~1 тис. А для передньої острівцевої кори виявлені значення показника такі (*Ibid.*): у бика свійського — 3.2–3.3 тис., у людини — 2.3 тис., у гренландського кита — ~2.1 тис., у коня свійського — ~1.8 тис., у свині і вівці свійської — ~1 тис., у оленя білохвостого — ~300. Для кори полюса потиличної частки бика свійського загальна кількість клітин V-го шару з морфологічними ознаками гігантських веретен складає ~1 тис., для коня свійського і гренландського кита — ~500, для людини, вівці свійської і оленя білохвостого — <100 (*Ibid.*). Загалом, з урахуванням двох півкуль, виявлена кількість розглядуваних клітин V-го шару у мозку гренландського кита становить — ~22 тис., бика свійського — ~18 тис., коня свійського — ~15.5 тис., вівці свійської — ~11 тис., людини — ~10.5 тис., оленя білохвостого — ~5 тис.<sup>1</sup>

За іншими даними (оглянуто С. Butti та співавт., 2013), права АСС у горбача містить 28 770 клітин з морфологією гігантських веретен, у слона — 10 200, у західної рівнинної горили (*Gorilla gorilla gorilla*) — 9450,

<sup>1</sup> Цікавим також є порівняльні дані щодо показника частки клітин з ознаками гігантських веретен серед нейронів V-го шару (М. А. Raghanti та співавт., 2015). Для АСС: у гренландського кита — 21 %, у свині свійської — 8 %, у вівці свійської — 7 %, у людини — 13 %, у бика свійського — 6 %, у коня свійського — 15 %, у оленя білохвостого — 5 %. Аналогічний показник для кори полюса лобової частки: у гренландського кита — 24 %, у свині свійської — 6 %, у вівці свійської — 7 %, у бика свійського — 9 %, у коня свійського — 11 %, у оленя білохвостого — 5 %. Для передньої острівцевої кори: у гренландського кита — 14 %, у людини — 11 %, у свині свійської — 3 %, у вівці свійської — 4 %, у бика свійського — 8 %, у коня свійського — 5 %, у оленя білохвостого — 2 %. Для кори полюса потиличної частки: у гренландського кита — 3 %, у свині свійської — 1 %, у вівці свійської — 0.4 %, у бика свійського — 3 %, у коня свійського — 2 %, у оленя білохвостого — 0.5 %.

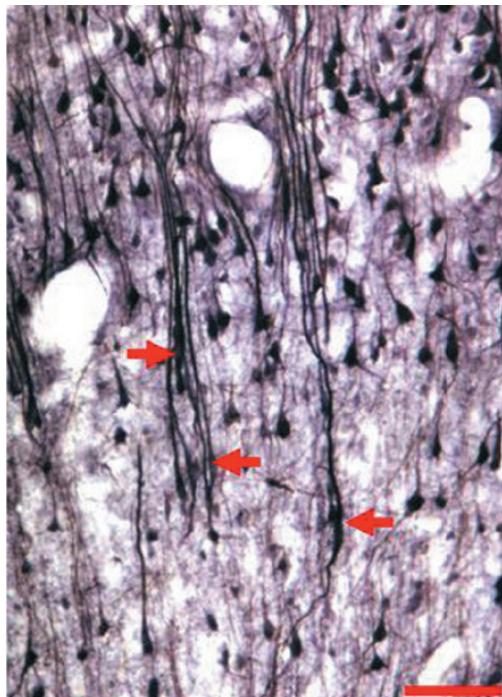


Рис. 26. Клітини з ознаками гігантських веретен (вказані стрілками) поля ВА 24 дорослої людини. Їхні апікальні дендрити інтегровані у резидентні дендритні пучки пірамідних нейронів. масштабна смужка — 100 мкм. Забарвлення авторами не вказано; ймовірно, йдеться про імуногістохімічну візуалізацію експресії MAP2. С. Fajardo та співавтори (2008)

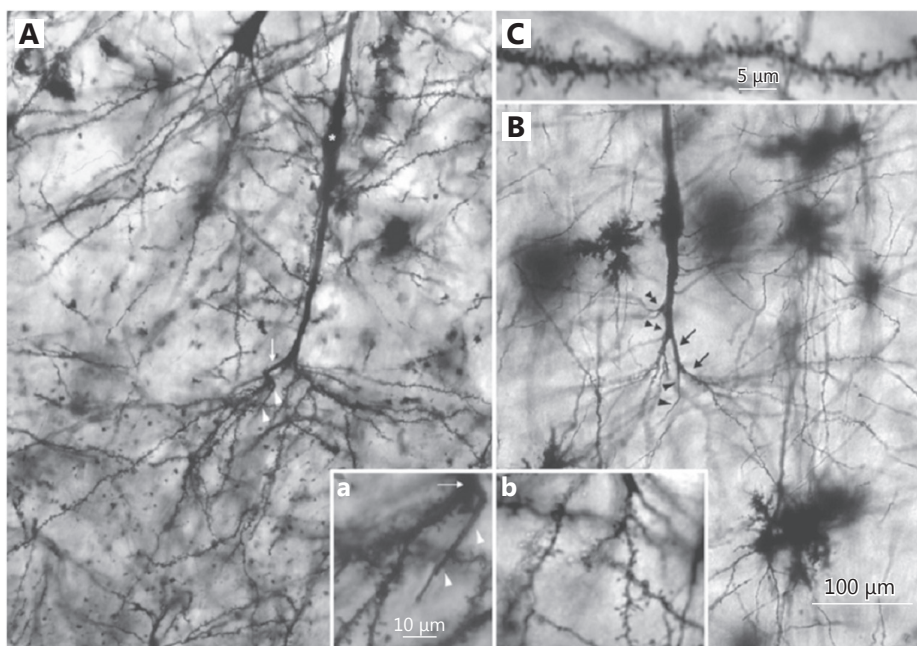


Рис. 27. Гігантське веретено у полі ВА 9 18-річної людини (**A**)<sup>1</sup> і у полі ВА 24 людини (**B**)<sup>2</sup>. Слід думати, що йдеться про шар V. Забарвлення за Гольджи. Масштаб зображень А і В однаковий і наведений на зображенні В. Масштаб зображень **A** і **B** теж однаковий і продемонстрований на зображенні **A**. І. Ваповас та співавтори (2019)

<sup>1</sup> Сомата позначена зірочкою; аксон відходить від дендрита, позначеного стрілкою, у місці, позначеному двома кінцями стрілок; це місце збільшено у зображенні "a".

<sup>2</sup> Аксон позначено двома наконечниками стрілок, двома стрілками позначено одну із частин базального стовбура, спареними наконечниками позначено відгалуження дрібних дендритних стовбурів — "knurl" (гуля). Місце біфуркації базальних дендритних стовбурів збільшено у зображенні "b". С — одне з бічних відгалужень апікального дендритного стовбура.

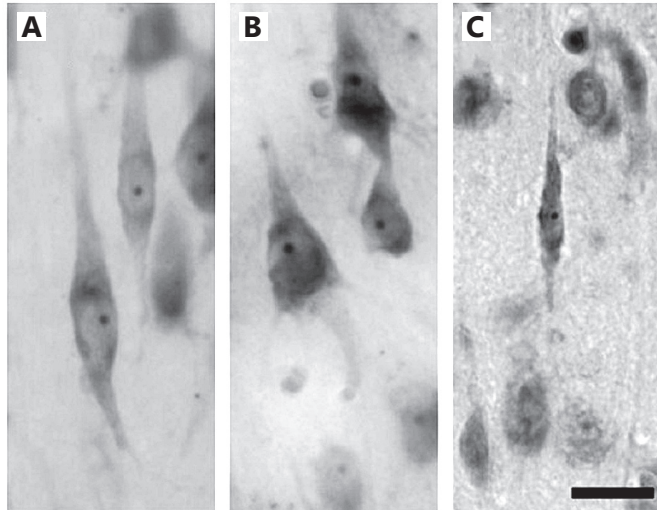


Рис. 28. Клітини з ознаками гігантських веретен<sup>1</sup> (А), пірамідні нейрони (В) V-го шару, а також веретеноподібна клітина VI-го шару кори передньої частини острівця білуги (*Delphinapterus leucas*). Забарвлення за Нісслем. Масштабна смужка — 40 мкм. С. Butti та співавтори (2009)

<sup>1</sup> "Neurons were identified as VENS in Nissl-stained sections if they were present either in deep layer III or in layer V of the ACC, AI [anterior insular cortex], and FP [fronto-polar cortex] and displayed the morphological features presented in Figure 5".

у шимпанзе звичайного (*Pan troglodytes*) — 10760. Н. А. Issa та співавтори (2019) стверджують, що у ACC<sup>1</sup> шимпанзе звичайного (*Pan troglodytes*) і шимпанзе карликового (*Pan paniscus*, бонобо) міститься ~23–24 тис. таких клітин, у лобово-острівцевій корі — ~11–12 тис. У передній острівцевій корі однієї півкулі головного мозку дорослого макака виявляють ~1.5 тис. (*M. fascicularis*) і ~2 тис. (*Macaca mulatta*) нейронів з характерними ознаками<sup>2</sup>, котрі складають 2–3 % від усіх нейронів V-го шару кори (Н. С. Evrard та співавт., 2012).

Незважаючи на значну кількість праць, присвячених підрахунку популяції клітин з ознаками гігантських веретен, наведені щойно цифрові дані хиткі. Ось що відбувається стосовно цього показника для мозку людини.

Ранні морфометричні дослідження подавали середню кількість клітин з ознаками гігантських веретен у головному мозку новонародженого<sup>3</sup> — ~28 тис., у мозку 4-річної дитини<sup>4</sup> — ~180 тис., у мозку дорослої людини<sup>5</sup> — ~190 тис. (J. M. Allman та співавт., 2005). У подальшому ці цифри суттєво змінилися (оглянуто J. M. Allman та співавт., 2011): у лобово-острівцевій ділянці правої півкулі дорослої людини нараховували уже ~80 тис. розглядуваних клітин<sup>6</sup>, а в обох ACC — ~320 тис.<sup>7</sup>. Хоча, на думку С. Butti та співавторів (2013), загальна кількість нейронів, котрі зараховують до гігантських веретен, у лобово-острівцевій корі і ACC однієї півкулі дорослої людини перебуває в інтервалі 80–120 тис.<sup>8</sup>. Отже, загалом популяція цих клітин у мозку дорослої людини близька до півмільйонної. Для порівняння: лобово-острівцева кора обох півкуль зрілого головного мозку у інших гомінід містить у середньому ~10 тис. клітин з ознаками гігантських веретен, передня частина лімбічної кори<sup>9</sup> — ~90 тис., загалом — ~100 тис. (J. M. Allman та співавт., 2010, 2011).

Але, напевне, найцікавішою є онтогенетична й вікова динаміка популяції розглядуваних клітин людини. Згідно з J. M. Allman та співавторами (2005)<sup>10</sup>, гігантські веретена у мозку людини з'являються в онтогенезі пізно; станом на 35-й тиждень внутрішньоутробного розвитку констатують невелику їх кількість, на момент народження — лише близько 15 % від кількості у дорослих осіб, причому після 4-х років життя їх популяція залишається сталою (J. M. Allman та співавт., 2005). Подальші дослідження лобовоострівцевої ділянки кори праворуч виявили таке<sup>11</sup>: через 34 тиж. гестації констатують наявність поодиноких клітин характерного

<sup>1</sup> Слід думати, обох півкуль.

<sup>2</sup> Із суттєвою правобічною перевагою.

<sup>3</sup> Кількість спостережень — n = 4.

<sup>4</sup> Кількість спостережень — n = 1.

<sup>5</sup> Кількість спостережень — n = 3.

<sup>6</sup> З обох боків — майже 150 тис., що складає 1.1 % від нейронів усіх шарів.

<sup>7</sup> 0.8 % від нейронів усіх шарів досліджуваної ділянки кори.

<sup>8</sup> Це означає, що графічна інтерпретація (Fig. 5) авторами цифрових даних цитованої ними роботи J. M. Allman та співавторів (2011) потребує перевірки.

<sup>9</sup> Тобто насамперед ACC.

<sup>10</sup> З посиланням на: С. S. Weickert та співавт., 2000.

<sup>11</sup> Нам не вдалося з'ясувати форму подання авторами часових точок: приміром, 4-й місяць життя чи станом на момент завершення 4-го



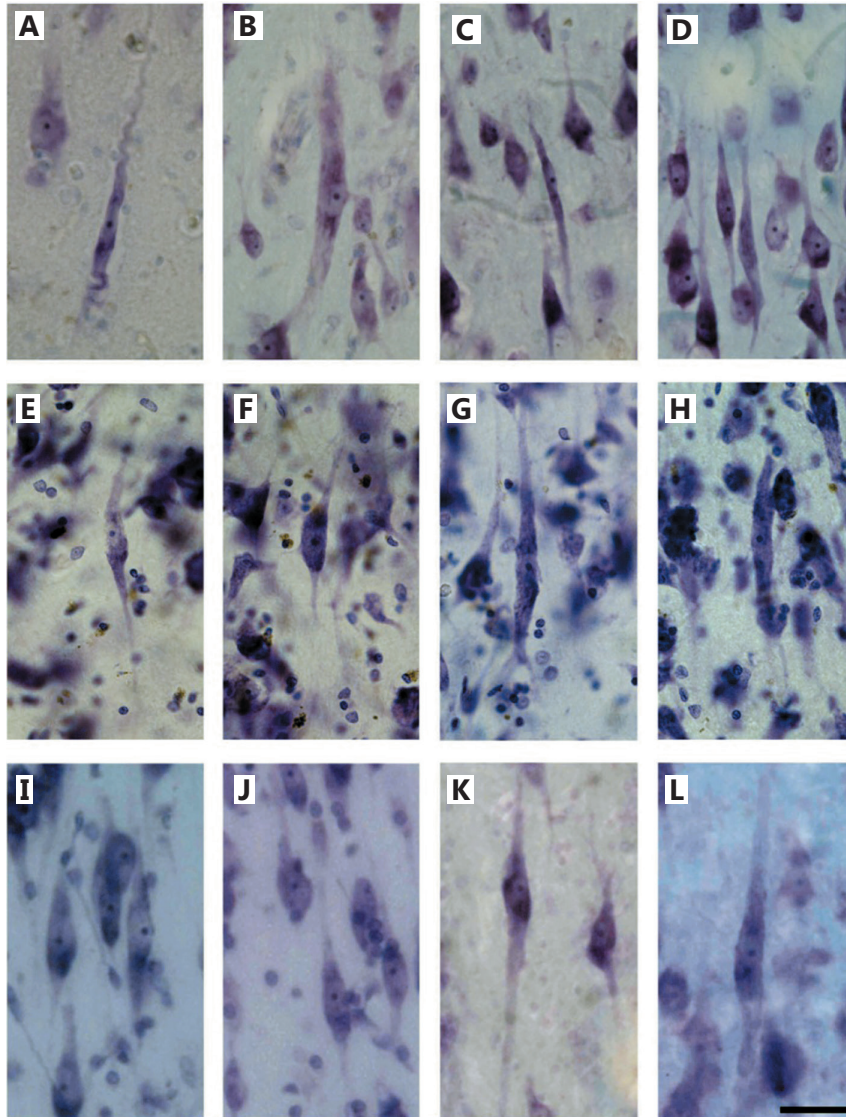


Рис. 29. Нейрони з морфологією гігантських веретен у АСС (А, В) і у корі передньої частини острівця (С–Е) білуги, а також у АСС дельфіна сірого<sup>1</sup> (F–H), у АСС афаліни звичайної<sup>2</sup> (I, J) і у лобово-полярній корі горбача<sup>3</sup>. Найімовірніше — забарвлення за Нісслем<sup>4</sup>. Масштабна смужка — спільна, 40 мкм. С. Butti та співавтори (2009)

<sup>1</sup> *Grampus griseus*.

<sup>2</sup> *Tursiops truncatus*.

<sup>3</sup> *Megaptera novaeangliae*.

<sup>4</sup> "The sections were then mounted on glass slides, Nissl-stained in a 0.2% cresyl violet solution, and coverslipped in 70% DPX in xylene for examination. ... Sections were stained alternatively for Nissl substance with the Bielchowsky-Plien cresyl violet method or for myelin with the Loyez-Weigert method (Bertrand, 1930)."

citoархітектонічного фенотипу, у період 38–40-го тижня гестації їх кількість сягає ~10 тис., на момент народження — ~40–45 тис., через 4 міс. постнатального життя — ~35–40 тис., через 7 міс — ~60–65 тис., через 8 міс — ~320 тис., через 19 міс — ~100 тис., через 4 роки — 135–140 тис., через 8 років постнатального життя — ~70 тис., а у зрілому віці — ~80 тис. (*J. M. Allman та співавт., 2010, 2011*). Для лівої лобово-острівцевої кори асимптота кількості цих клітин поблизу 8-го місяця постнатального періоду відсутня, для лівої та правої

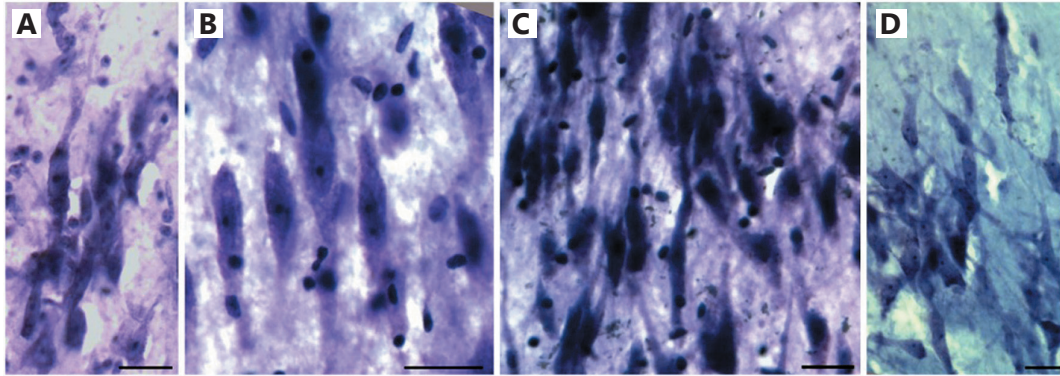


Рис. 30. Нейрони з морфологією гігантських веретен у II-му шарі кори<sup>1</sup> гренландського кита<sup>2</sup> (d), бика свійського<sup>3</sup> (a) та вівці свійської<sup>4</sup> (b, c). Забарвлення за Нісслем. Масштабна смужка у всіх випадках 25 мкм. М. А. Raghanti та співавтори (2015)

<sup>1</sup> На жаль, з наведеного матеріалу статті важко зрозуміти, про яку з ділянок кори йдеться у цьому випадку: "Nissl-stained sections from the frontal pole, anterior cingulate cortex, anterior insula, and occipital pole of bowhead whale, cow, sheep, deer, horse, pig, rock hyrax, and human were examined using stereologic methods to quantify VENs and fork cells within layer V of all four cortical regions. ... We also found VENs in layer II of several of these species (bowhead whale, sheep, calf, pig, and deer), with clusters of layer II VENs present in the sheep and cow (Fig. 4)."

<sup>2</sup> *Balaena mysticetus*.

<sup>3</sup> *Bos taurus*.

<sup>4</sup> *Ovis aries*.

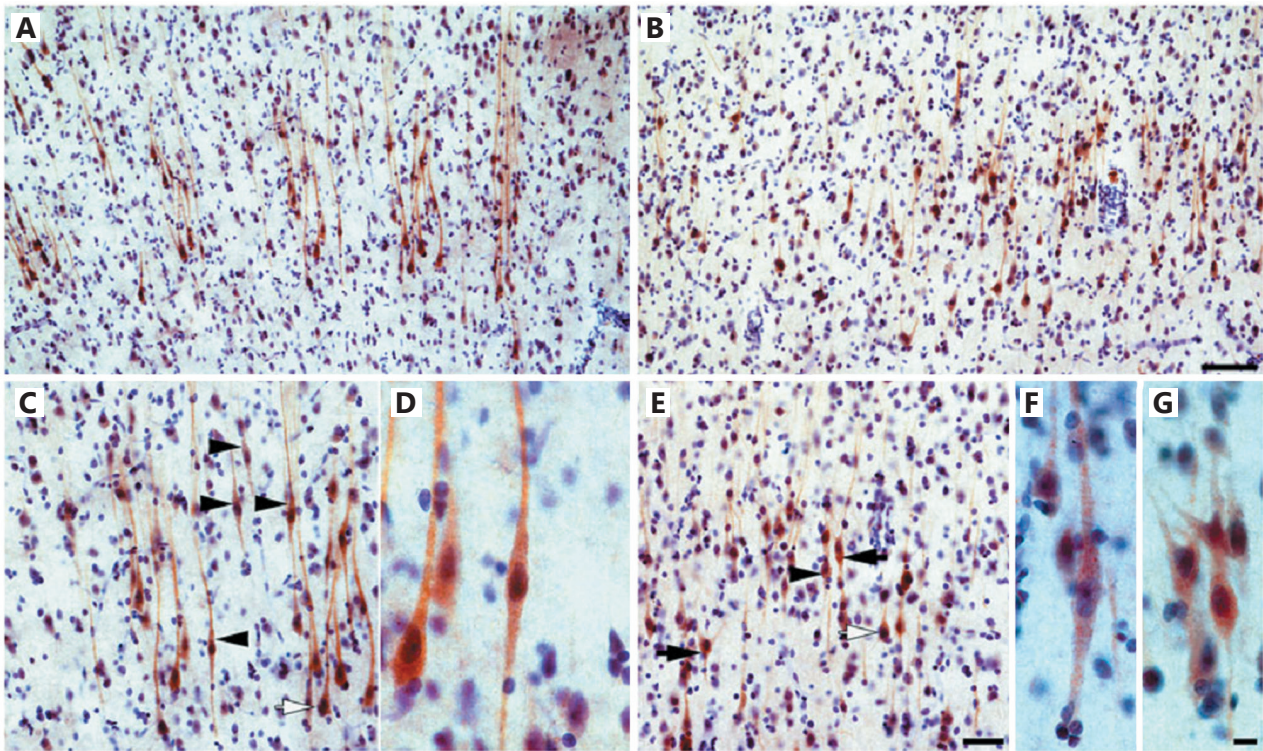


Рис. 31. Ймовірні VMAT2-позитивні гігантські веретена у V-му шарі ACC (A) і лобово-острівцевої (B) кори дорослої людини. А. А. Dijkstra та співавтори (2016). Чорні наконечники вказують на типові VMAT2-позитивні гігантські веретена, чорні стрілки — на вилкові нейрони<sup>1</sup>, білі — на пірамідні нейрони. Приклади гігантських веретен — D і F, приклади вилкових нейронів — G. Масштабні смужки — 100 мкм (A, B), 50 мкм (C, E), 10 мкм (D, F, G). На всіх мікрофото апікальна частина спрямована догори

<sup>1</sup> "Fork cells".

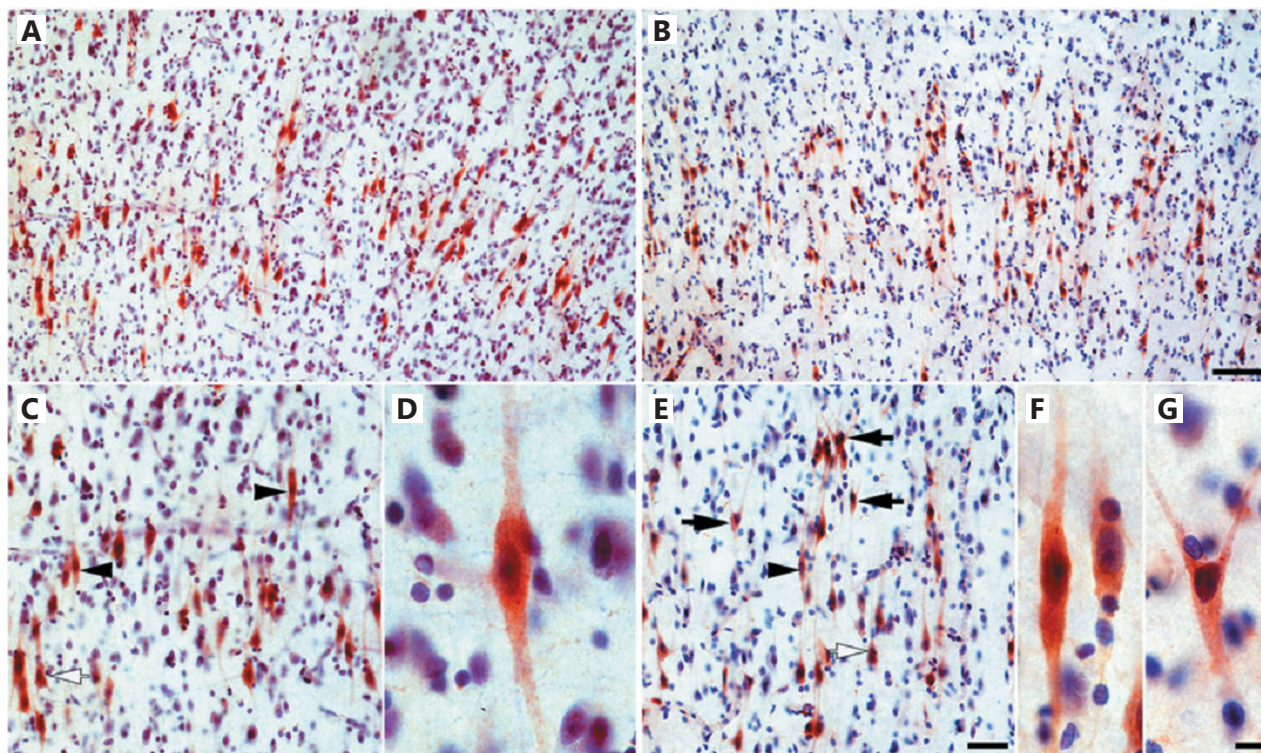


Рис. 32. Ймовірні CABRQ-позитивні гігантські веретена у V-му шарі ACC (A) і лобово-острівцевої (B) кори дорослої людини. A. A. Dijkstra та співавтори (2016). Чорні наконечники вказують на типові VMAT2-позитивні гігантські веретена, чорні стрілки — на вилкові нейрони<sup>1</sup>, білі — на пірамідні нейрони. Приклад гігантського веретена — D і F, приклад вилкового нейрона — G. Масштабні смужки — 100 мкм (A, B), 50 мкм (C, E), 10 мкм (D, F, G). На всіх мікрофото апікальна частина спрямована догори.

<sup>1</sup>“Fork cells”.

ACC — менш виражена<sup>1</sup>. Порівняння пре- і постнатальних показників демонструє значущий приріст кількості клітин, віднесених до групи гігантських веретен, навіть поза врахуванням асимптоматичного показника 8-го місяця (J. M. Allman та співавт., 2011). Очевидно, що значення показника на 8-му місяці постнатального життя потребує пояснення; приміром, J. M. Allman та співавтори (2005)<sup>2</sup> вважають, що постнатальний приріст розглядуваної нейронної популяції мозку людини здійснюється за рахунок диференціації резидентних чи поступово мігруючих із субвентрикулярної зони незрілих клітин.

Найновіше дослідження (T. Gefen та співавт., 2018) демонструє, що кількість клітин з морфологічними ознаками гігантських веретен у ACC несуттєво змінюється протягом життя<sup>3</sup> осіб зі збереженими когнітивними функціями; більш того, ймовірно, за рахунок суттєвішого зменшення популяції інших нейронів, у осіб віком понад 80 років спостерігають більшу питому щільність<sup>4</sup> розглядуваних клітин, ніж у віковій групі 20–60-ти років. До речі, більша товщина ACC і питома щільність нейронів з ознаками гігантських веретен у ACC у осіб старшого віку<sup>5</sup> (E. J. Rogalski та співавт., 2013; T. Gefen та співавт., 2015) деякими авторами (A. Cook Maher та співавт., 2017) розглядається як передумова характерного для цієї вікової групи вищого рівня соціальної взаємодії<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Відповідно, ~190 тис. і ~215 тис. — C. Butti та співавт., 2013.

<sup>2</sup> Із посиланням на: C. S. Weickert та співавт., 2000.

<sup>3</sup> У бік зменшення; віковий інтервал спостереження — від 20-ти до понад 65-ти років.

<sup>4</sup> “Density”.

<sup>5</sup> Більше 80-ти років; “super agers”.

<sup>6</sup> “Greater levels of positive social relationships.”

І ще один момент. У гомініді у людини в період новонародженості кількість нейронів, зарахованих до категорії гігантських веретен, у правій лобово-острівцевій корі на ~6%, більша, ніж у лівій; у подальшому асиметрія зростає до ~30%, що *J. M. Allman* та співавтори (2005)<sup>1</sup> пов'язують зі спеціалізацією правої півкулі у формуванні соціально-афективної сфери і співвідносять з виявлюваною за допомогою МРТ перевагою об'єму сірої речовини правої лобово-острівцевої кори<sup>2</sup>.

Таким чином, сучасні дані порівняльно-анатомічних досліджень натякають на перебільшення у первинних філогенетичних інтерпретаціях факту наявності гігантських веретен у головному мозку людини і вищих мавп<sup>3</sup>. Хоча благоговійне відношення до цього типу клітин залишається, варто лише окинути поглядом функцію кіркових ділянок їхньої типової локалізації. І все ж шкода, що луснуло чергове "просте" морфологічне пояснення нашої окремішності і "феномен людини" знову грузне у трясовині кількісних відмінностей<sup>4</sup>.

Чи надовго?

## інші "людські" нейрони

За даними *P. R. Hof* та співавтори (2001; рис. 33)<sup>5</sup>, вищі примати і людина володіють ще однією визначальною нейрцитологічною ознакою, причому теж пов'язаною з АСС: у поверхневій частині V-го шару цієї ділянки кори автори описують специфічні кальцетинінпозитивні пірамідні нейрони, рідкісні в орангутанга, численніші у горили і найчисленніші у людини. Ці клітини відсутні у поясній корі інших приматів і ссавців. Автори пояснюють важливість АСС участю не лише у когнітивному процесі, а й у регуляції вісцеральних функцій, вокалізації та мімічній активності; патологія останнього сегмента їх можливої функції може проявлятися у насильницьких гримасах, неконтрольованій вокалізації, приміром, при синдромі Туретта (оглянуто *R. Pauc, A. Young, 2010*).

У МСС людини у 1976-му році (*H. Braak, 1976; H. Braak, E. Braak 1976*) описано окреме поле гігантсько-пірамідних клітин шару Vb поясної борозни, котре залягає знизу і окремо від медіальної (міжпівкульної) частини поля VA 4 первинної рухової кори, відразу позаду АСС. *H. Braak (1976), H. Braak і E. Braak (1976)* відносять ці нейрони до, сказати б, "попередників" клітин Беца. Оскільки активність МСС виявляють у випадку прецизійного захвату предмета великим і вказівним пальцями<sup>6</sup> або при уявлюванні такого захвату, *R. Pauc та A. Young (2010)*, посилаючись на дані *H. Ehrsson та співавторів (2000)*, вбачають функцію цих нейронів у забезпеченні рухової активності руки, точніше — кисті. Ймовірно, міркують *R. Pauc і A. Young (2010)*, точна мануальна рухова активність потребує синхронізації процесуальної пам'яті, уваги і функції рухової системи, тобто залучення різних ділянок мозку, у тому числі МСС і АСС.

Чи не чекає й ці "людські" нейрони доля гігантських веретен — віднайдення морфологічних побратимів у інших видів та у інших ділянках кори?

## веретена психіки

### ПСИХОПОЯС

Найпростіший і єдино можливий у сучасній ситуації жорсткого дефіциту емпіричних даних підхід, котрий дозволяє хоч якось, грубо окреслити множину функції гігантських веретен, — з'ясування функціональних особливостей ділянок їхнього розташування. Почнемо з АСС (рис. 34).

АСС включає кілька цитоархітектонічно і функціонально диференційованих зон (оглянуто *M. A. J. Apps та співавт., 2016*). По-перше, часто вживаним є поняття дорзальної частини АСС — кори поясної борозни, котра

<sup>1</sup> З посиланням на: *L. I. Benowitz та співавт., 1983; L. X. Blonder та співавт., 1993*.

<sup>2</sup> З посиланням на: *K. E. Watkins та співавт., 2001*.

<sup>3</sup> Так чи інакше, можна констатувати зміну відношення до феномену гігантських пірамід від "нейронів, що роблять нас людьми" ("the neurons which makes us human"; спостереження *F. Cauda та співавт., 2014*; див. також: <https://www.newscientist.com/article/dn10661-whales-boast-the-brain-cells-that-make-us-human/>) до "певного морфофункціонального типу нейронів, загальна функціональна значимість котрих залежить від їхнього представництва у корі" (*C. Butti та співавт., 2013*). В оригіналі це звучить так: "Moreover, as VENS are found in many more species than initially thought, the interpretation of their evolutionary significance has changed from "the neurons that make us human" to a much broader interpretation. VENS are currently conceptualized as part of taxon-specific specialized networks, the functional significance of which depends on their cortical distribution (*Butti and Hof, 2010; Butti et al., 2011*)."

<sup>4</sup> *T. M. Preuss, 2011; D. Butler, T. Suddendorf, 2014; C. Koch та співавт., 2016*.

<sup>5</sup> Наводимо за *R. Pauc і A. Young (2010)*.

<sup>6</sup> Гомініди, у тому числі людина.

обрамлює однойменну звивину дорзально. Далі, власне АСС, тобто кора передньої частини поясної звивини — включає цитоархітектонічні поля ВА 24а/б і ВА 32; кора передньої частини поясної борозни — відповідає полям ВА 24с і ВА 32. При цьому у полі ВА 24 виокремлюють щонайменше 7 архітектонічних частин (оглянуто P. L. Lockwood, 2016<sup>1</sup>). Межі всіх цих полів умовні; зв'язки ВА 32 і ВА 24 з іншими частинами мозку схожі.

Найбільш інтегрованою у мозковій мережі частиною комплексу АСС є поле ВА 24а/б, спектр його зв'язків включає DLPFC, DMPFC, острівець, кору полюса скроневої частки і гіпокамп, ретроспленальну кору, РСС<sup>2</sup>, задню частину нижньої тім'яної часточки<sup>3</sup>, задню і передню частину кори міжтім'яної борозни, кору *operculum parietale*, первинну соматосенсорну (S1) і рухову (M1) кору, додаткове рухове поле<sup>4</sup>, вентральну частину премоторної кори, VTA, гіпоталамус, мигдалеподібний комплекс, бліду кулю, хвостате ядро, вентральний стріатум (оглянуто M. A. J. Apps та співавт., 2016). Зокрема, ця частина поясної звивини має зв'язки з трьома важливими для реалізації соціальної поведінки мережами мозку: мережею розуміння іншого<sup>5</sup> і соціального контексту (TPJ, DMPFC), мережею споглядання власних поточних дій<sup>6</sup> та мережею афективної й обумовленої значимістю обробки інформації<sup>7</sup> (Ibid.).

Відносно ранні уявлення (J. Allman та співавт., 2002) рисували АСС ділянкою, важливою для когнітивного процесу, адаптивної поведінки, функції вольової сфери, мотивації, самоуваги<sup>8</sup> і самоконтролю, дискримінації інформації від альтернативних тригерів, для функції вирішення проблем і розпізнання помилки. На даний час функцію АСС пов'язують з різноманітними аспектами соціального пізнання, зокрема з оцінкою поведінки інших осіб, зі з'ясуванням рівня їх мотивації, з прогнозуванням, моніторингом і оцінкою результатів діяльності інших, контекстуалізацією її сприйняття (M. A. J. Apps та співавт., 2016), а також з аксіологічно забарвленою соціальною поведінкою, приміром, з різноманітними варіантами соціального

<sup>1</sup> З посиланням на В. А. Vogt та співавт., 1995.

<sup>2</sup> *Posterior cingulate cortex*.

<sup>3</sup> *"Posterior inferior parietal lobule."*

<sup>4</sup> *Supplementary motor area, SMA*.

<sup>5</sup> *"Mentalizing or theory of mind network."*

<sup>6</sup> *Action observation network*; включає вентральну премоторну кору і прилегле поле ВА 44, передню і нижню тім'яну ділянки кори. Ця система є елементом ширшої мережі, що відповідає за реалізацію функції споглядання власних дій як з власної перспективи, так і з точки зору третьої особи, й містить дзеркальні нейрони (*"mirror neurons"*; S. Ge та співавт., 2018). Режим самоспоглядання від першої особи корелює з двобічною активністю зорової кори (*кори середньої і нижньої потиличної звивини, кори клина*), додаткової рухової кори (*"supplementary motor area"*, SMA), кори середньої і нижньої лобових звивин, середньої скроневої звивини, нижньої тім'яної часточки (*"inferior parietal lobule"*), острівця, лущини (Ibid.). Режим споглядання з перспективи третьої особи включає двобічну активацію аналогічних ділянок зорової кори, додаткової рухової кори, кори середньої і нижньої лобових звивин, середньої скроневої звивини, нижньої тім'яної часточки (*"inferior parietal lobule"*), лущини, гіпокампа (Ibid.). Різниця у патернах полягає у вищій активності кори середньої скроневої звивини, нижньої тім'яної часточки і острівця (двобічно), правої нижньої і середньої лобових звивин, правої нижньої і верхньої скроневої звивин, а також кори середньої потиличної звивини і клина (двобічно) — при самоспогляданні з точки зору першої особи порівняно зі самоспогляданням з точки зору третьої особи (Ibid.). Ці дані співзвучні з низкою попередніх результатів стосовно складу й функції мережі актуального споглядання власних дій (оглянуто S. Ge та співавт., 2018). Обидва режими ментального самоспоглядання корелюють з активацією основних зон системи дзеркальних нейронів (*"mirror neuron system"*), котра включає дорзальну і вентральну премоторну кору, SMA, первинну соматосенсорну кору, кору нижньої тім'яної часточки ([https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror\\_neuron](https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror_neuron), 12.08.2019 р., з посиланням на: P. Molenberghs та співавт., 2009; S. Keysers та співавт., 2018). За узагальненими даними Н. Jeon і S.-H. Lee (2018), мережа дзеркальних нейронів включає додаткову (SMA) і вторинну рухову кору (поле ВА 6), премоторну кору (поле ВА 6), первинну рухову кору (поле ВА 4), *pars opercularis* і *pars triangularis* нижньої лобової звивини (частини зони Брока, поле ВА 44 і ВА 45, відповідно), ділянку PF/PFt нижньої тім'яної часточки (номенклатура адаптована Svenja Caspers та співавторами (2006) із праці K. von Economo і G. Koskinas (1925), без розкриття), ділянку надкрайової звивини (ростральна частина поля ВА 40), міжтім'яної борозни міжтім'яної ділянки 3 людини, первинну соматосенсорну кору (поле ВА 2), зорову екстрастріарну кору (V5; середня скронева зорова ділянка, поле ВА 19 [частково]), веретеноподібну ділянку обличчя (*"fusiform face area"* FFA) і веретеноподібну ділянку тіла (*"fusiform body area"*, FBA; поле ВА 37 [частково]), задню частину середньої скроневої звивини (pMTG, каудальна частина поля ВА 21), а також острівець (передня частина поля ВА 13). У макаки виокремлюють (P. F. Ferrari та співавт., 2017) сенсомоторну (наприклад, віддзеркалювання руху руки іншої особи) і лімбічну, або емоційну мережу дзеркальних нейронів (віддзеркалювання обличчя іншої особи, отримання візуальної інформації не від тім'яних відділів, а від VLPFC); остання має важливе значення у соціальній поведінці, вона пов'язана з АСС, передньою і середньодорзальною частинами острівця, орбітофронтальною корою і базолатеральною частиною мигдалеподібного комплексу (Ibid.). Система дзеркальних нейронів містить кілька різноманітних видів клітин, котрі генерують ПД високої частоти як на тлі виконання певної дії суб'єктом, так і на тлі споглядання аналогічної дії іншим суб'єктом (оглянуто S. Ge та співавт., 2018). Звідси слідує припущення щодо участі системи дзеркальних нейронів у розумінні намірів і вчинків іншого, у фаціальному розпізнаванні емоцій та емпатії, в імітуванні дій інших, у самопізнанні, самоусвідомленні і самосприйнятті мови, а також у навчанні мовленню під час фізіологічного розвитку дитини (Ibid.). Система дзеркальних нейронів трансформує сенсорну інформацію, котра описує дію іншого, в рухову репрезентацію, тобто у кіркову репрезентацію рухових патернів, що нагадує процес формування відображення власної реальної чи уявленої дії (Ibid.). Співставне виринання з пам'яті власних дій, аналогічних споглядуваним, обумовлює входження суб'єкта у стан споглядуваного з усіма асоційованими у пам'яті суб'єкта емоційними складовими і мотивацією намірів (Ibid.).

<sup>7</sup> *"Network involved in affective and value-based processing"*; включає мигдалеподібний комплекс, VMPFC, передню частину острівця (оглянуто M. A. J. Apps та співавт., 2016).

<sup>8</sup> *"Self-awareness"*.

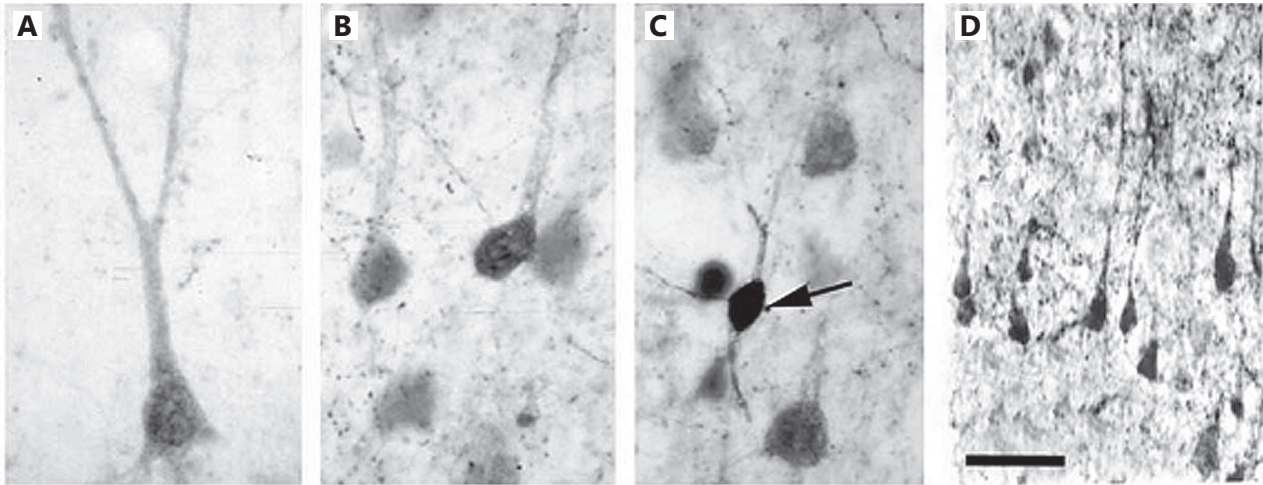


Рис. 33. Кальретинін-імунопозитивні пірамідні нейрони АСС орангутанга (А, Е), горили (В, F), шимпанзе звичайного (С, G) і людини (D). Стрілкою на позначено кальретинін-позитивний інтернейрон. Масштабна смужка: для А–С — 30 мкм, для D — 100 мкм. P. R. Hof та співавтори (2001; див. с. 75)

самоспівставлення особи, зі сприйняттям винагороди близької особи як власної, з формуванням стратегії поведінки, виходячи з розуміння іншого, з соціальною мімікрією<sup>1</sup>, з розумінням і виправдовуванням довіри іншого, з фінансовим самообмеженням заради іншого тощо (оглянуто Н. Takesue та співавт., 2017). Пріміром, порівняння власного фінансового стану зі станом інших в умовах експериментальної гри з фінансовою стратифікації суспільства, котра формується і згодом випадковим розподілом торкається кожного з учасників, супроводжується преферентною активацією дорзальних відділів АСС і активацією хвостатого ядра, зокрема у тому випадку, коли модельований власний рівень доходів виявляється співставним, відповідним стосовно доходів інших<sup>2</sup>, а також у випадку самообмежувальної, сказати б, жертвовної поведінки в умовах відкритого, обумовленого рішеннями гравців, стратифікаційного розподілу коштів (Н. Takesue та співавт., 2017). Активацію хвостатого ядра спостерігають у осіб, котрі внаслідок випадкового розподілу отримували менший умовний дохід, що, на думку авторів, свідчить про зв'язок ядра з проспективним розрахунком винагороди (Ibid.). АСС також є важливим елементом запам'ятовування рівнів підкріплення при різних варіантах реалізації певної поведінки<sup>3</sup> (А. Umemoto та співавт., 2017). Додаткова рухова кора<sup>4</sup> разом з дорзальною частиною АСС і АСС загалом функціонально пов'язані із задньою, середньою і передньою частинами острівця, відповідно, й відіграють ключову роль у формуванні мережових корелятив емпатії (P. L. Lockwood, 2016), у першу чергу больової (E. H. Yesudas, T. M. C. Lee, 2015; P. L. Lockwood, 2016). Активацію АСС реєструють при спогляданні взірців печальної (праворуч) чи радісної (двобічно)<sup>5</sup> візуальної краси; причому дорзальна частина АСС преферентно активується на тлі емоційно негативних подій, наприклад, фізичного чи соціального болю (в тому числі і болю іншого)<sup>6</sup>, передколінна частина АСС, включаючи прилеглу підколінну частину, медіальну орбітофронтальну і VMPFC, збільшує активність на тлі переживання позитивних емоцій (оглянуто T. Ishizu, S. Zeki, 2017). Припускають, що АСС, разом з MPFC і VMPFC бере участь у механізмах емоційного плачу (L. M. Bylsma та співавт., 2018). Нарешті, АСС разом із передньою частиною острівця можна вважати найбільш значимими ділянками для реалізації функції морального судження, усвідомлення соціальних норм і детекції девіацій соціальної поведінки<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Корекція власних уявлень задля комплементаризації з переважаючими уявленнями в суспільстві.

<sup>2</sup> "Activation correlated with affective changes indicates that the dACC and caudate nucleus were associated with the attitude to prefer accordance over non-accordance with others."

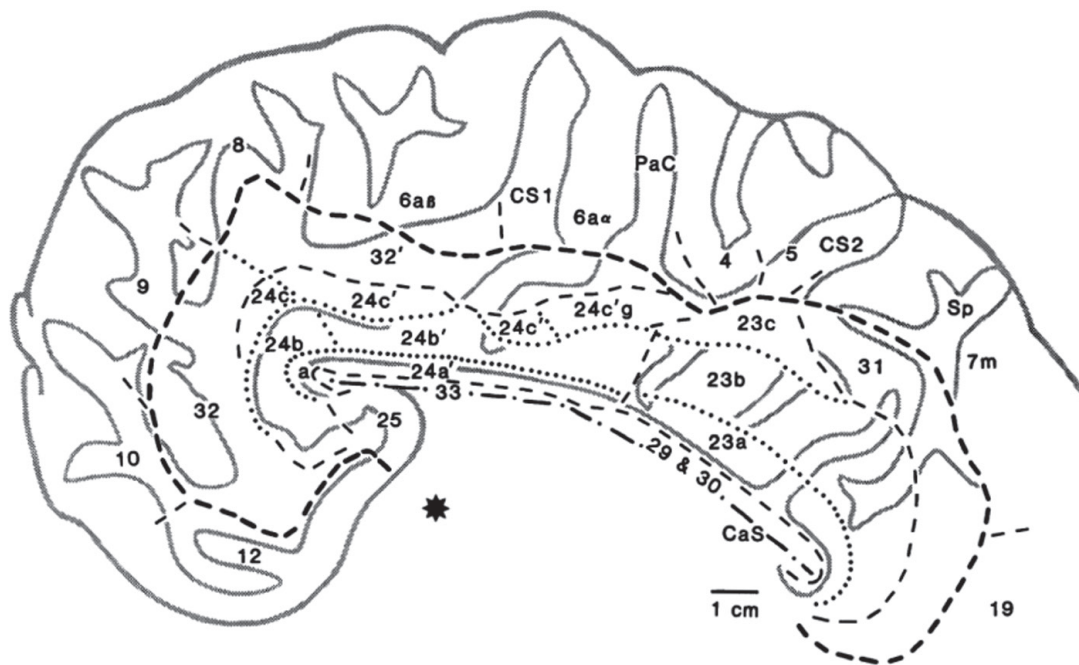
<sup>3</sup> "Learning the reward values of task contexts."

<sup>4</sup> Supplemental motor area, SMA.

<sup>5</sup> Попри це, нагадаємо, що за результатами порівняльного статистичного аналізу у межах цитованої роботи — активація цієї ділянки кори не є корелятом сприйняття візуальної краси як такої.

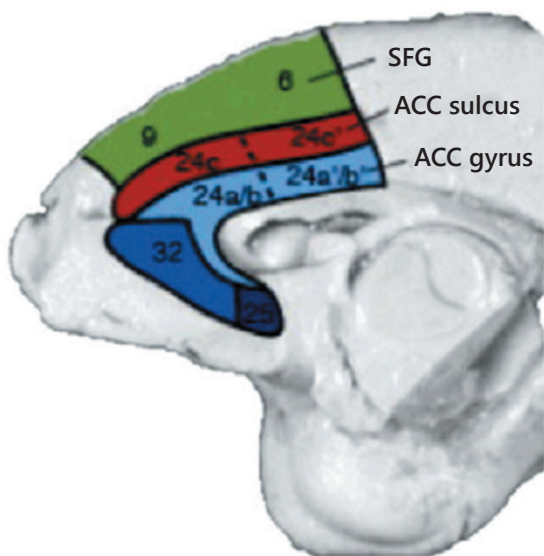
<sup>6</sup> А також на тлі когнітивного процесу.

<sup>7</sup> J. Decety, K. J. Yoder, 2016; G. Sevinc та співавт., 2017; O. Zinchenko, M. Arsalidou, 2017; див. том III, с. 108.

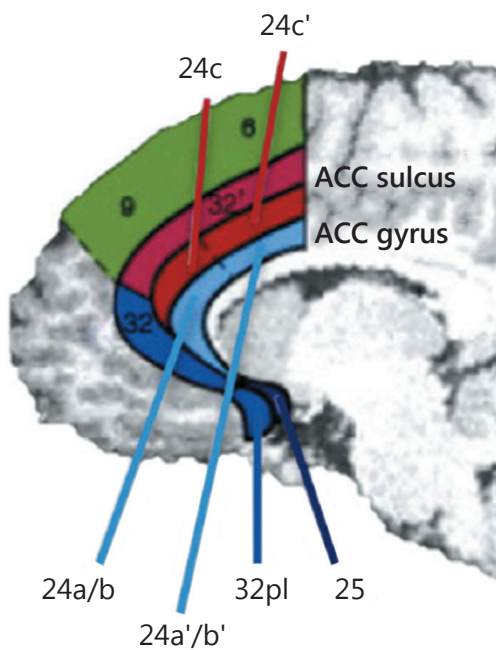


Παρцеляція поясної кори за В. А. Vogt та співавторами (1995)

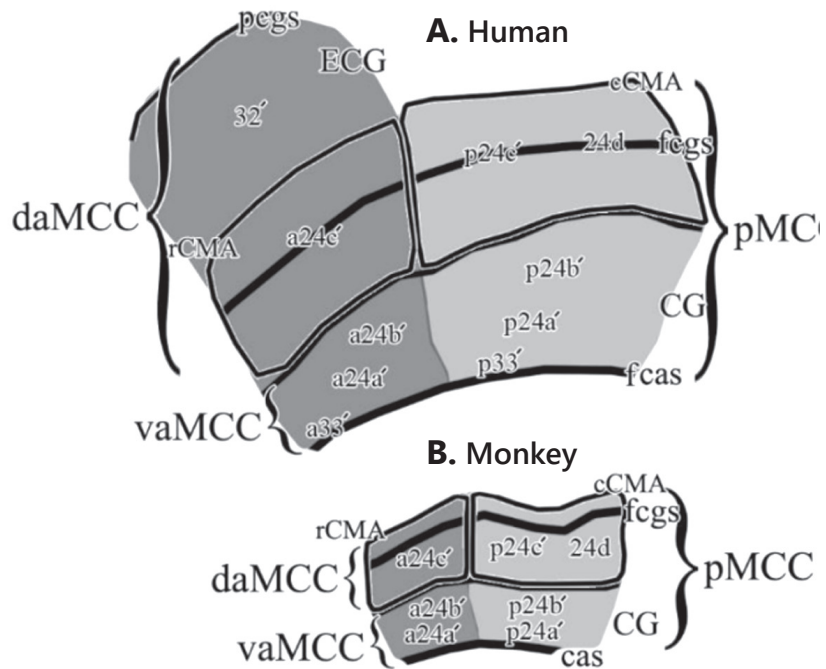
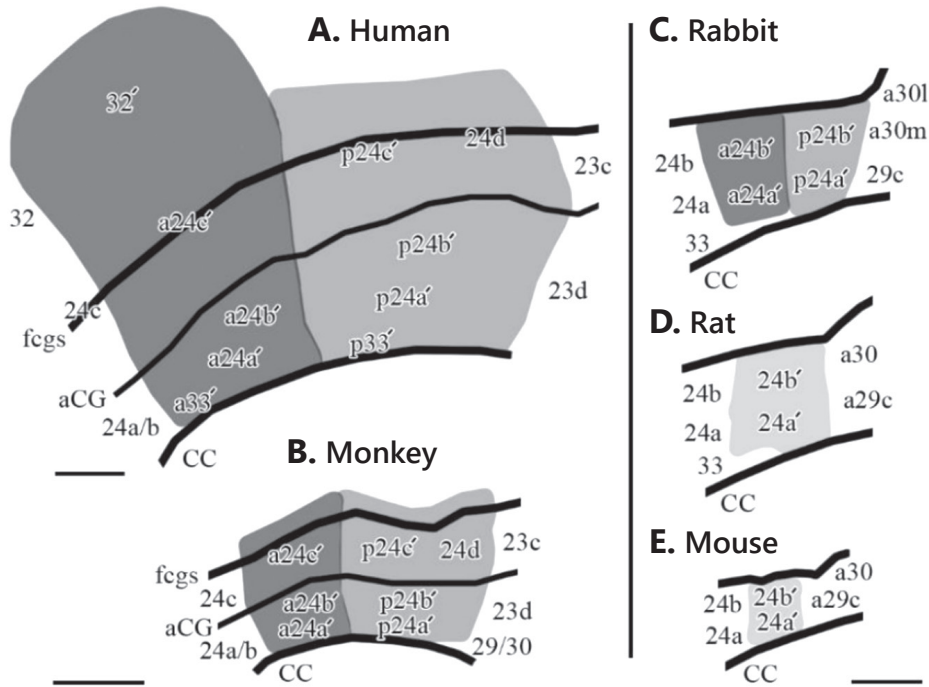
**Macaque**



**Human**



Ποля і зв'язки ACC. М. А. J. Apps та співавтори (2016)



Парцеляції ACC і MCC у ссавців, A. Brent (2016)

Рис. 34. Парцеляції<sup>1</sup> поясної звивини

<sup>1</sup> <https://ru.wiktionary.org/wiki/parcel>; <https://en.wiktionary.org/wiki/parcellation>.



Не менш цікаві клінічні спостереження. Виявляється, вищий рівень маніфестації шизофренії у мужчин, особливо у мігрантів та осіб, котрі виховувалися у великих містах<sup>1</sup>, може бути пов'язаний з дією соціальних стресорів і корелює зі зменшенням об'єму кори навколоколінної ділянки АСС<sup>2</sup> (С. Akdeniz та співавт., 2016). АСС є важливим кірковим локусом формування хронічного больового синдрому<sup>3</sup>, а також механізму формування депресивного/тривожного розладу у тварин з нейропатичним больовим синдромом (J. Sellmeijer та співавт., 2018), причому у пом'якшенні болю беруть участь чутливі до опіоїдів елементи нейронної мережі АСС (E. Navratilova та співавт., 2015). Транскраніальна магнітна стимуляція АСС та задньої верхньої частини кори острівця модулює деякі аспекти больового відчуття у пацієнтів з хронічним больовим синдромом після перенесеного церебрального інсульту чи ХСМТ (R. Galhardoni та співавт., 2019). Виявлено, що формування кіркових елементів "матриці болю" починається з паралельної активації чутливих, рухових і лімбічних ділянок кори, розповсюджується на передню частину острівця і лобово-тім'яні мережі й на решті — на навколоколінну частину АСС, РСС і гіпокампальний комплекс (L. Garcia-Larrea, H. Bastuji, 2017), а також *nc. accumbens* і МРФС<sup>4</sup> (J. M. Thompson, V. Neugebauer, 2019; *рис. 36*); у зв'язку із цим формуються додаткові атрибути усвідомленого больового відчуття — емоційні, фокусування уваги на болю, збільшення самоусвідомлення й самоуваги, автобіографічні реляції (L. Garcia-Larrea, H. Bastuji, 2017); це означає зміну функції виконавчої системи, системи визначення рівня значимості (салієнтності), системи мотивації, системи прогнозування й формування очікувань, функції мережі оперантного спокою й креативності тощо<sup>5</sup>. Такі міркування підтверджуються зокрема й даними щодо участі DLPFC у формуванні гострого і хронічного больового синдрому<sup>6</sup> (D. A. Seminowicz, M. Moayedi, 2017).

Середня частина поясної звивини — МСС<sup>7</sup> — менш вивчена ділянка поясної кори. У загальних рисах виокремлюють передню і задню частини МСС. Передня частина відома роллю у формуванні кіркових ко-

<sup>1</sup> "Higher rates of schizophrenia are typically observed in males, immigrants, and individuals brought up in larger cities<sup>5, 8-10</sup>. To illustrate, the incidence rate ratio of schizophrenia for male:female is about 1.4:1<sup>11</sup>, while the ratio for migrant: nonmigrant ranges between 2:1 and 5:1<sup>8, 11, 12</sup>."

<sup>2</sup> Встановлено для мужчин з досвідом міграції.

<sup>3</sup> L. Garcia-Larrea, H. Bastuji, 2017; M. Tsuda та співавт., 2017; R. Galhardoni та співавт., 2019.

<sup>4</sup> У щура — так звана пре- й інфралімбічна частини МРФС.

<sup>5</sup> Це може бути основою катарсису чи іншої зміни свідомості на тлі хронічного або фатального больового синдрому, а також на тлі передсмертного фізичного стану людини — важливого моменту переосмислення власного життя й світогляду. Такий аргумент важливий у суперечках навколо доцільності еутаназії. Його вага увиразнюється з урахуванням даних щодо зв'язку хронічного больового синдрому й нейрозапальних мікрогліальних реакцій у певних ділянках головного мозку (Y. Huh та співавт., 2017; J. P. Segal та співавт., 2018; Z. Hoge, F. Denk, 2019), стосовно зв'язку між хронічним болем та депресивними й іншими афективно-когнітивними розладами (L. Knudsen та співавт., 2011; A. Malfliet та співавт., 2017; L. Garcia-Larrea, H. Bastuji, 2018; M. Humo та співавт., 2019; J. M. Thompson, V. Neugebauer, 2019), між хронічним болем і розладом функції виконавчого контролю (L. Solberg Nes та співавт., 2009), а також між нейрозапальним процесом і депресивними розладами (D. Brites, A. Fernandes, 2015), між центральними (R. S. Klein та співавт., 2017) чи периферичними запальними процесами, активацією мікроглії та її впливом на нейрогенез і гіпокампа й поведінкові зміни (R. A. Kohman, J. S. Rhodes, 2013; V. Chesnokova та співавт., 2017). Наприклад, на тлі пов'язаних з запальним процесом депресивних станів відмічають збільшення активності базальних ядер, гіпоталамуса, гіпокампа, VMPFC, орбітофронтальної кори і острівця, зменшення активності DLPFC і стріатума, бімодальні зміни активності АСС і мигдалеподібного комплексу (M. L. Byrne та співавт., 2016; *рис. 35*). На тлі периферичного запалення (вісцерального чи соматичного) спостерігають преферентні зміни активності мигдалеподібного комплексу, гіпокампа, гіпоталамуса, смугастого тіла, острівця, стовбура (середнього, заднього і довгастого мозку), префронтальної (DMPFC, VMPFC) і скроневої кори (T. E. Kraynak та співавт., 2018). Матриця хронічного болю включає зміни на рівні МРФС, АСС, гіпокампа, *nc. accumbens* і мигдалеподібного комплексу (J. M. Thompson, V. Neugebauer, 2019); згідно з повнішими даними (M. F. DosSantos та співавт., 2017) вона охоплює первинну і вторинну соматосенсорну кору, острівцеву, префронтальну кору (в тому числі DLPFC — див. A. Malfliet та співавт., 2017, A. Galambos та співавт., 2019 і *полоса лобової частки* — K. Peng та співавт., 2018), АСС, РСС (див. A. Galambos та співавт., 2019), SMA (див. A. Galambos та співавт., 2019), кору прекліна і нижньоїтім'яної часточки, медіальну скроневу кору (хронічний больовий синдром у нижній частині спини — S. K. Ng та співавт., 2018), мигдалеподібний комплекс, *nc. accumbens*, таламус (A. Galambos та співавт., 2019), VTA, латеральні і медіальні групи півдня. Очевидно, що для станів, котрі обумовлюють актуалізацію питання еутаназії, характерні виражені запальні й інші, пов'язані з імунною системою, процеси.

<sup>6</sup> Йдеться про оглянуті D. A. Seminowicz і M. Moayedi (2017) численні спостереження щодо збільшення активності цієї ділянки кори у осіб із хронічним больовим синдромом, про оборотне (у випадку вдалого лікування хронічного больового синдрому) зменшення об'єму сірої речовини DLPFC ліворуч, про атенуацію больового синдрому на тлі транскраніальної стимуляції лівої DLPFC, що у різних ситуаціях досягається впливом на мережу когнітивного контролю (через передню частину острівця), перемиканням активності між мережею забезпечення когнітивної обробки зовнішньої інформації ("The [extrinsic mode network] is thought to be a generalized network allocating cognitive resources to any cognitive task or sensory processing of the external milieu.") і мережею оперантного спокою, впливом на мережу формування позитивного підкріплення чи страху (відповідно, через заднютім'яну кору і вентральну премоторну кору та через МРФС, РСС і кору прекліна), зменшенням емоційної складової больового відчуття (MPFC, VLPFC, мигдалеподібний комплекс, вентральний стріатум), впливом на низхідну систему модулювання больового входу (навколоколінна частина АСС, таламус, ЦСР; див. том III, с. 149). Разом з VMPFC, латеральною орбітофронтальною корою, передніми відділами МСС і переднім острівцем DLPFC бере участь у реалізації концептуально-семантичної складової антиноцицептивного ефекту плацебо (див. S. Geuter та співавт., 2017, див. том III, с. 149).

<sup>7</sup> "Medial cingulate cortex."

релятив болю і “катастрофізації” його наявності<sup>1</sup>, а також у формуванні корелятив свербежу і страху; дорзальна ділянка цієї частини МСС бере участь у прийнятті рішення з урахуванням зворотної інформації<sup>2</sup>, у формуванні кореляту очікування стимулу, цілеспрямовання, підкріплення чи помилки, у кіркових корелятах рухових відповідей, у контролі рухової активності у зв’язку з реєстрацією помилки, у регуляції ініціації рухів (оглянуто А. Brent, 2016). Задня частина МСС, отримуючи впливи від тім’яної кори, бере участь у просторовому орієнтуванні на тлі різноманітних стимулів, у тому числі больових, у формуванні швидких рухових відповідей, в обробці ноцицептивної інформації (*Ibid.*). Крім того, МСС містить так звану поясну премоторну ділянку, котра відіграє важливу роль у формуванні рухів та контролі поведінки; ростральна її частина бере участь у формуванні підкріплення звершеної дії, каудальна — у формуванні корелятив візуальної і просторової локації об’єктів у співвіднесенні з силою і напрямком рухів (*Ibid.*). Премоторна ділянка отримує дофамінергічні проєкції, а також впливи від *ncc. mediani, nc. mediodorsalis* і *ncc. intralaminares* таламуса, від тім’яної кори, відсилає — кірково-спинномозкові проєкції (*Ibid.*). Зміни функції МСС характерні для ряду психічних розладів — синдрому дефіциту уваги й гіперактивності, obsesивно-компульсивного розладу, посттравматичного стресового розладу, депресивного розладу, для деяких дементивних розладів<sup>3</sup> і для хронічного больового синдрому (оглянуто А. Brent, 2016).

Поясна звивина містить довгі нервові асоціативні волокна, котрі складають власне пояс<sup>4</sup>. Зміни морфології цієї складової виявлено для психічної патології<sup>5</sup> й дементивних розладів<sup>6</sup>, асоціативні волокна у товщі пояса забезпечують реалізацію вищих психічних функцій — емоційної і мотиваційної сфери, виконавчого контролю та уваги, просторової репрезентації і пам’яті (оглянуто Е. J. Bubb та співавт., 2018; рис. 37). Це забезпечується волоконним єднанням мигдалеподібного комплексу, *nc. basalis Meynerti*, острівця, орбітофронтальної кори, МРФС (поля ВА 25 і ВА 32), ДЛПФС, кори полюса лобової частки, АСС (поле ВА 24) і РСС (поля ВА 23 і 31), ретроспленіальної кори (поля ВА 29 і ВА 30), медіальної й латеральної (поле ВА 7) тім’яної кори, потиличної кори (поле ВА 19), кори парагіпокампульної звивини і гіпокампа, а також *ncc. anteriores* і *nc. dorsalis lateralis* таламуса (*Ibid.*).

Цікаво, що фракційна анізотропія білої речовини правої та лівої поясних звивин, досліджувана за допомогою МРТ у дітей і юнаків<sup>7</sup>, дозволяє розділяти популяції залучених осіб щонайменше на 2 групи, котрі відрізняються особливостями когнітивного процесу (*J. Bathelt та співавт., 2019*): вищі когнітивні здібності виявляють у осіб з більшою анізотропією; менша анізотропія поєднана з меншою функціональною лобово-тім’яною і лобово-скроневою зв’язністю, меншою активністю мережі оперантного спокою (*Ibid.*).

Враховуючи сучасні дані щодо функції АСС, а також високоймовірний проєкційний фенотип гігантських веретен<sup>8</sup>, можна припускати їхню роль у реалізації широкого спектра вищих психічних функцій.

На думку Е. А. Nimchinsky та співавторів (1999), оскільки поле ВА 24 взаємопов’язане з мигдалеподібним комплексом і нейрони V-го шару АСС проєктуються у гіпоталамус і ЦСР, гігантські веретена відіграють важливу роль у вищій вісцеральній регуляції і у механізмах єднання емоційних станів і рухових патернів, приміром, вокалізаційного і мимічного. Беручи до уваги повідомлення про розлади мовлення при ушкодженні АСС людини<sup>9</sup>, автори припускають участь гігантських веретен у реалізації фонаційної комунікації між вищими приматами і у механізмах мовлення.

<sup>1</sup> “Pain catastrophizing.”

<sup>2</sup> “Feedback-mediated decision making model.”

<sup>3</sup> Прогресуючий над’ядерний параліч [*progressive supranuclear palsy*] і *tau*-позитивна форма фронтотемпоральної [лобово-скроневої] деменції.

<sup>4</sup> *Cingulum*.

<sup>5</sup> Obsesивно-компульсивний розлад, депресивний розлад, шизофренія, розлади спектра аутизму, синдрому дефіциту уваги і гіперактивності, посттравматичного стресового розладу.

<sup>6</sup> “Mild cognitive impairment”, хвороба Альцгеймера.

<sup>7</sup> n = 313, середній вік вибірки — 11.2 р.

<sup>8</sup> Гігантські веретена експресують два типові для проєкційних нейронів кори фактори транскрипції — FEZF2 і CTIP2 (*I. Cobos, W. W. Seeley, 2015*); за даними R. D. Hodge та співавторів (2020), транскриптомний профіль гігантських веретен дорослої людини свідчить про їх належність до проєкційних нейронів, котрі відсилають аксони за межі кінцевого мозку. У цьому сенсі С. Butti та співавтори (2013) вбачають паралелі між гігантськими веретенами і гігантськими пірамідами Беца (основні довгопроєктивні еференти первинної рухової кори) та клітинами Мейнерта — специфічними збуджувальними еферентами зорової кори, котрі проєктуються у підкіркові структури (див. S. Ramaswamy, H. Markram, 2018). С. Butti та співавтори (2013) пишуть: “In this context, some features of VENS, including the fact that they project out of the cerebral cortex (Nimchinsky et al., 1995), their specific regional and laminar distribution, and their large size, are comparable to the overall profile of the Betz and Meynert cells of the primary motor and visual cortices, respectively (Hof et al., 2000; Rivara et al., 2003). These neuronal types present a restricted distribution (Betz cells in layer Vb of the motor cortex and Meynert cells in layer VI of the visual cortex), frequent clustering, and do show remarkable species-specific morphological and functional specialization (Hof et al., 2000; Rivara et al., 2003; Sherwood et al., 2003).” Цікаво, що згідно з М. А. Raghanti та співавторами (2019) сам С. von Economo припустив специфічну роль гігантських веретен у якості проєкційних нейронів на підкіркові центри вегетативної регуляції, тобто у якості “верхньої рухової нейронів” автономної нервової системи, на кшталт клітин Беца у руховій системі.

<sup>9</sup> Один з видів мутизму.

Відомо, що гігантські веретена експресують рецептор вазопресину 1a — нейромодулятора, котрий відіграє важливу роль у формуванні соціальних зв'язків<sup>1</sup>, дофаміновий рецептор D3, завдяки котрому ці нейрони можуть залучатися до мережі передбачення винагороди в умовах невизначеності<sup>2</sup>, і серотоніновий рецептор 2b, через котрий може опосередковуватися антагоністичний дофаміну сигнал — корелят покарання — з паралельною активацією чутливих до серотоніну елементів травної системи, наприклад, товстої кишки (оглянуто J. Allman та співавторами, 2005). Функції передбачення винагороди і сприйняття покарання торкаються сфери мотивації поведінки й інтуїтивного прийняття рішень з урахуванням вісцерогенного входу на мозок (*Ibid.; див. також с. 21 цього тому*). Крім того, на думку J. Allman та співавторів (2005), експресія гігантськими веретенами зазначених рецепторів свідчить про їхню участь у формуванні соціальних зв'язків особи. Отже, враховуючи значну активність АСС та лобово-острівцевої кори під час прийняття рішень в умовах високої невизначеності, у тому числі в контексті соціальної поведінки, J. Allman та співавтори (2005) припускають роль гігантських веретен у формуванні швидких інтуїтивних рішень на тлі складного й мінливого соціокультурного контексту. Також автори передбачають, що патологія розвитку гігантських веретен є визначальною умовою формування комплексних порушень соціальної поведінки — патогномонічної ознаки розладів спектра аутизму.

На думку P. R. Hof та E. van der Gucht (2009), гігантські веретена можуть забезпечувати проєкції з АСС і лобово-острівцевої кори у префронтальну і скроневу асоціативну кору<sup>3</sup>, котрі залучені до реалізації функції розуміння іншого<sup>4</sup>. Інші можливі функції гігантських веретен, на думку авторів, — участь у механізмах соціальної поведінки і соціального пізнання<sup>5</sup>, інтуїції і формування суджень.

Аналіз функціональних зв'язків ділянок преферентного розташування гігантських веретен дозволяє F. Cauda та співавторам (2014) припускати участь цих проєкційних нейронів у мережі салієнтності, визначення значимості й у мережі виконавчого контролю, що обумовлює їхню роль у моніторингу помилки<sup>6</sup>, в оцінці несподіваних стимулів<sup>7</sup>, у формуванні поведінки в ситуації невизначеності<sup>8</sup> і у реалізації гомеостатичних функцій, у тому числі в усталенні міжособистісних зв'язків<sup>9</sup> і у пов'язаній з цим функції розуміння іншого<sup>10</sup>.

Як з'ясувалося<sup>11</sup>, гігантські веретена експресують також пептиди нейромедієв В<sup>12</sup> і GRP<sup>13</sup>, фактор транскрипції ATF3<sup>14</sup>, елемент рецептора інтерлейкіну-4<sup>15</sup>, а також DISC1<sup>16</sup>. Експресія цих факторів важлива для реалізації функції соціальної взаємодії<sup>17</sup>, для формування мережових корелятів підкріплення і сприйняття вини, для регуляції харчової поведінки<sup>18</sup> й імунної відповіді (оглянуто C. Butti та співавт., 2011<sup>19</sup>).

Нарешті, існує кілька моделей феномену свідомості, у котрих гігантським веретенам відводять центральне місце як ключовим довгопроєкційним асоціативним нейронам, залученим до функції тілесного самоусвідомлення (оглянуто J. Manuella та співавт., 2016).

## ПСИХОПОЛЮС

Менш інтенсивно досліджуваною, але від цього лише таємничішою ділянкою мозку є кора полюса лобової частки — поле BA 10 (K. Peng та співавт., 2019). Поодинокі, розсіяні клітини, істотно схожі на гігант-

<sup>1</sup> "Social bonds".

<sup>2</sup> З VTA у ролі джерела дофамінергічних впливів.

<sup>3</sup> Йдеться, ймовірно, про TPJ.

<sup>4</sup> "Theory of mind".

<sup>5</sup> У тварин, як приклад — стадна поведінка.

<sup>6</sup> "Error monitoring".

<sup>7</sup> "Evaluation of unexpected stimuli".

<sup>8</sup> "Uncertain situations".

<sup>9</sup> "Соціальне гомеостазування".

<sup>10</sup> "Theory of mind".

<sup>11</sup> J. M. Allman та співавт., 2010; C. Butti та співавт., 2011, 2013; C. Stimpson та співавт., 2011; F. Cauda та співавт., 2014.

<sup>12</sup> Neuromedin B.

<sup>13</sup> Gastrin-releasing peptide.

<sup>14</sup> Activating-transcription factor 3.

<sup>15</sup> Interleukin 4 receptor,  $\alpha$  chain, IL4R $\alpha$ .

<sup>16</sup> Disrupted in schizophrenia 1; важливий регулятор проліферації нейрогенних клітин, диференціації та міграції нейронів тощо (<https://en.wikipedia.org/wiki/DISC1#Function>; 18.08.2020 р.).

<sup>17</sup> "Social bonding".

<sup>18</sup> Особливо нейромідину В та GRP.

<sup>19</sup> З посиланням на: C. Stimpson та співавт., 2011.

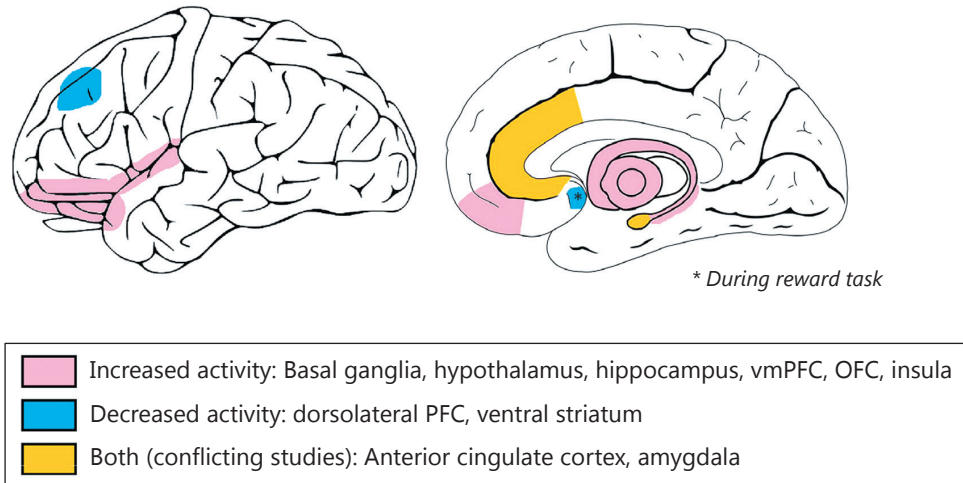


Рис. 35. Зміни активності ділянок мозку на тлі периферичного запалення й пов'язаного з ним депресивного стану, М. Л. Вурне та співавтори (2016)

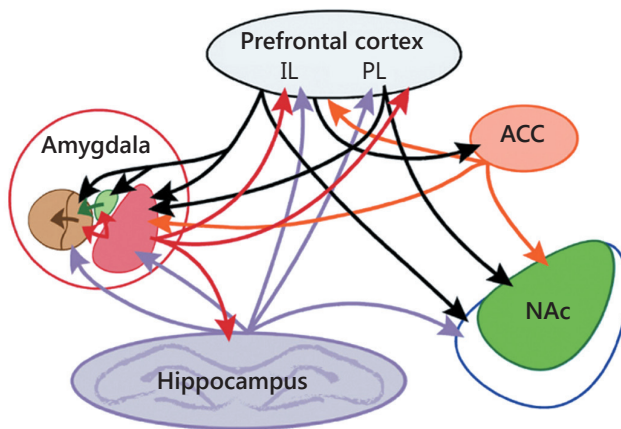


Рис. 36. Взаємодії різних ділянок кори і лімбічної системи у межах матриці болю. J. M. Thompson і V. Neugebauer (2019).

Умовні позначення: IL — infralimbic MPFC; PL — prelimbic MPFC; ACC — anterior cingulate cortex; NAc — nucleus accumbens

ські веретена, описують у медіальній частині цього поля людини (С. А. González-Acosta та співавт., 2018)<sup>1</sup>, а також у корі полюса лобової частки горбача<sup>2</sup>, смугача фінвала<sup>3</sup> (P. R. Hof, E. van der Gucht, 2007) і навіть у дамана капського<sup>4</sup> (M. A. Raghanti та співавт., 2019).

Ось що відомо про поле ВА 10 (рис. 38). Передусім — це найбільша за площею цитоархітектонічна ділянка кори головного мозку людини<sup>5</sup>: її об'єм становить 14 см<sup>3</sup>, тобто 1.2% від об'єму головного мозку<sup>6</sup>; ділянка містить загалом ~250 млн нейронів<sup>7</sup>. Володіє двобічними зв'язками з іншими частинами префронтальної кори, з поясною корою<sup>8</sup>, корою острівця<sup>9</sup>, передньою скроневою корою, тім'яною корою, таламусом<sup>10</sup> і лімбічними структурами (оглянуто К. Peng та співавт., 2019). Медіальна частина

<sup>1</sup>Такого типу клітини виявлено також і в суміжному з ВА 10 полі ВА 9 людини (С. Fajardo та співавт., 2008), однак там їх розмір суттєво менший.

<sup>2</sup>*Megaptera novaeangliae*; екземпляр чоловічого роду.

<sup>3</sup>*Balaenoptera physalus*.

<sup>4</sup>*Procapra capensis*.

<sup>5</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman\\_area\\_10](https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman_area_10) (18.08.2020 р.).

<sup>6</sup>Для порівняння: у бонобо (*шимпанзе карликового*; *Pan paniscus*) ця частка складає 0.74% ([https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman\\_area\\_10#Size](https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman_area_10#Size), з посиланням на: К. Semendeferi та співавт., 2001).

<sup>7</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman\\_area\\_10#Size](https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman_area_10#Size), з посиланням на: К. Semendeferi та співавт., 2001.

<sup>8</sup>ACC — поля ВА 24 і ВА 32; PCC — поля ВА 23, ВА 30 і ВА 31.

<sup>9</sup>Передня частина острівця, поля ВА 13 і ВА 14.

<sup>10</sup>Передусім з *nc. mediodorsalis*, *nc. ventralis anterior* і *ncc. intralaminars*.

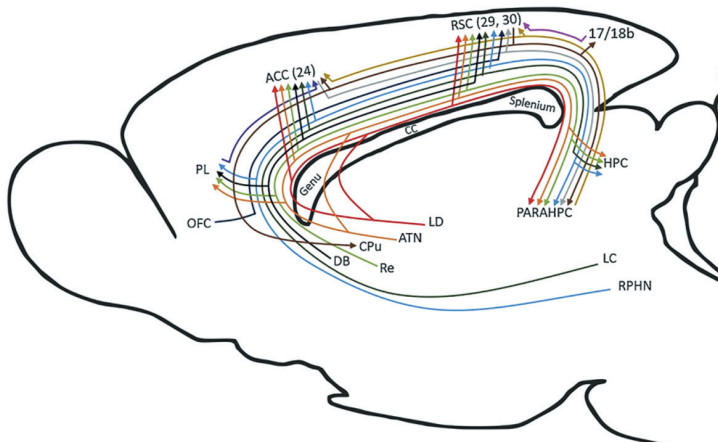


Рис. 37. Асоціативні волокна пояса. Е. J. Bubb та співавтори (2018).

Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; ATN — anterior thalamic nuclei; CC — corpus callosum; DB — diagonal band; HPC — hippocampus (включаючи підставку); LC — locus coeruleus; LD — laterodorsal thalamic nucleus; OFC — orbital frontal cortex; PARAHC — parahippocampal region; PL — prelimbic cortex; RPHN — raphe nucleus; RSC — retrosplenial cortex

поля ВА 10 у приматів з'єднана з багатьма ділянками префронтальної кори, включаючи поля ВА 24 і ВА 32 медіальної поверхні півкуль, поля ВА 11 і ВА 47/12 орбітальної поверхні, а також із зазначеними таламічними ядрами (*Ibid.*). Латеральна частина поля ВА 10 тісно асоційована з латеральною префронтальною корою, особливо з полями ВА 8Ad і ВА 9, рostrальною частиною поля ВА 46 і полів ВА 45 й ВА 47 вентральної поверхні лобової частки (*Ibid.*). Також поле ВА 10 пов'язане з середньою частиною кори верхньої скроневої звивини<sup>1</sup>, з корою верхньої скроневої борозни<sup>2</sup>, з корою полюса скроневої частки, рostrальною частиною парагіпокампальної звивини, з асоціативними тім'яно-потиличними ділянками кори зорового аналізатора, з базальним ядром мигдалеподібного комплексу, дорзо- і вентромедіальними частинами хвостатого ядра, з гіпоталамусом і ЦСР (*Ibid.*).

J. Allman та співавтори (2002) вбачали функцію поля ВА 10 щонайменше у порівнянні поточного стану з накопиченим досвідом, у формуванні кореляту ймовірності отримання винагороди, у формулюванні стратегії поведінки і у здійсненні вибору. На даний час (оглянуто К. Peng та співавтори, 2019; рис. 39) відомо, що поле бере участь у широкій гамі психічних функцій — в оцінюванні ризиків під час прийняття рішень, в оцінці запахів, у підкріпленні й регуляції конфліктної поведінки, у формуванні відчуття болю та в оперативній пам'яті, у розпізнаванні емоцій тощо. Поле входить до складу трьох функціональних мереж мозку: мережі оперантного спокою, мережі виконавчого контролю і мережі значимості, причому функції медіальної і латеральної частин поля відрізняються (*Ibid.*). Приміром, активність латеральної частини корелює з реалізацією оперативної та епізодичної пам'яті, медіальної — у розумінні іншого<sup>3</sup>; латеральна частина демонструє функціональну зв'язність з ACC, DLPFC, VLPFC, передньою частиною острівця, латеральною тім'яною корою<sup>4</sup>, первинною і вторинною соматосенсорною і премоторною корою, з таламусом, стріатумом і мозочком, медіальна частина — переважно з PCC, ACC, полюсом скроневої частки, корою кутової звивини, верхньої і середньої скроневої звивин, з парагіпокампальною звивиною і мигдалеподібним комплексом (*Ibid.*). Зміни об'єму сірої речовини медіальної частини поля ВА 10<sup>5</sup> виявляють на тлі хронічного болювого синдрому, причому хронічний біль частіше пов'язаний зі зменшенням об'єму кори медіальної частини поля, ніж латеральної (*Ibid.*); гострий біль корелює зі змінами функції латеральної частини поля<sup>6</sup>, хронічний — медіальної<sup>7</sup>. Медіальна частина поля, ймовірно, бере участь у когнітивній і емоційній обробці болювої інформації, латеральна — у формуванні залежних від болю змін сенсорних функцій (*Ibid.*). Загалом, поле ВА 10 бере участь в усвідомленні болю, у фокусуванні уваги навколо болювого відчуття і в обумовленій болем дискримінації інших відчуттів, у залежних від болю змінах афективно-мотиваційної сфери, у модулюванні болювого відчуття і сприйняття болю, в асоціації болю і функції пам'яті, у механізмах тригерування болем психічного стресу, тривоги й страху, а також у механізмах хронізації болю (*Ibid.*).

<sup>1</sup> Ділянки Ts2, Ts3 і paAlt.

<sup>2</sup> Ділянки lPa, TAa і TPO.

<sup>3</sup> "Theory of mind".

<sup>4</sup> Ділянка нижньої тім'яної часточки.

<sup>5</sup> Поряд з ACC, острівцем, DLPFC, VLPFC, орбітофронтальною корою, корою верхньої і середньої скроневої звивин, гіпокампом і парагіпокампальною звивиною, стріатумом і мозочком.

<sup>6</sup> Активація.

<sup>7</sup> Деактивація.

## острівець

Острівець<sup>1</sup> (рис. 40-45) — унікальна частина мозку, окреслена навколоострівцевою борозною; центральна борозна поділяє острівець на 2 частини; у більшості спостережень передня частина містить передню, середню і задню короткі острівцеві звивини, задня — передню і задню довгі звивини (L. Q. Uddin та співавт., 2017<sup>2</sup>; H. C. Evrard, 2019). Цитоархітектонічно острівець приматів містить ростровентральну агранулярну<sup>3</sup>, каудодорзальну гранулярну і проміжну дизгранулярну зону<sup>4</sup> (R. Nieuwenhuys, 2012), охоплює поля BA 13, BA 14, BA 16 і BA 44<sup>5</sup>. В острівці людини умовно виокремлюють 4 функціональні зони: 1) середньозадня сенсомоторна; 2) центральна нюхово-смакова; 3) передньовентральна соціоемоційна і 4) передньодорзальна когнітивна (L. Q. Uddin та співавт., 2017)<sup>6</sup>. У поділі острівця на передню і задню частину R. Nieuwenhuys (2012) вбачає реактуалізацію уявлень В. Беца стосовно поділу великих півкуль центральною борозною на рухову (передню) і чутливу (задню) частину, що у такій гіпотезі відображає загальний план будови мозку, особливо у виразненій на спінальному рівні<sup>7</sup>.

Кора острівця інтенсивно васкуляризована, артеріальна кров надходить перфорантними гілками сегмента M2 середньої мозкової артерії<sup>8</sup>, основний стовбур якої лежить на передній нижній острівцевій корі, у ділянці розходження острівцевих борозен; після біфуркації верхній стовбур середньої мозкової артерії преферентно кровопостачає передню, середню і задню короткі звивини (переднього острівця), нижній — задню довгу звивину (заднього острівця; L. Q. Uddin та співавт., 2017). За такого улаштування острівець отримує гілки, сказати б, "найпряміші" стосовно основного стовбура середньої мозкової артерії — прямого продовження внутрішньої сонної артерії. Отже, пульсову активність у корі острівця слід припускати чи

<sup>1</sup> Епонімічна назва — "Island of Reil", навколоострівцева борозна — "sulcus of Reil" (D. K. Binder та співавт., 2007; [https://en.wikipedia.org/wiki/Insular\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Insular_cortex)).

<sup>2</sup> З посиланням на: Mavridis, IN. *Insula: Neuroanatomy, Functions and Clinical Disorders*. Nova Science Publishers; New York, NY: 2014. Gross, *functional and neurosurgical anatomy of the human insula: From basic science to clinical practice*.

<sup>3</sup> Містить 5 шарів.

<sup>4</sup> Передня частина острівця цитоархітектонічно дизгранулярна, задня — гранулярна; точніше — дві гранулярні ділянки кори (Ig1 і Ig2) розташовані у дорзальній частині заднього острівця людини, тоді як вентральна ділянка заднього острівця — дизгранулярна (Id1). Повторимось, що згідно із актуальною цитоархітектонічною схемою (R. Nieuwenhuys, 2012), острівець приматів містить ростровентральну агранулярну зону, каудодорзальну гранулярну і проміжну дизгранулярну зону; внутрішній гранулярний шар (шар IV) є визначником такого розподілу; дизгранулярна кора містить проміжний варіант IV-го шару, з малою кількістю ламінарно слабо диференційованих гранулярних нейронів. Передня частина острівця приматів (в основному агранулярна) містить 5 шарів нейронів, причому 5-й шар, крім пірамідних нейронів, містить гігантські веретена.

<sup>5</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Острівцева\\_кора#Цитоархітектоніка](https://uk.wikipedia.org/wiki/Острівцева_кора#Цитоархітектоніка).

<sup>6</sup> M. F. Glasser та співавтори (2016, *Neuroanat. Suppl. Results*, p. 40) описують 13 функціонально відмінних ділянок кори острівця і прилеглої *operculum frontale*.

<sup>7</sup> Йдеться про те, що передня частина сірої речовини спинного мозку — рухова, задня — чуттєва. R. Nieuwenhuys (2012) свідчить: "**This concept goes in fact back to Betz (1874; Betz, W. (1874). Anatomischer Nachweis zweier Gehirnzentra. Zentralblatt fuer medizinische Wissenschaft, 12,578–580), who claimed that the human cerebral cortex is divided by the plane of the central sulcus (fissure of Rolando) into an anterior domain in which pyramidal cells predominate, and a posterior domain where granule cells prevail.** Brodmann and von Economo and Koskinas indicated that the sulcus centralis insulae represent a continuation of the sulcus centralis on the dorsolateral convexity of the cerebral hemisphere and (roughly) marks the boundary between agranular and granular fields (Fig. 4a and b). The central sulcus of Rolando represents not only a morphological but also a functional boundary, separating the precentral primary somatomotor cortex from the postcentral primary somatosensory cortex. Because the noninsular and insular central sulci are directly continuous, the question arises whether the latter also separates motor from sensory domains. Electrical stimulation studies in epilepsy patients (Mazzola et al., 2006; Ostrowsky et al., 2000, 2002; Stephani et al., 2011) have shown that the posterior insular lobule, that is, the region posterior to the central sulcus, is occupied by four partially overlapping zones, sensitive to general somatosensory, thermoreceptive, nociceptive, general viscerosensory, and gustatory stimuli, respectively (Fig. 1b). The zones sensitive to general somatosensory, temperature, and painful stimuli show a distinct somatotopic organization (Brooks et al., 2005; Hua et al., 2005; Ostrowsky et al., 2002). Stephani et al. (2011) found that the basal part of the area sensitive to gustatory stimuli extends rostral to the central sulcus into the anterior insular lobule (Fig. 1b). The extensive metaanalysis of fMRI-data, performed by Kurth et al. (2010 b), revealed the presence of two gustatory areas in the insula, a larger bilateral area in the mid-dorsal insula (roughly corresponding to the area marked "CH" in Fig. 1d) and a smaller area in the right anterior insula. As regards the localization of motor functions in the human insula, Mutschler et al. (2009) reported, on the basis of a meta-analysis of neuroimaging data, that motor tasks involving both the upper and the lower extremity activate a posterior region in the anterior insular lobule, situated directly in front of the sulcus centralis insulae (HMpFM in Fig. 1c). This region roughly corresponds to the anterobasal part of the sensorimotor domain (SM in Fig. 1d), delineated by Kurth et al. (2010b). However, the data reviewed in the section "Functional studies" of this chapter have sufficiently shown that the human anterior insular lobule is primarily concerned with higher cognitive and emotional tasks, rather than with simple motor activities. **Concluding this discussion of the "anterior-posterior" concept, it may be stated that (1) because the insular region situated posterior to the central sulcus, subserves somatosensory and viscerosensory functions, it may be characterized as "sensory"; (2) although the insular region, situated anterior to the central sulcus, harbors a somatomotor area, the well-known fact that it subserves a multitude of other nonsomatomotor functions renders it incorrect to characterize the entire region as "motor".**" (виділене нами — відповідає уявленням В. Беца, викладеному у праці "Два центра в корковом слое человеческого мозга (краткое сообщение), Московский врачебный вестник, 1874, № 24, июль, стр. 26–28", котру можна знайти у збірнику: Беца В. А. *Анатомические и гистологические исследования* (Избранные труды). Ред. Л. А. Кукуев. М.: Медгиз, 1950, 299 [300] с.).

<sup>8</sup> A. cerebri media.

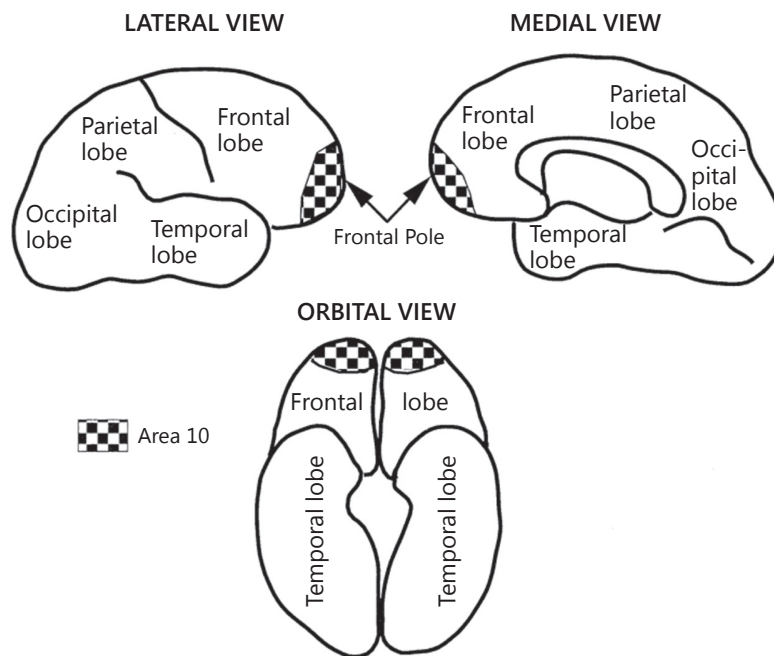


Рис. 38. Локалізація поля ВА 10 у гомінід і людини. К. Semendeferi та співавтори (2007)

не найінтенсивнішою серед усієї кори. Думаємо, це має важливе значення у ретрансляції впливу серцево-судинної системи на вищу психічну сферу (див. том III, с. 11).

За узагальненими даними<sup>1</sup>, острівцева кора бере участь в інтероцепції та контролі автономних функцій, в обробці соматосенсорної інформації, у формуванні вищої репрезентації болю<sup>2</sup> і температурної чутливості<sup>3</sup>, у обробці смакової<sup>4</sup>, нюхової, слухової, зорової<sup>5</sup> та вестибулярної<sup>6</sup> інформації<sup>7</sup>, у забезпеченні рухової пластичності<sup>8</sup>, а також у регуляції широкого спектра вищих психічних функцій — у формуванні емоцій і емоційного досвіду, у формуванні емпатії та у функції соціального пізнання<sup>9</sup>, у функції прийняття рішення<sup>10</sup>, у формуванні уваги і з'ясуванні значимості<sup>11</sup>, в усвідомленні власної помилки<sup>12</sup>, у функції мови і у мовленні, у ряді функцій нейроспіритуалістичного, нейрокогнітивістського, нейроестетичного і нейроаксіологічного спектра<sup>13</sup>. Елементи соціоафективного домену психічної сфери людини, у реалізації котрих бере участь кора острівця<sup>14</sup>, — відчуття болю і огиди, емпатія, тілесне самоусвідомлення, настрої і поведінка залежності<sup>15</sup>; елементи когнітивного домену, для реалізації котрих характерна активність острівця<sup>16</sup> — визначення значимості

<sup>1</sup> Оглянуто у: L. Q. Uddin та співавт., 2017; Н. С. Evrard, 2019; S. W. Han та співавт., 2019. Див. також с. 19 цього тому.

<sup>2</sup> Первинне кіркове сприйняття болю — соматосенсорна кора і задня частина острівця; L. M. Chen, 2017.

<sup>3</sup> Задня частина острівця; R. Nieuwenhuys, 2012.

<sup>4</sup> Первинний кірковий центр смаку разом з лобовою частиною *operculum*.

<sup>5</sup> Ймовірно, саме так слід інтерпретувати дані щодо впливу кардіоцептивного входу на обробку зорової інформації — Н. D. Park, С. Tallon-Baudry, 2014; Н. D. Park та співавт., 2014; С. Tallon-Baudry та співавт., 2018.

<sup>6</sup> Припускають участь у цій функції задньої частини острівця разом із задньою частиною *operculum parietalis* і ретроспленальною корою.

<sup>7</sup> Н. D. Park, С. Tallon-Baudry, 2014; Н. D. Park та співавт., 2014; L. Q. Uddin та співавт., 2017; С. Tallon-Baudry та співавт., 2018.

<sup>8</sup> R. Nieuwenhuys, 2012.

<sup>9</sup> X. Gu та співавт., 2013.

<sup>10</sup> Н. D. Park, О. Blanke, 2019 а, з посиланням на: А. Thielscher, L. Pessoa, 2007.

<sup>11</sup> Салієнтності; L. Q. Uddin та співавт., 2015.

<sup>12</sup> "Error awareness"; Т. А. Klein та співавт., 2013. Розлад цієї функції може лежати в основі розвитку шизофренії, синдрому порушення активності та уваги, розладів спектра аутизму (Т. А. Klein та співавт., 2013). На цій основі, ймовірно, реалізується активність суб'єкта у контексті методології нейро-зворотного зв'язку, або нейротренінгу (<https://en.wikipedia.org/wiki/Neurofeedback>; К. Emmert та співавт., 2016).

<sup>13</sup> Див. наступну главу.

<sup>14</sup> Н. С. Evrard, 2019; S. W. Han та співавт., 2019.

<sup>15</sup> "Addictive behavior".

<sup>16</sup> Н. С. Evrard, 2019; S. W. Han та співавт., 2019.

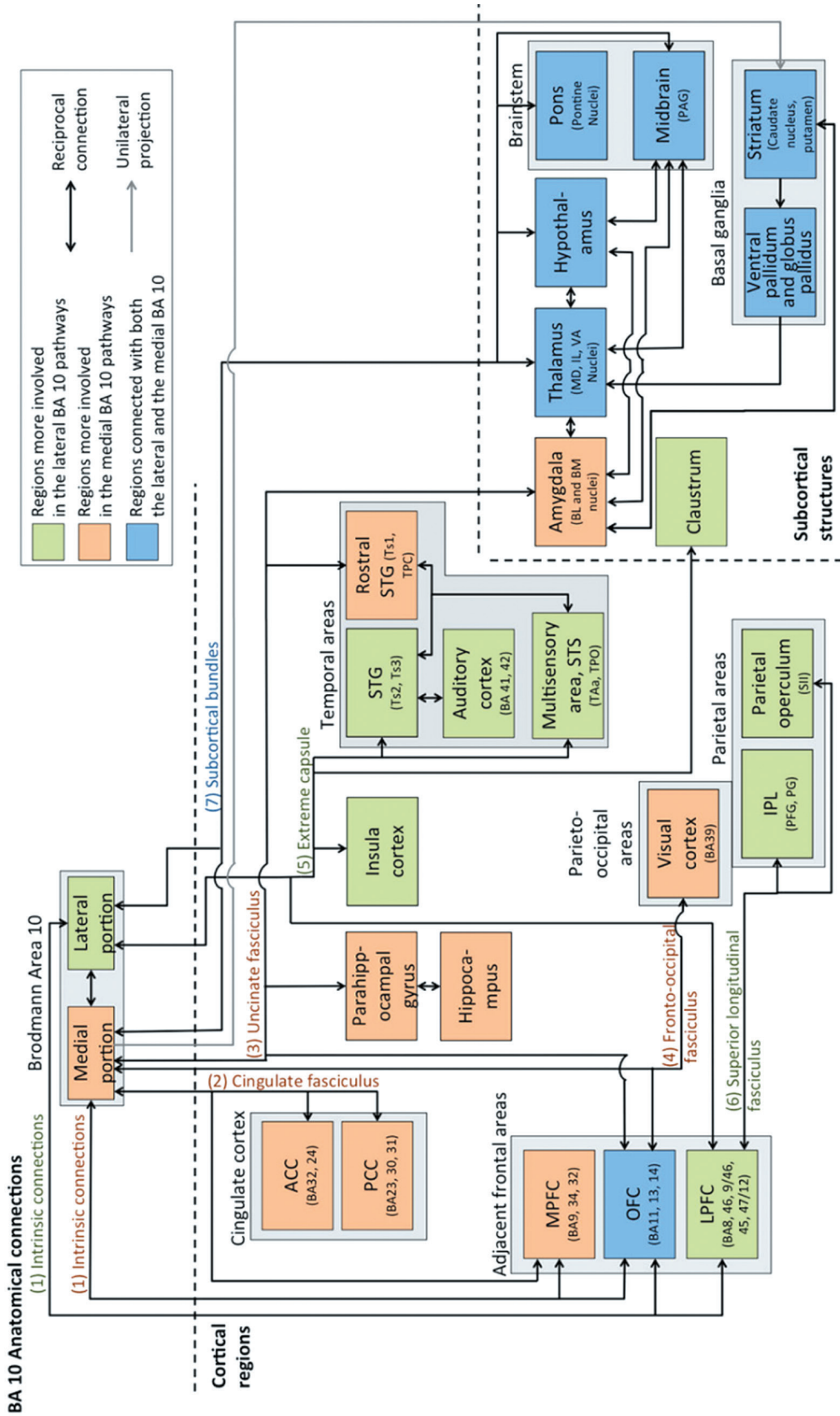


Рис. 39. Анатомічні зв'язки поля ВА 10. К. Ренг та співавтори (2019).

Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; BL — basolateral; BM — basomedial; IL — intralaminar; IPL — inferior parietal lobule; LPFC — lateral prefrontal cortex; MD — mediodorsal; MPFC — medial prefrontal cortex; PCC — posterior cingulate cortex; OFC — orbitofrontal cortex; PAG — periaqueductal gray; PFG — part of rostral inferior parietal convexity; PG — part of caudal inferior convexity; PV — paraventricular; SII — secondary somatosensory cortex; STG — superior temporal gyrus; STS — superior temporal sulcus; TAa — architectonic subdivision of the superior temporal sulcus; TPC — temporal polar cortex; TPO — polysensory region of the superior temporal sulcus; Ts1 — superior temporal area 1



стимулу, прийняття рішення, увага і виконавчий контроль, когнітивна й поведінкова гнучкість<sup>1</sup>. Нагадаємо, що передня острівцева кора і АСС відіграють центральну роль у реалізації функції тілесного самоусвідомлення<sup>2</sup>, зокрема рухового<sup>3</sup> і самовідчуття знання<sup>4</sup>, в упізнанні зображення власного обличчя<sup>5</sup>. Відчуття усвідомлення надходження інформації чи будь-чого — є однією з преферентних для переднього острівця функцій, зокрема для передньонижньої його частини праворуч<sup>6</sup>. Нарешті, передня острівцева кора разом з АСС преферентно активні у момент осягнення смислу, отримання розв'язку, вирішення когнітивної проблеми<sup>7</sup>. Важливо, що саме швидке розповсюдження сформованого в АСС і передній острівцевій корі мережевого кореляту цих вищих психічних станів або швидку комунікацію з іншими ділянками кори під час їхнього формування пов'язують з функцією гігантських веретен (*J. M. Allman та співавт., 2011*). Оскільки у пацієнтів з ураженням роstralної дорзолатеральної частини покришки мосту, котра преферентно зв'язана з передколінною частиною АСС і передньовентральною частиною кори острівця, спостерігають коматозний стан; D. V. Fischer та співавтори (2016) припускають участь гігантських веретен у формуванні стану свідомості, особливо зважаючи на місце у цьому феномені самоусвідомлення — функції, котра здійснюється за участю АСС і передньої острівцевої кори<sup>8</sup> (*J. Allman та співавт., 2002; 2011; див. також с. 22, 23 цього тому*).

J. Allman та співавтори (2002) припускали, що постнатальне дозрівання гігантських веретен корелює (*чи навіть обумовлює*) становлення перелічених психічних функцій, а певні впливи на цей процес можуть збачувати його, обумовлюючи виникнення відповідних розладів. Такі припущення небезпідставні, оскільки зміни функції острівця описано для різноманітної неврологічної і психічної патології (*H. Namkung та співавт., 2017*), зокрема, при шизофренії, соціально-поведінкових розладах<sup>9</sup>, при фронтотемпоральній деменції, при розладах, пов'язаних із вживанням психоактивних речовин (*R. Nieuwenhuys, 2012*), а також при відеоігровій залежності<sup>10</sup> (*L. Wei та співавт., 2017*) і при педофільії (*J. Ponseti та співавт., 2018*).

...Площа кори острівця мізерна, складає лише 2% площі кори головного мозку (*R. Nieuwenhuys, 2012*). Однак, з огляду на безпрецедентну широту функцій, зв'язків з іншими ділянками мозку (*N. Gogolla, 2017*)<sup>11</sup>, наявність великої кількості цитоархітектонічних і функціонально-топографічних та проєкційних зон<sup>12</sup>, острівець вповні заслуговує статусу "мозку у мозкові", "вісцерального мозку" (*L. Q. Uddin та співавт., 2017*) чи окремої, острівцевої частки<sup>13</sup> (*R. Nieuwenhuys, 2012*).

## веретена патології

Що й казати, патологія популяції нейронів, котрі відносять до категорії гігантських веретен, давно відслідковувалася при різноманітних дементивних і психічних захворюваннях<sup>14</sup>. На даний час їх роль імовірна у формуванні розладів спектра аутизму (*F. Cauda та співавт., 2014*), дементивних роз-

<sup>1</sup> "According to this scheme, the signal from AI would be communicated — either directly or indirectly — to the dACC for altering internal models of the environment and/or behavior, to the TPJ for facilitating the cognitive evaluation of the event, to the mSPL for enacting a switch in behavior task set to in response to the event, and to the lateral prefrontal cortex (IF) for implementing an appropriate behavioral response if needed. It is thus this alerting function of the AI that could underlie this region's association with a wide variety of cognitive and affective processes." (*S. W. Han та співавт., 2019; виділено нами — В.М.*)

<sup>2</sup> H. Critchley, A. Seth, 2012; див. с. 22, 23 цього тому.

<sup>3</sup> "Motor awareness".

<sup>4</sup> "Sense of knowing", "feeling of knowing"; оглянуто F. Cauda та співавт., 2014.

<sup>5</sup> J. Allman та співавт., 2011, з посиланням на: C. Devue та співавт., 2007.

<sup>6</sup> Оглянуто J. M. Allman та співавт., 2011.

<sup>7</sup> J. Allman та співавт., 2011, з посиланням на: L. Aziz-Zadeh та співавт., 2009; йдеться про психологічний феномен, що у деяких напрямках отримав назву "insight"; див. виноску 2 на с. 177 цього тому.

<sup>8</sup> Такі припущення не єдині. Як уже відмічалось, існує кілька моделей феномену свідомості, у котрих гігантським веретенам відводять центральне місце, як ключовим довгопроєкційним асоціативним нейронам, залученим до функції тілесного самоусвідомлення (*оглянуто J. Manuella та співавт., 2016*).

<sup>9</sup> Йдеться про "conduct disorder": [https://en.wikipedia.org/wiki/Conduct\\_disorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Conduct_disorder).

<sup>10</sup> "Internet gaming disorder"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_game\\_addiction](https://en.wikipedia.org/wiki/Video_game_addiction).

<sup>11</sup> Значною широтою зв'язків, часто відмінних від зв'язків острівця, володіє і його кіркова тричасткова облямівка — *operculum* (*M. D. Măllia та співавт., 2018*).

<sup>12</sup> F. Cauda та співавт., 2011; R. Nieuwenhuys, 2012; J. Ghaziri та співавт., 2015, 2017; M. F. Glasser та співавт., 2016 (*Neuroanat. Suppl. Results, p. 40*); L. Q. Uddin та співавт., 2017; H. C. Evrard, 2019.

<sup>13</sup> "The human insular cortex forms a distinct, but entirely hidden lobe, situated in the depth of the Sylvian fissure" (*R. Nieuwenhuys, 2012*).

<sup>14</sup> Оглянуто у: W. W. Seeley та співавт., 2006, 2008; C. Butti та співавт., 2013; F. Cauda та співавт., 2014.

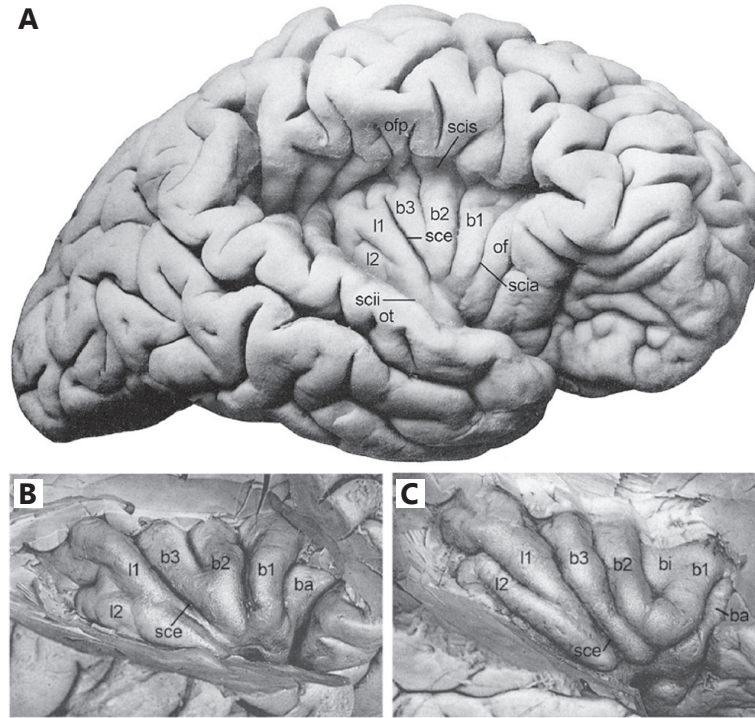


Рис. 40. Острівець людини. **A** — кора покришки відведена задля оголення острівця (репродукція з G. Retzius 1896<sup>1</sup>); **B** і **C** — кора покришки видалена (репродукція з G. Retzius, 1902<sup>2</sup>). R. Nieuwenhuys (2012).  
 Умовні позначення: ba — gyrus brevis accessorius; bi — gyrus brevis intermedius; b1, b2 і b3 — gyrus brevis primus, secundus et tertius; l — gyrus longus; I1, I2 — gyrus longus primus et secundus; of — operculum orbitofrontale; ofp — operculum frontoparietale; ot — operculum temporale; sce — sulcus centralis insulae; scia, scii і scis — sulcus circularis insulae, pars anterior, pars inferior et pars superior

<sup>1</sup>Retzius, G. (1896). *Das Menschenhirn*. Stockholm: Königliche Buchdruckerei P. A. Norstedt und Söner.

<sup>2</sup>Retzius, G. (1902). *Zur Morphologie der Insula Reili*. *Biologische Untersuchungen, Neue Folge X*, 14–20.

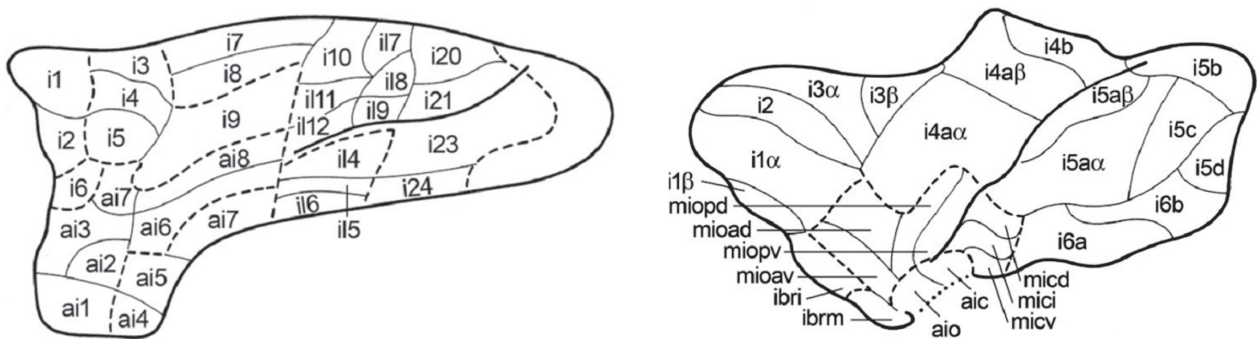


Рис. 41. Цитоархітектонічна парцеляція острівця людини за М. Rose (1928<sup>1</sup>, 1935<sup>2</sup>) і Н. Brockhaus (1940)<sup>3</sup>, наведена R. Nieuwenhuys (2012).

<sup>1</sup>Rose, M. (1928). *Die Inselrinde des Menschen und der Tiere*. *Journal fuer Psychologie und Neurologie*, 37, 467–624.

<sup>2</sup>Rose, M. (1935). *Cytoarchtektunik und Myeloarchtektunik der Groszhirnrinde*. In O. Bumke & O. Foerster (Eds.), *Handbuch der Neurologie* (Vol. I, pp. 589–778). Berlin: Springer.

<sup>3</sup>Brockhaus, H. (1940). *Die Cyto- und Myeloarchitektunik des Cortex claustralis und des Claustrum beim Menschen*. *Journal fuer Psychologie und Neurologie*, 49, 249–348.

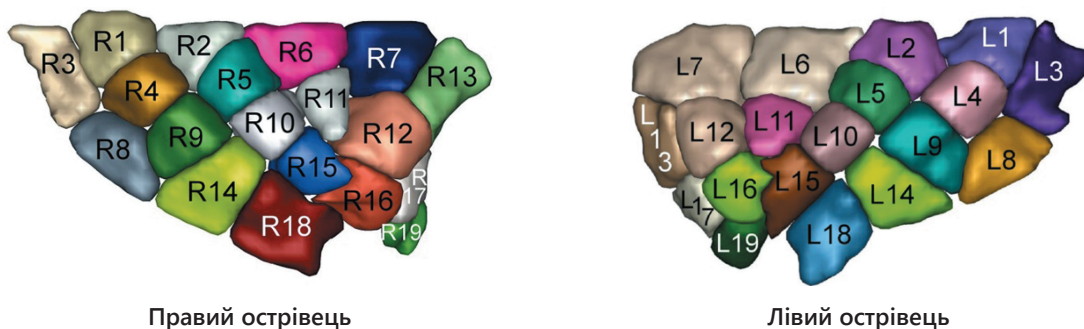


Рис. 42. Парцеляція острівця дорослої людини, виконана на основі реконструкції його волоконних зв'язків із підкірковими ділянками головного мозку<sup>1</sup>. J. Ghaziri та співавтори (2017)

<sup>1</sup>MP-трактографічне дослідження, виконане за алгоритмом HARDI — *high angular resolution diffusion weighted imaging*.

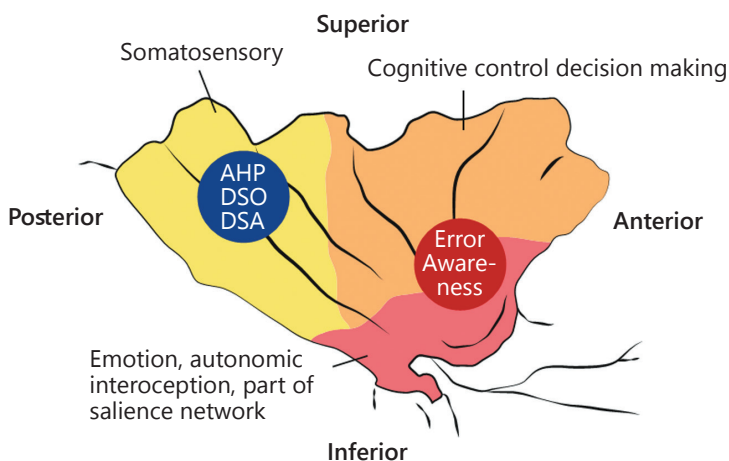


Рис. 43. Функціональна парцеляція острівця людини на основі участі у функції усвідомлення помилки<sup>1</sup> за Т. А. Klein та співавторами (2013), з посиланням на ряд інших даних. Умовні позначення: АНР — anosognosia for hemiplegia; DSO — disturbed sense of ownership; DSA — disturbed sense of agency

<sup>1</sup>“Error awareness”.

ладів<sup>1</sup> (F. Blanc та співавт., 2016), шизофренії<sup>2</sup>, біполярного розладу<sup>3</sup>, алкоголізму<sup>4</sup> (V. V. Senatorov та співавт., 2015), хвороби Паркінсона<sup>5</sup> (Y. Y. Fathy та співавт., 2019), бічного аміотрофічного склерозу<sup>6</sup> (H. Braak, K. Del Tredici, 2018), а також, маніфестує на тлі суїцидальної поведінки при психозах<sup>7</sup> (M. Brüne та співавт., 2011) і у випадку агенезії мозолистого тіла (J. A. Kaufman та співавт., 2008).

Приміром, відомо, що нейрони з ознаками гігантських веретен, високочутливі до молекулярних патологічних реакцій на тлі хвороби Альцгеймера<sup>8</sup>, при цій патології описують втрату до 60% їхньої популяції<sup>9</sup>. Загибель<sup>10</sup> і зміни морфології таких клітин є характерною ознакою ряду форм лобово-скроневої деменції<sup>11</sup>; розглядувані клітини є однією з преферентних нейронних популяцій, для котрої харак-

<sup>1</sup>Хвороба Альцгеймера, ряд форм лобово-скроневої [фронтотемпоральної] деменції, хвороба Піка, ймовірно, деменція з тільцями Леві.

<sup>2</sup>Оглянуто у: С. Butti та співавт., 2013; F. Cauda та співавт., 2014.

<sup>3</sup>Оглянуто у: С. Butti та співавт., 2013.

<sup>4</sup>Зменшення популяції гігантських веретен ACC, виявленої забарвленням крезолом фіолетовим, на 60%.

<sup>5</sup>Накопичення скупчень α-синуклеїну.

<sup>6</sup>Накопичення агрегатів білка TDP-43 (*transactive response DNA-binding protein*) у випадках тривалої маніфестації клінічної картини захворювання.

<sup>7</sup>Кількість гігантських веретен у правій ACC осіб з шизофренією чи біполярним розладом, котрі вчинили самогубство, виявилася більшою, ніж у осіб з цією ж патологією, однак померлих з інших причин.

<sup>8</sup>Е. А. Nimchinsky та співавт., 1995; Т. Gefen та співавт., 2018.

<sup>9</sup>4 пацієнти, середній вік — 73.5 ± 10.6 років, вікові межі вибірки — 60–89 років; Е. А. Nimchinsky та співавт., 1995.

<sup>10</sup>До 74% популяції гігантських веретен лівої ACC; W. W. Seeley та співавт., 2006.

<sup>11</sup>W. W. Seeley та співавт., 2006, 2008; Е. J. Kim та співавт., 2012; А. F. Santillo та співавт., 2013; А. F. Santillo, Е. Englund, 2014; R. H. Tan та співавт.,

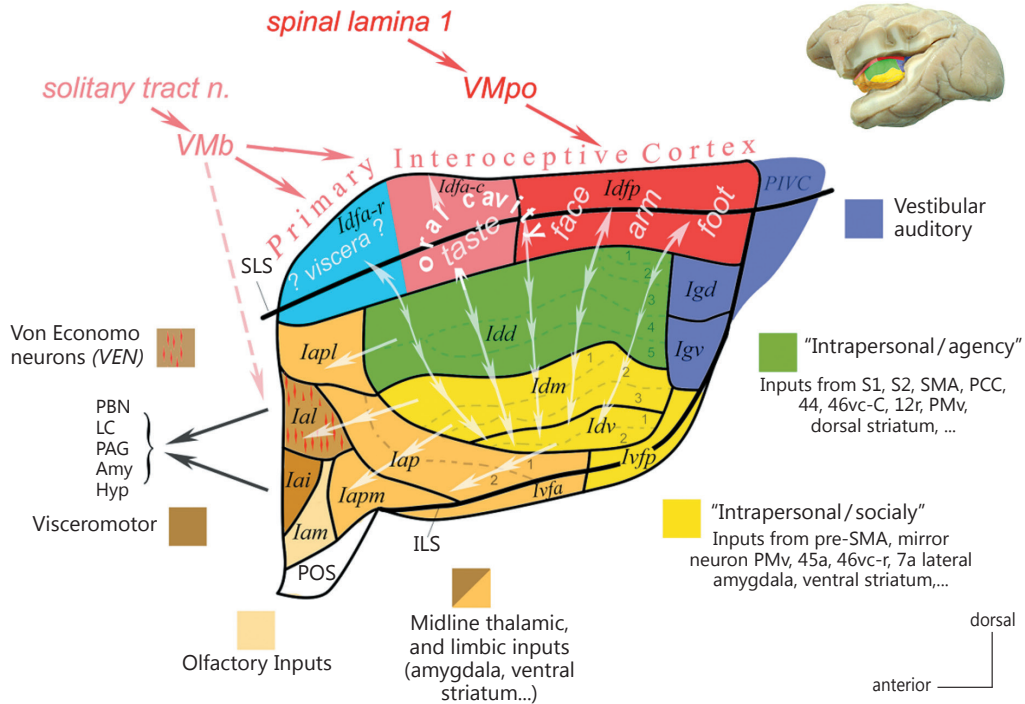


Рис. 44. Інтегральна схема функціонально-морфологічної парцеляції острівця макака за Н. С. Evrard (2019).

Умовні позначення: Amy — amygdala; Hypo — hypothalamus; Iai — intermediate agranular area of the insula; Ial — lateral agranular area of the insula; Iam — medial agranular area of the insula; Iapl — posterior lateral agranular area of the insula; Iap1–2 — posterior agranular area of the insula, subareas 1 and 2; Iapm — posterior medial agranular area of the insula; Idd1–5 — dorsal dysgranular area of the insula, subareas 1 to 5; Idfa — anterior (*granular*) area of the dorsal fundus of the insula; Idfp — posterior (*granular*) area of the dorsal fundus of the insula; Idm1–3 — mound dysgranular area of the insula, subareas 1 to 3; Idv1–2 — ventral dysgranular area of the insula, subareas 1 and 2; IPS — inferior peri-insular sulcus; Ivfa, anterior (agranular) area of the ventral fundus of the insula; Ivfp — posterior (*dysgranular*) area of the ventral fundus of the insula; LC — locus coeruleus; PAG — periaqueductal gray; PBN — parabrachial nucleus; PCC — posterior cingulate cortex; PIVC — parieto-insular vestibular cortex; S1 і S2 — первинна і вторинна соматосенсорна кора, SMA — supplementary motor area; SG — supragenulate nucleus of the thalamus; SPS — superior peri-insular sulcus; VEN — von Economo neuron; VMb — basal part of the ventromedial nucleus of the thalamus; VMpo — posterior part of the ventromedial nucleus of the thalamus

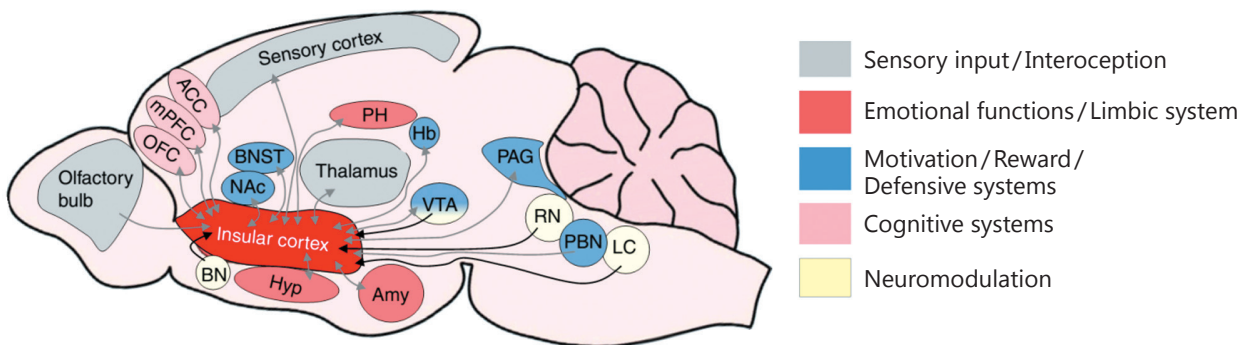


Рис. 45. Парцеляції острівця. Спрощена схема зв'язків острівця у межах мозку гризунів. N. Gogolla (2017).

Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; Amy — amygdala; BN — basal nucleus; BNST — bed nucleus of the stria terminalis; Hb — habenula; Hyp, hypothalamus; LC — locus coeruleus; mPFC, medial prefrontal cortex; NAc, nucleus accumbens; OFC, orbitofrontal cortex; PAG — periaqueductal grey; PBN — parabrachial nucleus; PH — parahippocampus; RN — raphe nuclei; VTA — ventral tegmental area

терне патологічне накопичення  $\tau$ -білка<sup>1</sup> — ймовірного фактора її загибелі. Цікаво, що деменція, обумовлена хворобою Альцгеймера, однак у силу тих чи інших обставин описана як поведінковий варіант лобово-скроневої деменції, не супроводжується суттєвою втратою нейронів, зараховуваних до гігантських веретен<sup>2</sup>.

Преферентне ураження популяції розглядуваних нейронів характерне й для розладів спектра аутизму<sup>3</sup> та для шизофренії<sup>4</sup>; при шизофренії у ділянці АСС відмічають надмірне накопичення ними лізосомальних агрегатів<sup>5</sup>. Спостереження щодо збільшення частки клітин з ознаками гігантських веретен у лобово-острівцевої корі на тлі аутизму<sup>6</sup> можна трактувати як передумову інтероцептивної зануреності психіки<sup>7</sup> у таких пацієнтів, що формує патогномонічний розлад поведінки (див. *M. Santos та співавт., 2011* і *J. Allman та співавт., 2005*).

2014; Y. Yang та співавт., 2017; A. L. Nana та співавт., 2018; P. Gami-Patel та співавт., 2019; L. C. Lin та співавт., 2019.

<sup>1</sup> L. C. Lin та співавт., 2019.

<sup>2</sup> R. H. Tan та співавт., 2019.

<sup>3</sup> E. A. Nimchinsky та співавт., 1995; J. Allman та співавт., 2005; M. L. Simms та співавт., 2009. Причому зменшення популяції розглядуваних нейронів виявлено і для передньої частини МСС — N. Uppal та співавт., 2014.

<sup>4</sup> E. A. Nimchinsky та співавт., 1995; J. Allman та співавт., 2005; M. Brüne та співавт., 2010.

<sup>5</sup> M. Krause та співавт., 2017.

<sup>6</sup> У 2-х із 4-х досліджених пацієнтів — M. Santos та співавт., 2011.

<sup>7</sup> Зважаючи на можливу роль гігантських веретен в інтероцепції (*J. Allman та співавт., 2005*) та егоцентричний характер сприйняття оточуючого світу пацієнтами з аутизмом.

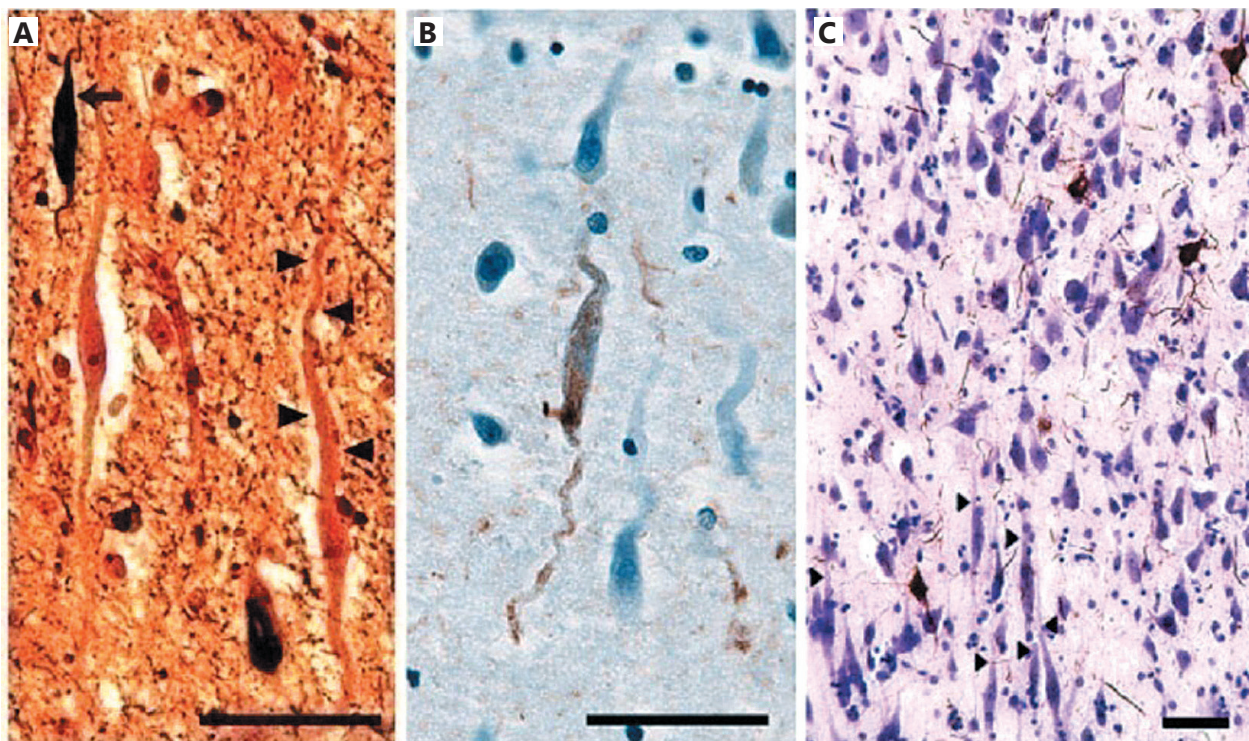


Рис. 46. Нейрони, віднесені до категорії гігантських веретен, на тлі хвороби Піка<sup>1</sup> (**A**, **B**) і хвороби Альцгеймера (**C**). Масштабна смужка у всіх випадках — 50мкм. W. W. Seeley та співавтори (2006)

<sup>1</sup> Англ. — *Pick's disease*.

<sup>2</sup> Забарвлення — "*modified Bielschowsky silver stain*." Патологічні форми позначено стрілкою і наконечниками.

<sup>3</sup> Забарвлення — "*CP-13 antibody/hematoxylin counterstain*."

<sup>4</sup> Забарвлення — "*CP-13 antibody/cresyl violet counterstain*." Апікальні дендрити гігантських веретен позначено наконечниками.

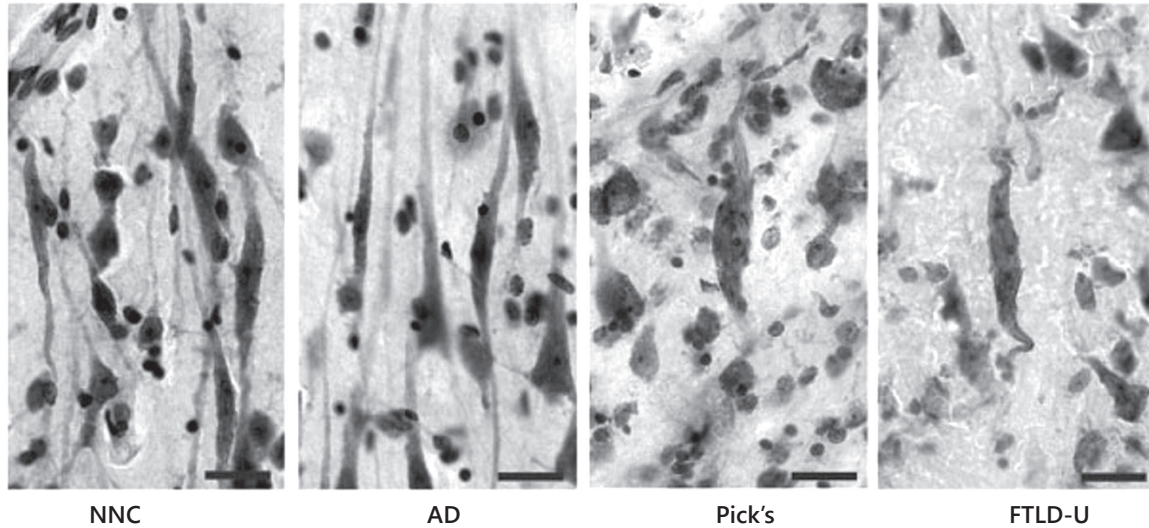


Рис. 47. Нейрони, віднесені до категорії гігантських веретен, на тлі різних форм лобово-скроневої деменції. Забарвлення крезиліновим фіолетовим. Масштабна смужка — 20 мкм. W. W. Seeley та співавтори (2006). Умовні позначення: NNC — nonneurological control subjects; AD — Alzheimer's disease; Pick's — Pick's disease; FTLD-U — frontotemporal dementia with tau-negative, ubiquitin and TDP-43-positive inclusions

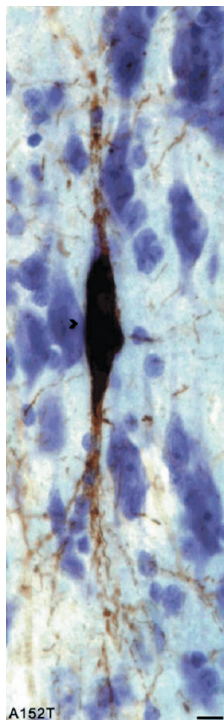


Рис. 48. Варіант накопичення гіперфосфорильованої форми  $\tau$ -білка у нейроні, віднесеному до категорії гігантських веретен, на тлі однієї з форм лобово-скроневої дегенерації<sup>1</sup>. Масштабна смужка — 10 мкм. L. C. Lin та співавтори (2019)

<sup>1</sup>FTLD-tau/MAPT — frontotemporal lobar degeneration with pathogenic variants in the gene encoding microtubule-associated protein tau.

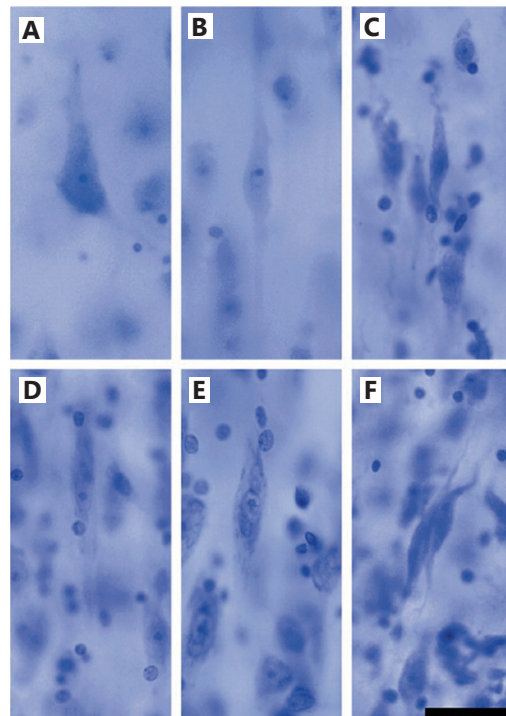


Рис. 49. Нейрони, віднесені до категорії гігантських веретен, у неврологічно інтактних (контрольних) осіб (B) і на тлі аутизму (C-F). A — пірамідний нейрон у контрольної особи<sup>1</sup>. Забарвлення — ймовірно, галоціаніном<sup>2</sup>. Масштабна смужка — 30 мкм. M. Santos та співавтори (2011)

<sup>1</sup>Слід думати, того самого шару і тієї самої ділянки кори, що й представлені нейрони з морфологією гігантських веретен.

<sup>2</sup>У поясненні до Fig. 1 автори позначають забарвлення так: "gallocyanin-stained section." Див. також: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gallocyanin\\_stain](https://en.wikipedia.org/wiki/Gallocyanin_stain).

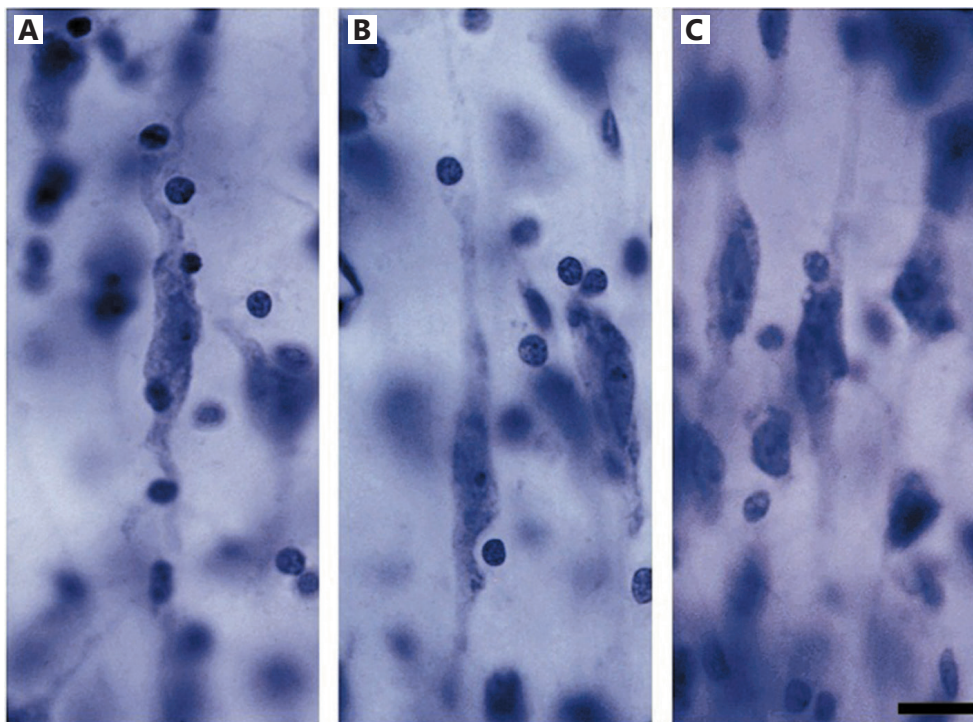


Рис. 50. Основні морфологічні зміни нейронів, віднесених до гігантських веретен, на тлі аутизму. **A** — штопороподібна форма, **B** — оточення клітини олігодендроцитами, **C** — набряк клітини. Масштабна смужка — 10 мкм. С. Butti та співавтори (2013)

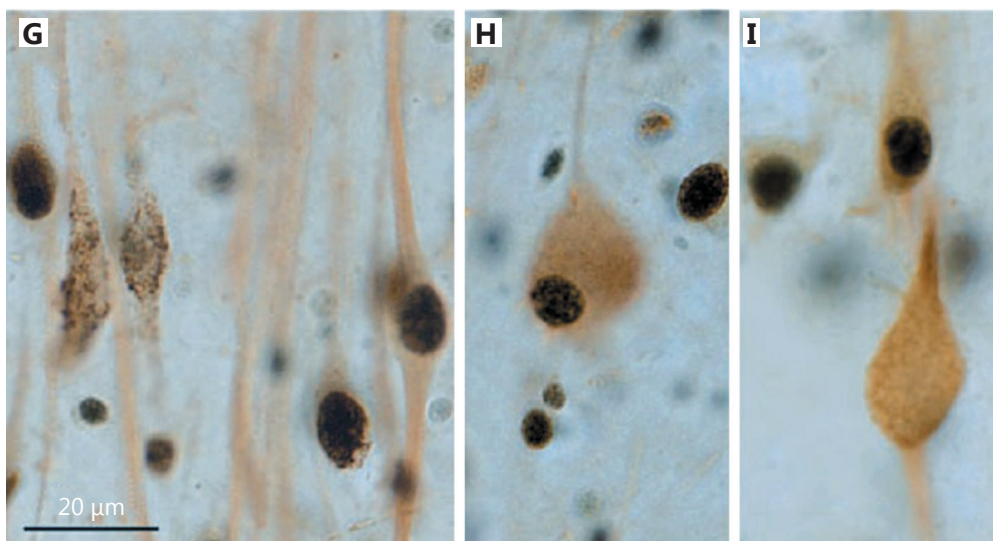


Рис. 51. Патологічні форми нейронів підшару Vb ACC, віднесених до гігантських веретен, на тлі спорадичного бічного аміотрофічного склерозу: **G** — дві клітини зі зміненою експресією TDP-43<sup>1</sup> (ліворуч) поряд з двома збереженими стосовно цієї ознаки; **I** — приклад патологічного набубнявіння клітини розглядуваної категорії<sup>2</sup> (нижче). Імуногістохімічна ідентифікація експресії TDP-43<sup>3</sup>. Н. Braak і К. Del Tredici (2018)

<sup>1</sup> 43-kDa transactive response DNA-binding protein.

<sup>2</sup> В оригіналі — “ballooned von Economo cell”.

<sup>3</sup> Метод забарвлення — “nonphosphorylation-dependent TDP-43 immunocytochemistry”.

\* \* \*

Довершивши інформацію глави у такий спосіб, тобто розкривши наявні дані про морфологію і функцію центральної ланки мозкового ретранслятора інтероцептивних впливів на психіку — гігантських веретен, ми ось на кілька слів повертаємося до драматичної “серцево-мозкової” канви.

Певно, споконвіку, скільки сягають писемні чи усні<sup>1</sup> свідчення, серце мислилось як фокус не лише афективного чи рухового<sup>2</sup> начала, а й когнітивного процесу, причому найбільш глибинного — “мудрості”, “ума”, “внутрішньої людини”, тобто того, що найоб’ємніше характеризує феномен особистості<sup>3</sup>. Дивовижно, але спроби пояснити таку традицію питомо еластичним алегоризмом руйнуються простим питанням: а чому в якості матеріального прототипу для символічного гудза усіх цих вищих психічних функцій було обрано саме серце — вповні ординарний анатомічний орган? Чому не мозок чи, приміром, легені? Серце як алегоричне вмістилище життя — зрозуміло: його зупинка, котру, без сумніву, доводилось не раз спостерігати людям, чи його самодвижна ритмічна рухомість<sup>4</sup> дійсно розкривають тугу зв’язність із феноменом життя. Але при чому тут мнєзис, “мудрість”, “любов і ненависть”, при чому тут взагалі суб’єктність? Адже життя — це не обов’язково мрії, почуття і думки, а це і дихання, і випорожнення, і ще багато чого. Тобто вважати, що саме думання й почуття є найчільнішим атрибутом життя, і цим самим перекидати місток між серцем як його вмістилищем і серцем як сідалом мнєстичного процесу — немає ніяких підстав...

Останні півтора століття людству технологічно вдалося ретельно обмацати мозок і його роль у психічному процесові, причому настільки настирливо й скрупульозно, що на тлі накопичених даних будь-які позбавлені історіографічної мотивації згадки про кардіоцентризм вважаються моветоном (С. U. M. Smith, 2013).

І ось, прямо посеред минулого сторіччя, прохопився дискретний досвід анатомічного кардіоцентризму<sup>5</sup> авторства В. Ф. Войно-Ясенецького. Особистість автора — достоту непересічна, морально довершена й професійно успішна, формулювання концепції — пряме й недвозначне. Напевне, тому від поблажливих іронічних посмішок критиків доднесь тхне світоглядними гримасами епохи перемоги наукового атеїзму.

В. Ф. Войно-Ясенецький у своїй праці “Дух, душа и тело”<sup>6</sup> запропонував максимально адаптований стосовно тогочасної фізіології<sup>7</sup> погляд на зв’язок між функцією рецепторного апарату серця і психікою; він мислив інтегральною участю серця у психічному процесові, вбачаючи у ньому орган особливого внутрішнього відчуття, здатного виявляти і зважувати моральну складову будь-якої інформації, ймовірно, на підставі суми

<sup>1</sup> Йдеться про різні форми усної традиції ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Устная\\_традиция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Устная_традиция)).

<sup>2</sup> Цей аспект оглянуто М. Frampton (2008): *Michael Frampton. Embodiments of Will: Anatomical and Physiological Theories of Voluntary Animal Motion from Greek Antiquity to the Latin Middle Ages, 400 B.C.-A.D. 1300. 1st Edition Paperback: 660 pages. Publisher: VDM Verlag Dr. Müller; 1 edition (December 4, 2008; ISBN-10:363908294X ISBN-13:978-3639082944)*.

<sup>3</sup> N. Yu, 2009 — китайський досвід [N. Yu. *The Chinese HEART in a Cognitive Perspective: Culture, Body, and Language (Applications of Cognitive Linguistics)*. Publisher: Mouton de Gruyter (1816). 2009. 444 pages. ISBN 978-3-11-021334-8]; К.О. Дубровіна, 2006 [Дубровіна К. О. “Філософія серця” в українській культурній традиції. Мультиверсум. Філософський альманах. К.: Центр духовної культури. 2006;52 ([https://www.filosof.com.ua/Jornel/M\\_52/Dubrovina.htm](https://www.filosof.com.ua/Jornel/M_52/Dubrovina.htm))]; Я. С. Гнатюк, 2010 [Гнатюк Я. С. Український кордоцентризм в конфлікті міфології і інтерпретації. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2010. 184 с., <http://194.44.152.155/elib/local/583.pdf>]; А. М. Сокирко, 2010 [Сокирко А. М. Кордоцентризм як ментальна детермінанта української філософської думки доби романтизму. Вісник Черкаського університету. Випуск 190. Серія “Філософія”. Черкаси, 2010:69–74]; І. Шинкар, 2014 [Шинкар І. Кордоцентризм поетичної творчості Тараса Шевченка (вступ до теми). Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Філологія. Соціальні комунікації. 2014;1:281–3, [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvui10l\\_2014\\_1\\_62](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvui10l_2014_1_62)] — український вимір [Г. Сковорода, П. Юркевич, Т. Шевченко]; E. Crivellato, D. Ribatti 2007 — давньогрецька філософія та природознава традиція (Арістотель, Діокл Каристський, Праксагор і також Гиппократ); М. N. Ваг та співавт., 2007, G. Santoro та співавт., 2009, С. U. M. Smith, 2013 — у культурах і релігіях загалом (див. <https://en.wikipedia.org/wiki/Heart#Symbolism>, 15.12.2019).

<sup>4</sup> Серцебиття.

<sup>5</sup> Протягом 70–90-х років з’явилась ще одна версія “анатомічного кардіоцентризму” — радянського дослідника А. И. Гончаренко (2004), з уявленням про диференційований, адресний викид крові сукупністю виштовхувальних ділянок лівого шлуночка й регуляцію через оркестрування їхньої функції активності органів, у тому числі — різних частин мозку (<https://docplayer.ru/34975319-Neizvestnoe-serdce-aleksandr-goncharenko.html>); див. також: [http://rusnauka.narod.ru/lib/author/goncharenko\\_a2/index.html](http://rusnauka.narod.ru/lib/author/goncharenko_a2/index.html)).

<sup>6</sup> Войно-Ясенецький В. Ф. (Архиепископ Лука). Дух, душа и тело. Брюссель : изд-во “Жизнь с Богом”, 1978.

<sup>7</sup> Незважаючи на рік видання цитованого друкованого джерела, написання праці слід відносити до кінця першої половини ХХ століття; джерельна база праці належить в основному до кінця ХІХ — початку ХХ століття.



переконань особистості<sup>1</sup>. Автор вважав, що таке оцінювання і зважування відбувається постійно й мимовільно, стосовно будь-якої внутрішньої чи зовнішньої інформації, його результатом є корекція поведінкової активності, поглиблення досвіду й ряд інших відомих змін особистісних якостей.

Зараз, через сто років, оглядаючи викладений у попередніх і в наступній главі матеріал стосовно мозкових структур, котрі беруть участь у вищому психічному процесові, у функції сфери моральності й у самоусвідомленні, стає очевидною провіденційність таких поглядів: вповні обґрунтованою бачиться думка про значну<sup>2</sup> роль серця — джерела нервових чи фізично-судинних впливів на мозок — у формуванні матеріальних корелятивів психічного процесу<sup>3</sup>. Подорожуючи пластами сучасної інформації поміж сторінок цього й минулих розділів книги, стверджуємося у думці, що у майбутньому упосліджувальне ставлення до таких тверджень буде визнане невиправданою стигматизацією, а коливання “*єдино-вірної/науково-доведеної*” концепції вкотре виявлять іронічне нутро наукового поступу.

Висновок: на черговому помаху маятника — “*Keep Calm and Carry On*”<sup>4</sup>.

## ПОСТЛЮДІЯ

Нещодавно нам трапилась на очі свіжа, у багатьох моментах полемічна праця I. Vanovac та співавторів (2021), аналіз котрої спонукав нас до нового раунду досліджень ролі В. Беца у відкритті гігантських веретен. Матеріал цієї додаткової розвідки буде опубліковано окремо, натомість тут наведемо найважливіші її результати.

Судячи з публікацій I. Vanovac та співавторів (2019, 2021), існує п'ять критеріїв верифікації гігантських веретен як одного із видів “*спеціальних клітин*” за C. von Economo: 1) форма і 2) розмір соми, 3) особливе регіонарне та ламінарне розташування у корі, 4) спосіб відходження аксону і 5) морфологія дендритного дерева. Всупереч впевненості I. Vanovac та співавторів (2021) у тому, що спостереження В. Беца (*відоме нам за російськомовним варіантом його статті 1882-го року*) торкається лиш ординарних, убіквіторних веретеніподібних нейронів кори, очевидно, що у ньому вперше наведено три із перерахованих вище ознак гігантських веретен: 1) веретеніподібна форма, 2) виразно великий розмір, 3) розташування саме у глибокому шарі і саме передньої поясної і острівцевої кори людини. Ситуація з рештою двома диференційними ознаками у історичному плані менш однозначна: 1) специфічне місце відходження аксону описано S. Ramon у Cajal з використанням забарвлення за Гольджі і згодом помилково засвідчене C. von Economo на основі нерелевантного методу забарвлення (*I. Vanovac та співавтор., 2021*); 2) попри узагальнювальний класичний опис S. Ramon у Cajal, сучасні дослідження із використанням методу Гольджі виявляють істотну гетерогенність дендритної морфології серед популяції гігантських веретен (*див. працю N. D. Correa-Júnior та співавтор., 2020, критиковану, щоправда, I. Vanovac та співавтор., 2021*). Більш того, на думку I. Vanovac та співавторів (2021), ідентифікація гігантських веретен у більшості сучасних праць недостовірна і — що ще гірше — в принципі потребує істотного методичного вдосконалення. Щоправда, виникає питання, чи витримає класифікаційна комірка “*гігантські веретена*”, або “*нейрони фон Економо*” випробовування результатами такого вдосконалення із залученням, приміром, молекулярно-генетичних, онтогенетичних, конектомних і функціональних досліджень.

Отже, перші три властивості гігантських веретен описав В. Бец (*див. вище*), решту дві — S. Ramon у Cajal (*див. I. Vanovac та співавтор., 2021*), а сучасна методологія виявлення і тому підстави для класифікаційного виокремлення гігантських веретен — умовні.

Яке місце у цьому всьому C. von Economo? У підсумковій (*на думку W. W. Seeley та співавтор., 2012*) праці за цієї темою C. von Economo (1926<sup>5</sup>) свідчить, що на момент виявлення ним гігантських веретен йому не траплялася інформація про їх існування. У відомій фундаментальній праці (C. von Economo, 2009, с. 14) автор теж демонструє впевненість у піонерському характері власних спостережень, наводячи, тим не менш, ряд попередників і сучасників (*позбавлений В. Беца*), котрі так чи інакше згадували про існування веретеніподібних нейронів відповідної локалізації. Єдиний доброчесний висновок у цій ситуації — маємо справу з “*перевідкриттям*” автором феномену гігантських веретен. Цей момент, а також ретельний опис C. von Economo морфології гігантських веретен із залученням кількох вікових спостережень, спроби осмислення їхнього онтогенезу і функцій передньої поясної та острівцевої кори (C. von Economo, 1926, *див. вище*), надають підстави вважати його роль у дослідженні цієї клітинної популяції непересічною.

І насамкінець. Серед неодноразово цитованої нами англійської збірки праць S. Ramon у Cajal (1988), у місцях, присвячених розглядуваному питанню (с. 252, 280, 346–348), ми знайшли кілька посилань на статтю В. Беца 1881-го року, однак усі вони, на жаль, не розкривають наявну у ній (*виходячи із російськомовного варіанту 1882-го року*) піонерську інформацію стосовно гігантських веретен. Іншими словами, S. Ramon у Cajal у силу тих чи інших обставин не зауважив новизни деталізованого спостереження В. Беца. І можливо, саме із цим, як ми уже зазначали (*див. с. 48–49*), пов'язане “*мовчання*” C. von Economo щодо ролі В. Беца у описанні гігантських веретен.

<sup>1</sup> Тобто совісті.

<sup>2</sup> І, ймовірно, стосовно деяких фундаментальних його атрибутів — визначальну.

<sup>3</sup> Питання з кишені позитивістського світогляду — навіщо? Навіщо “*суто мозкову*” функцію узалежнювати від “*зовнішнього*” стосовно мозку контуру — серця, вісцери й соми? Деякі міркування на цю тему ми виклали наприкінці попередньої глави.

<sup>4</sup> “*Зберігайте спокій і продовжуйте*” [діям]; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Keep\\_Calm\\_and\\_Carry\\_On](https://uk.wikipedia.org/wiki/Keep_Calm_and_Carry_On).

<sup>5</sup> von Economo C. 1926. Eine neue Art Spezialzellen des Lobus cinguli und Lobus insulae. Z Ges Neurol Psychiatr. 100:706–712. Цитований нами англ. переклад наведено у праці W. W. Seeley та співавторів (2012) на с. 248–250.

# ENYGMA

***В. Медведєв***

Є речі, про які найкраще розповідає мовчання.  
І осягаються мовчанням теж.

Та ви це знаєте.  
Отож помовчимо разом наступних сто сторінок.

У цій, заключній главі ми торкнемося багатьох таємниць. Але не для того, аби їх розкрити, а щоб засвідчити їхнє існування даними сучасної нейронауки. Можливо, ще хтось не зрозумів іронію долі: наука залежніша від таємниць, напевне, більше, аніж від будь-чого іншого. Адже їх зникнення, чи “розкриття”, означатиме кінець науки як вістря авангарду людства. Що ще шукати, якщо усе віднайдено? І чи багато пафосу залишиться у нас усіх, якщо науці перепаде роль виключно оформлювача, “*вирішувача конкретних задач виробництва*” поза усяким мрійництвом із красивими схемами й інсталяціями? Але, що найгірше, думаємо, зі зникненням таємниць, часові карбувати весь світ буде не до снаги...

Отже, бережімо таємниці, утверджуймо їх найперше крицею визнання. Ічим самим ми хоча б вирішимо питання працевлаштування майбутніх інтелектуально обдарованих людей.

н о е  
е е т а  
й с и  
р т к

## музичне

**Ритми.** Механізми формування внутрішньої репрезентації музичного ритму, тобто сприйняття й оцінки темпоральних складових музичної гармонії, близькі й дотичні до механізмів репрезентації і метризації часу (том II, с. 185-212). Одним із методів виявлення мозкових корелятивів ритмічних аудіопослідовностей є пошук їхніх частотних відповідників серед спектра осциляцій ЕЕГ<sup>1</sup> — серед простих ЕЕГ-осциляцій<sup>2</sup> виявляють ті, для котрих фазна амплітуда реєстрованого потенціалу електричного поля максимальна<sup>3</sup>, а частота відповідає ритмові прослуховуваного музичного матеріалу. Цікаво, що навіть за відсутності виразної, ритмоутворювальної періодичності серед прослуховуваного контенту, ритміка аудіоматеріалу відтворюється мозком на основі неявних, інтонаційних чи інших особливостей (*оглянуто М. J. Henry та співаєт., 2017*).

Магнітоенцефалографічні дослідження, виконані на тлі прослуховування ритмічних аудіопослідовностей, свідчать про виникнення за таких умов у кіркових мережах автономних генераторів осциляцій — енграм аудіоритму, які відтворюють його структуру навіть у випадку пролапсу ритмоудару (*l. Tal та співаєт., 2018*<sup>4</sup>). Автори припускають, що формування таких осциляційних енграм здійснюється за участю кори верхньої скроневої звивини, додаткової рухової зони кори<sup>5</sup>, інших ділянок кори лобової частки, а також смугастого тіла і мозочка.

Здатність до сприйняття ритмічних аудіопослідовностей демонструє суттєві індивідуальні варіації (*T. McPherson та співаєт., 2018*); істотне значення у виявленні і правильній оцінці ритму на основі звукових акцентів має досвід слухача (*F. L. Bouwer та співаєт., 2018*). Крім того, ритмічний аудіовплив, поданий на тлі низькотонового (130 Гц), але не високотонового (1236.8 Гц) звуку, спричиняє збільшення амплітуди ЕЕГ-коливань відповідної частоти<sup>6</sup>, що створює підстави для інтерпретації давно відомого музичного феномену<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> S. Nozaradan, 2014; S. Nozaradan та співаєт., 2018; B. Zoefel та співаєт., 2018. Йдеться про “*frequency-tagging approach*” — “... a new application of the frequency-tagging approach based on the hypothesis that beat perception is supported by a synchronization of large pools of neurons at the beat frequency.” (S. Nozaradan та співаєт., 2018). Основа методу — розкладання ЕЕГ на спектр коливань різної частоти за допомогою перетворення Гільберта або швидкої трансформації Фур’є (“*fast Fourier transform*”; [https://en.wikipedia.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform)). М. J. Henry та співаєт. (2017) сумніваються у релевантності такого підходу, дискусію продовжують S. Nozaradan та співаєт. (2018), наполягаючи на його валідності.

<sup>2</sup> Частот, на який розкладають первинну ЕЕГ зазначеними математичними засобами.

<sup>3</sup> Вона й відповідатиме частоті ритмічного сенситивного входу.

<sup>4</sup> “*These findings demonstrate that neural activity at the pulse frequency in the auditory cortex is internally generated rather than stimulus-driven. The current results are both consistent with neural resonance theory and with models based on nonlinear response of the brain to rhythmic stimuli.*”

<sup>5</sup> “*Supplementary motor area*”, SMA.

<sup>6</sup> З усього спектра простих коливань, на який розкладено ЕЕГ швидкою трансформацією Фур’є.

<sup>7</sup> Йдеться про використання для задання ритму послідовностей звуків низької частоти, а також увиразнення ритму на тлі низькочастотного (басового) супроводу (*T. Leng та співаєт., 2018*).

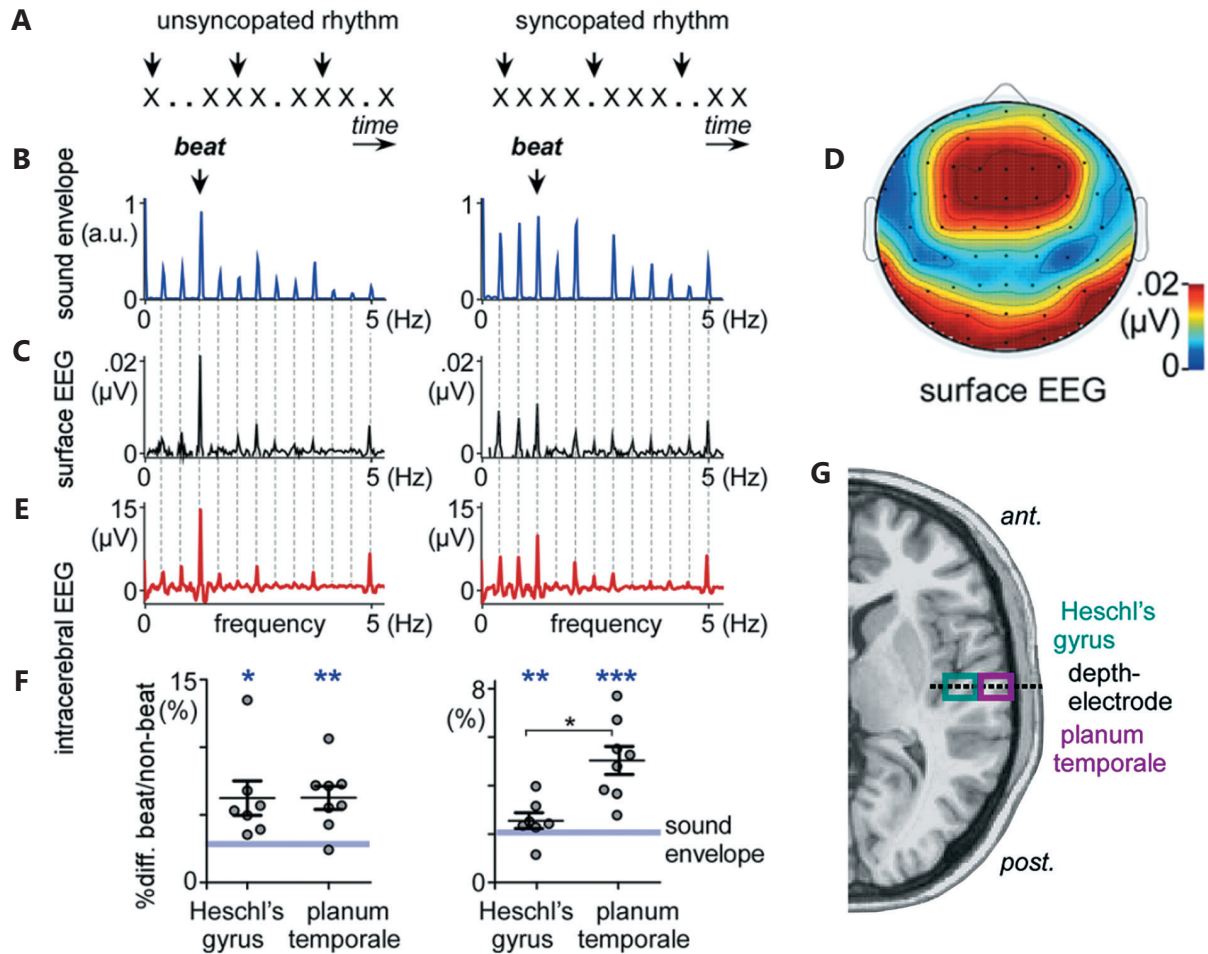


Рис. 52. Схема комбінованого — поверхневого і внутрішньомозкового ЕЕГ-дослідження, результатів спектрального представлення отримуваної ЕЕГ-інформації і віднайдення відповідника ритмоутворювальної аудіоперіодичності серед ЕЕГ-осциляцій, а також підстави для визнання переваги кори *planum temporale* над первинною слуховою корою у механізмах репрезентації аудіоритму (F). Детальніші пояснення — у першоджерелі. S. Nozaradan та співавтори (2018)

**Мова.** Вкотре виявилось: мова має чітку ритмічну<sup>1</sup> структуру<sup>2</sup>, що ставить її в один ряд із музичними феноменами; на тлі сприйняття мови у мережах кори головного мозку<sup>3</sup> відмічають формування магніто-енцефалографічних осциляцій відповідної частоти<sup>4</sup> (N. Ding та співавт., 2016). Формування ритмічних корелятивів сприйнятої мови відбувається радше шляхом розпізнавання її внутрішньої лінгвістично-семантично-синтаксичної, питомо ієрархічної структури (Ibid<sup>5</sup>).

Комплексне сприйняття феномену слова як сукупності мовленнєво-прозодичного, графічно-читального та фонаційного атрибутів дозволяє класифікувати такі мовні одиниці в естетичному вимірі, тобто як естетично довершені чи потворні (A. M. Jacobs, 2017; виправлення — A. M. Jacobs, 2018); ймовірно, схожий підхід можна використати і для естетичного аналізу тієї чи іншої мови загалом.

<sup>1</sup> Й тональну — В. М.

<sup>2</sup> На рівні слів, фраз і речень — кожен із цих лінгвістичних компонентів має свій ритм повторення.

<sup>3</sup> Найбільш виразно — у верхній скроневій звинині (праворуч; прозодичні, або інтонаційні компоненти мови), її задній та середній частинах і у нижній лобовій звинині (ліворуч; синтаксичний і семантичний компоненти мови).

<sup>4</sup> Їх виокремлюють методами, описаними вище.

<sup>5</sup> "Our results indicate that a hierarchy of neural processing timescales underlies grammar-based internal construction of hierarchical linguistic structure." (N. Ding та співавт., 2016).

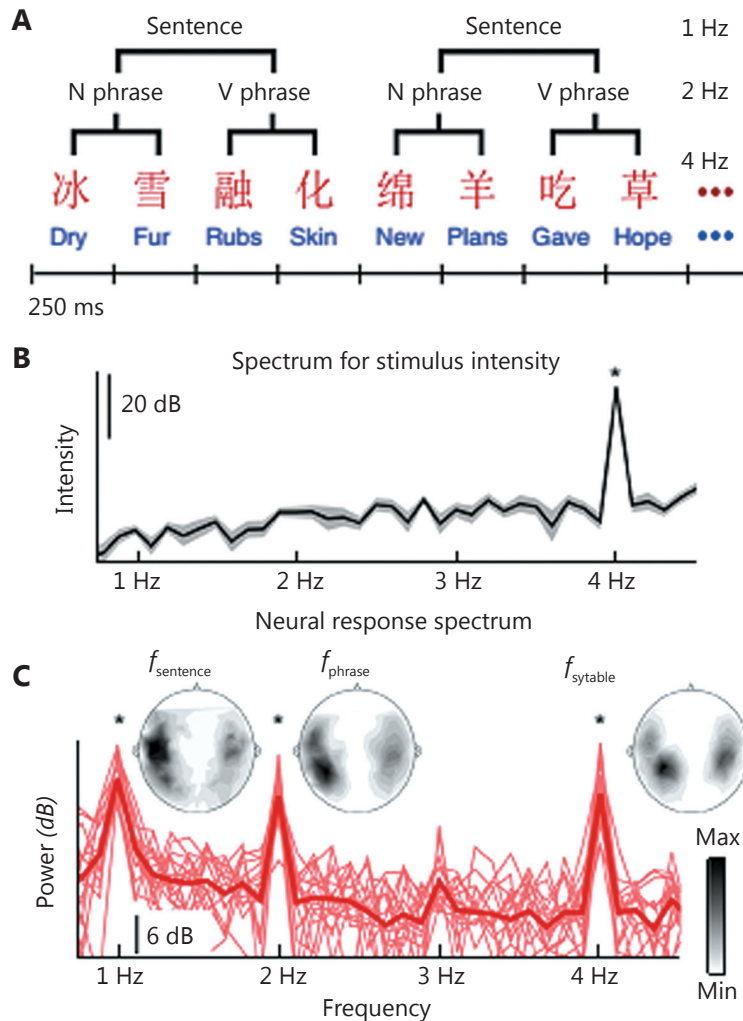


Рис. 53. Ієрархічна структура мови і акцепція її ритміки мозком, розкриті магнітоенцефалографічним дослідженням. Деталі — у першоджерелі. N. Ding та співавтори (2016)

**Музичні розмірності.** У вивченні механізмів сприйняття й енграмування аудіоритмів можливе поєднання скалярного та осциляційного підходів до вирішення проблеми метризації часу мозком. На думку A. Ravignani та співавторів (2018), окремого розгляду заслуговує така обставина сприйняття ритмічних звукових послідовностей: людина, сприймаючи будь-яку ритмічну послідовність, підсвідомо розчленовує її і сприймає як сукупність ланцюгів<sup>1</sup> з найпростішими співвідношеннями тривалостей міжстимульного інтервалу<sup>2</sup>. Тобто вид темпоральної структури будь-якої ритмічної звукової стимуляції можна описати простими співвідношеннями тривалостей звукових стимулів чи інтервалів між ними у межах одного звукового циклу. На думку авторів, така особливість є проявом скалярної метризації тривалостей<sup>3</sup> і завдяки цьому легше ен-

<sup>1</sup> Послідовностей, секвенцій.

<sup>2</sup> 1; 1/2; 3/4; 4/4; 3/2; "integer ratios"; A. Ravignani та співавтори (2018): "A ratio between two inter-onset-intervals (IOIs) is the division between two, usually adjacent durations. Integer ratios can be written as a fraction. An integer ratio is small if the result of the division can be written as a small integer number divided by another small integer number ... Auditory rhythms with small integer ratios between IOIs are common in the world's music .... Psychological and neural research suggests that small integer-ratio rhythms allow a more accurate internal representation (Essens, 1986; Sakai et al., 1999), improved deviance detection (Jones and Yee, 1997; Large and Jones, 1999), enhanced memory (Deutsch, 1986; Palmer and Krumhansl, 1990) and reproduction (Povel and Essens, 1985; Essens, 1986), and better synchronization ... When humans reproduce an initially randomly-timed rhythmic sequence, and this process is repeated in a cascade fashion within one or across several individuals, the sequence is subconsciously reshaped to be composed of IOIs related by small integer ratios."

<sup>3</sup> Для доказу цього припущення автори прагнуть на математичному рівні поєднати два базові підходи у метризації часу: скалярний і ко-

грамуються ритми, внутрішні співвідношення між складовими яких відповідатимуть скалярному правилу репрезентації тривалостей<sup>1</sup>.

**Музика і рухова система.** виявляється, у сприйнятті слухової інформації бере участь присінковий апарат: маточка і мішечок<sup>2</sup> чутливі до звукових стимулів (оглянуто N. P. M. Todd та співаєт., 2014), нейрони вестибулярних ядер при стимуляції гучними ритмічними звуками низької частоти чинять прямі впливи на мотонейрони шийного відділу<sup>3</sup> (*ibid.*<sup>4</sup>) та окорухових м'язів (*ibid.*)<sup>5</sup>. Нейрони присінкових і завиткових ядер віддають проєкції на нейрони різноманітних ядер ретикулярної формації стовбура, зокрема, у парабрахіальний комплекс<sup>6</sup>, що зумовлює вплив низькочастотної ритмічної звукової стимуляції на рухову систему, психічну активацію й автономну нервову систему і проявляється феноменом "руху у такт"<sup>7</sup>, передусім у дітей (J. Phillips-Silver, L. J. Trainor, 2005). Загалом, за версією S. Koelsch (2014), вплив музичної стимуляції на стан рухової системи здійснюється через присінкові і завиткові ядра, пов'язані з ними стовбурові локомоторні групи, за участю нижніх горбиків, присереднього колінчастого тіла<sup>8</sup>, поперечних скроневих звивин<sup>9</sup>, *nc. accumbens*, а також, ймовірно, орбітофронтальної кори, АСС, МСС і так званої ростральної поясної зони<sup>10</sup>, первинної рухової і премоторної кори. Мигдалеподібний комплекс, орбітофронтальна кора і кора поясної звивини відсилають численні проєкції у гіпоталамус, які, на думку S. Koelsch (2014), можуть впливати на гіпоталамічні ядра, що визначають м'язовий тонус<sup>11</sup>. Напевно, музика може суттєво впливати на фізичну працездатність шляхом відведення фокусу уваги від внутрішніх, залежних від втоми, стимулів, що супроводжується пригніченням  $\theta$ -активності і зменшенням функціональної зв'язності між ділянками соматосенсорної кори, збільшенням активності мереж лівої нижньої лобової звивини (C. I. Karageorghis та співаєт., 2018). Загалом, ці дані свідчать про тісний зв'язок між апаратом сприйняття музики, механізмами психічної активації, функцією афективної сфери, рухової і вегетативної систем. Значення такого зв'язку для розуміння контекстуальних флуктуацій м'язового тону, трактування хореографічного мистецтва, а також для інтерпретації нейрореабілітаційних впливів музичних творів — очевидне (N. Schaffert та співаєт., 2019).

**Музика і естетика.** Сприйняття творів музичного мистецтва й отримання у зв'язку з цим естетичного задоволення корелює з активністю мережі оперантного спокою<sup>12</sup>; високою ймовірно, що саме вона відіграє значну роль у реалізації впливу музичного мистецтва на самозанурене мислення, самопізнання<sup>13</sup>,

реляційно-осциляційний. Перший — метризує разові, тобто відтворювані без певної періодичності інтервали, другий (*'categorical perception'*) — пояснює енграмування сприйнятої ритмічної звукової послідовності шляхом формування її синфазного мозкового кореляту, тобто формування (*чи відбір і закріплення*) осцилятора, часові параметри активності якого відповідають енграмованим. Цим автори намагаються ввести у параметри фазної активності сформованого осцилятора ймовірнісний елемент, так що тривалість його циклу набуває значень у межах нормального розподілу і цим самим виникає база для формування скалярності енграмування ритмів.

<sup>1</sup> Йдеться про те, що зі збільшенням масштабу — співвідношення між тривалостями частин метризованого відрізка залишається сталим. Іншими словами, будь-які тривалості у межах циклу енграмуються шляхом підсвідомого вибору саме тих звукових подій (*ритмуотворюючих стимулів* — *пульсів, або, навпаки, тривалості пауз*), співвідношення тривалостей між котрими відповідатиме скалярному правилу. Автори не наводять конкретну архітектуру й можливі мережеві кореляти запропонованого ними механізму: "Here, we explore mathematically the possibility that the human bias toward small integer ratios may be explained by a combination of scalar expectancy and categorical perception ... Critically, the stability of the connection between two or more active neural oscillations, i.e., the "resistance" to external perturbations, depends on the ratio of their periods (e.g., 1:1, 2:1, 2:3). Small integer ratios typically confer greater stability. This may explain the perceptual advantage for integer-ratio stimuli over more complex metrical patterns (Large and Kolen, 1995)." (A. Ravignani та співаєт., 2018).

<sup>2</sup> Utriculus et sacculus.

<sup>3</sup> Зокрема, зростає рівень електричної активності обох *m. sterno-cleido-mastoideus* при зростанні гучності нелатералізованого низькочастотного ритмічного звуку від 90 до 120 дБ: "The stimulus selected was a sample of a single cycle of techno music which consisted of a repetitive percussive sound (Fig. 2). This sample, which sounds like a thud, is quite typical of that which might be experienced in a dance club. The stimulus power spectrum showed that it had peaks at around 100 Hz and 240 Hz, but with a broad distribution. The natural repetition rate was about 2.5 Hz, making it suitable for an EMG averaging run. The stimulus intensity levels to be used were from 90–120 dB SPL in 5-dB steps (A-frequency-weighted and Impulse-time-weighted)."

<sup>4</sup> Із посиланням на: N. P. M. Todd, F. W. Cody, 2000.

<sup>5</sup> Що може слугувати механізмом не лише збільшенням рухової готовності за таких звукових умов, а й рефлекторної реакції повороту очей і голови у бік ймовірного джерела різкого низькочастотного звуку — ознаки ймовірної загрози.

<sup>6</sup> K. Kandler, H. Herbert, 1991; C.D. Balaban, J. F. Thayer, 2001; стосовно інших аферентів комплексу, його структури і функцій — див. том. I, с. 417.

<sup>7</sup> "Move to the beat".

<sup>8</sup> *Corpus geniculatum mediale*.

<sup>9</sup> *Gyri temporales transversi*, звивини Гешля, первинна слухова кора.

<sup>10</sup> "Rostral cingulate zone"; функціональна зона, включає частину АСС і pre-SMA, відповідає за сприйняття помилки і негативного результату виконання завдання, гомологічна "rostral cingulate motor area" приматів (див. K. R. Ridderinkhof та співаєт., 2004). Також, "rostral cingulate zone" — "... convergence zone for interoceptive awareness, internal selection of movements and autonomic regulation." (S. Koelsch, 2014).

<sup>11</sup> У авторському розумінні — "neuroendocrine motor system"; ймовірно, йдеться про орексинергічну систему; S. Koelsch, 2014.

<sup>12</sup> "Default-mode network"; особливо це стосується випадків прослуховування емоційно вражаючих чи улюблених тем і випадків недосвічених прослуховувачів ("naïve listeners") — оглянуто M. Reybrouck та співаєт., 2018.

<sup>13</sup> "Introspective thought".

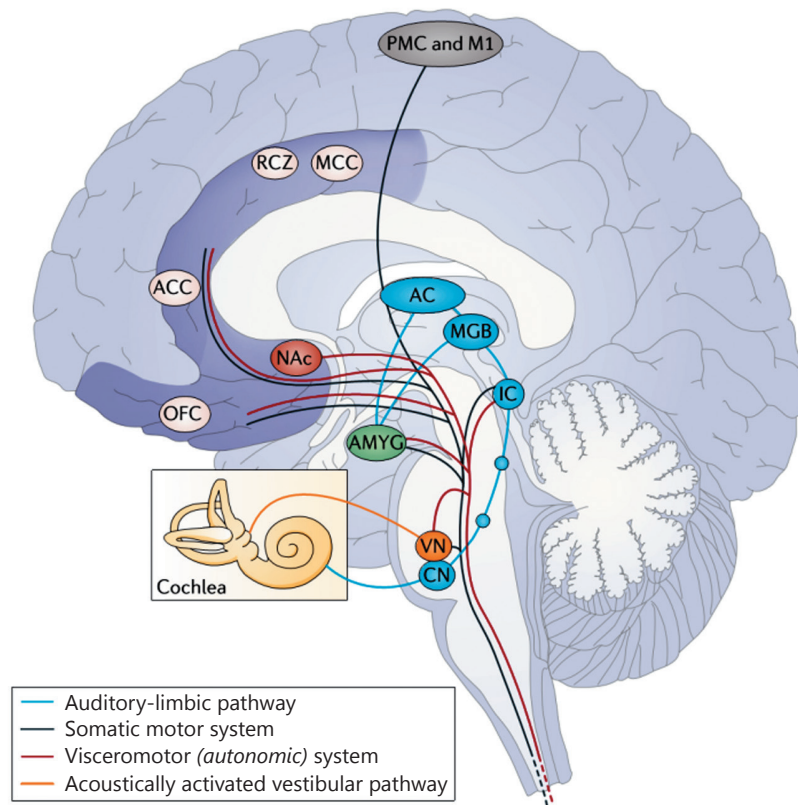


Рис. 54. Ймовірні шляхи впливу музичної стимуляції на рухову і вегетативну систему за S. Koelsch (2014). Умовні позначення: AC — auditory cortex; ACC — anterior cingulate cortex; AMYG — amygdala; CN — cochlear nuclei; IC — inferior colliculus; M1 — primary motor cortex; MCC — middle cingulate cortex; MGB — medial geniculate body; NAc — nucleus accumbens; OFC — orbitofrontal cortex; PMC — premotor cortex; RCZ — rostral cingulate zone; VN — vestibular nuclei

формування особистості<sup>1</sup>, її ідентичності й культурної належності<sup>2</sup>, особливо у підлітковому віці (оглянуто M. Reybrouck та співавт., 2018<sup>3</sup>). Відомо, що прослуховування печальної музики асоційоване зі збільшенням активності центральних елементів мережі оперантного спокою<sup>4</sup> на тлі їхньої низької функціональної зв'язності з іншими ділянками мозку (Ibid.<sup>5</sup>). Прослуховування приємної музики супроводжується активацією мережі слухового сприйняття<sup>6</sup> і мережі підкріплення<sup>7</sup> (Ibid.<sup>8</sup>).

За даними W. Trost та співавторів (2012), прослуховування музичного твору, на відміну від прослуховування рандомізованих атональних звукових послідовностей, супроводжується суттєвим збільшенням активності ретроспленіальної зони кори поясної звивини<sup>9</sup> (двобічно), вентрального стріатума<sup>10</sup> (двобічно) і правої блідої кулі, підколінної (двобічно) і ростральної (праворуч) частини ACC, правого гіпокампа та лівої парагіпокампальної звивини, правої середньої скроневої звивини, передньої частини лівого острівця, кори

<sup>1</sup> "Formation of self".

<sup>2</sup> "Identity, and cultural belongingness."

<sup>3</sup> З посиланням на: E. A. Vessel та співавт., 2013; S. Saarikallio, J. Erkkilä, 2007; J. Tanner та співавт., 2008.

<sup>4</sup> Медіальної орбітофронтальної кори, ACC і PCC.

<sup>5</sup> На відміну від стану прослуховування життєрадісного музичного матеріалу; M. Reybrouck та співавт., 2018, з посиланням на L. Taruffi та співавт., 2017.

<sup>6</sup> Верхню та середню скроневи звивини, покривку ("Rolandic operculum"), звивини Гешля (gyri temporales transversae; M. Reybrouck та співавт., 2018, з посиланням на: за C. Liu та співавт., 2017).

<sup>7</sup> Смугасте тіло й бліда куля, таламус, острівець, мигдалеподібний комплекс, нюхова ділянка кори.

<sup>8</sup> Із посиланням на: C. Liu та співавт., 2017.

<sup>9</sup> "Retrosplenial cingulate cortex."

<sup>10</sup> Відповідає *nc. accumbens* більшості ссавців.

нижньої лобової звивини<sup>1</sup> (*праворуч*), первинної і вторинної соматосенсорної кори праворуч, рухової кори праворуч, зорових зон кори потиличної частки ліворуч і лівої частини мозочка. Для прослуховування емоційно напружених<sup>2</sup> музичних тем характерна суттєва двобічна активація кори верхньої скроневої звивини, правої первинної рухової і премоторної зон кори, правої парагіпокампальної звивини, головки хвостатого ядра праворуч, ділянки прекіна праворуч і лівих відділів мозочка (*Ibid.*). Для прослуховування радісних, життєствердних чи зачудовуючих<sup>3</sup> тем характерна двобічна активація кори верхньої скроневої звивини, центрального стріатума ліворуч, кори острівця; для спокійних, ніжних, ностальгічних чи "поза межних"<sup>4</sup> тем — підколінної і ростральної частини АСС ліворуч, медіальної орбітофронтальної кори праворуч, вентрального стріатума праворуч, правої парагіпокампальної звивини і правого гіпокампа, правої первинної соматосенсорної кори, середньої частини первинної рухової кори праворуч; для печальних тем — правої парагіпокампальної звивини, ростральної (*ліворуч*) і підколінної (*праворуч*) ділянок АСС (*Ibid.*). Якщо, слідуючи за авторами, розділити прослуховувані твори стосовно їхнього впливу на психічну активацію<sup>5</sup>, на тлі значної його величини<sup>6</sup> спостерігали збільшення активності у ділянці стріатума і острівця ліворуч, а також сенсорних і рухових зон кори<sup>7</sup>, на тлі ж пригнічення психічної активації<sup>8</sup> — у ділянці стріатума і орбітофронтальної кори праворуч, а також VMPFC і гіпокампа<sup>9</sup>; нарешті, прослуховування позитивних, таких, що істотно активують психіку, музичних тем<sup>10</sup> супроводжується преферентним збудженням у ділянці правої парагіпокампальної звивини (*Ibid.*).

**Музика і емоції у нейропсихологічній перспективі.** При загальному окресленні, у сприйнятті музики, формуванні її емоційних корелятивів, окрім ділянок слухової кори, беруть участь наступні зони мозку<sup>11</sup> (*оглянуто у: S. Koelsch, 2014, 2018*): орбітофронтальна кора, префронтальна кора (*поле BA 8*<sup>12</sup>), предодаткова рухова кора<sup>13</sup>, АСС і так звана ростральна поясна зона<sup>14</sup>, МСС, передня частина кори острівця, кора полюса скроневої частки, кора прекіна (*поле BA 7*<sup>15</sup>), кора парагіпокампальної звивини і гіпокампальна формація, *пс. accumbens*<sup>16</sup>, мигдалеподібний комплекс<sup>17</sup>, а також, можливо, MPFC як елемент мережі оперантного спокою; інші ймовірні ділянки — головка хвостатого ядра<sup>18</sup>, медіодорзальна частина таламуса<sup>19</sup>, задня частина кори острівця і *operculum parietale*, передня частина кори верхньої скроневої звивини.

Шляхи і механізми впливу музики на емоційне тло людини наступні (*оглянуто А. Gomila, J. F. Christensen, 2018*). 1. Ймовірно, ще на рівні стовбурових відділів зі звукового потоку виокремлюються характеристики, котрі свідчать про його консонантність; це може бути причиною швидкої активації емоційно негативних, аверсивних реакцій у відповідь на різку дисонантну звукову стимуляцію<sup>20</sup> або, у протилежному випадку, —

<sup>1</sup> Pars triangularis.

<sup>2</sup> "Tension".

<sup>3</sup> "Joy, power, and wonder".

<sup>4</sup> "Peacefulness, tenderness, nostalgia, and transcendence."

<sup>5</sup> "Arousal"; хоча запропонований авторами розподіл видається дещо штучним; психічна активація у широкому сенсі не може не супроводжувати значне естетичне переживання під час прослуховування будь-яких, визначних для суб'єкта тем, не важливо — життєрадісних чи щемливих; загальновідомі специфічні прояви такого аудіоконтенту — шкірні парестезійні реакції.

<sup>6</sup> Для музичних тем із кластеру "higharousing; wonder, joy".

<sup>7</sup> Для музичних тем із кластеру "tension, power, and joy".

<sup>8</sup> "Low-arousing"; музичні теми із кластеру "nostalgia, tenderness".

<sup>9</sup> Для музичних тем із кластеру "peacefulness, nostalgia, and sadness".

<sup>10</sup> Лексика авторів — "positive high-arousal conditions".

<sup>11</sup> Оглянуто у: R. J. Zatorre, V. N. Salimpoor, 2013; S. Koelsch, 2014, D. Omigie, 2015; M. Sachs та співавт., 2018.

<sup>12</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman\\_area\\_8](https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman_area_8); "has a putative role in musical tension owing to prediction difficulty and uncertainty" (S. Koelsch, 2014); ймовірно, важливі й інші ділянки префронтальної кори.

<sup>13</sup> "Pre-supplementary motor area", pre-SMA; "... involved in complex cognitive motor programming and preparation of voluntary action plans — for example, to dance." (S. Koelsch, 2014).

<sup>14</sup> Див. вище.

<sup>15</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman\\_area\\_7](https://en.wikipedia.org/wiki/Brodman_area_7).

<sup>16</sup> Формування насолоди від прослуховування музики, позитивного підкріплення; отримує входи від слухової кори; (N. Martínez-Molina та співавт., 2016).

<sup>17</sup> "... superficial amygdala (SF) and medial nucleus of the amygdala (MeA): sensitive to socio-affective information and modulate approach — withdrawal behaviour in response to such information; laterobasal amygdala (LB) — codes the positive or negative reward value of music and regulates neural input into the hippocampal formation; central nuclei of the amygdala (CeA): involved in autonomic, endocrine and behavioural responses, and expression of emotion." (S. Koelsch, 2014).

<sup>18</sup> "... involved in the initiation and patterning of somatomotor behaviour, anticipation of frissons." (S. Koelsch, 2014).

<sup>19</sup> "... modulates corticocortical communication, movement control and approach-withdrawal behaviour." (S. Koelsch, 2014).

<sup>20</sup> A. Gomila, J. F. Christensen, 2018, з посиланням на: D. E. Berlyne, 1971 [Berlyne, D. E., 1971. *Aesthetics and Psychobiology*. Appleton-Century-



причиною атрактивного ефекту. **2.** Музичний стимул може викликати певну емоційну відповідь, будучи раніше в силу тих чи інших обставин пов'язаним<sup>1</sup> із тригером такої відповіді<sup>2</sup>; краще такі зв'язки формуються за участю мелодичних складових музики<sup>3</sup>; зв'язок може бути "ідіосинкразійним", тобто виникати швидко і потужно проявлятися<sup>4</sup>. **3.** Інший механізм — суспільно обумовлене емоційне зараження<sup>5</sup>. E. Prochazkova і M. E. Kret (2017) розглядають цей феномен як ускладнене похідне класу простіших реакцій — мімікрій: автоматичних рухових чи вегетативних актів, котрі віддзеркалюють аналогічні дії чи стани іншого. Хрестоматійні приклади — широкий спектр фаціальних мімікрій<sup>6</sup> і розповсюдження плачу поміж немовлят (*Ibid.*). Сприйняття тригеру автономної мімікрії<sup>7</sup> здійснюється за участю верхніх горбиків, подушки таламуса<sup>8</sup> і мигдалеподібного комплексу, формування реакції — за участю блакитного місця; мигдалеподібний комплекс у контексті цієї реакції впливає на орбітофронтальну кору і АСС, разом з орбітофронтальною корою — на кору верхньої скроневої борозни<sup>9</sup> (*Ibid.*). Сприйняття тригерів рухової мімікрії здійснюється за участю системи дзеркальних нейронів<sup>10</sup>, котрі у людини, ймовірно, розташовані у премоторній та додатковій руховій корі, у первинній соматосенсорній корі, у нижній тім'яній ділянці кори, а також у корі нижньої лобової звивини і верхньої скроневої борозни (*Ibid.*). Споглядання за мімічною й іншою руховою активністю партнера супроводжуються, окрім іншого, активацією кори у ділянці верхньої скроневої борозни; ймовірно, вторинну активацію спостерігають у корі нижньої частини тім'яної частки (*поле ВА 39 і ВА 40*), далі — у корі нижньої лобової звивини (*поле ВА 45, ВА 44 і ВА 6*), котра відіграє важливу роль у соціальному пізнанні<sup>11</sup> й у формуванні цілі (*Ibid.*). Ймовірно, популяція дзеркальних нейронів відіграє також значну роль у формуванні мозкових корелятів емпатії (*Ibid.*); ключовим поєднувачем мережі дзеркальних нейронів з афективною є передня частина кори острівця (*Ibid.*), фМРТ-реєстрована активність котрої на тлі сприйняття емоційних виразів обличчя корелює у часі з активністю премоторної кори, кори нижньої лобової звивини, верхньої скроневої звивини і мигдалеподібного комплексу (*Ibid.*<sup>12</sup>). У зв'язку з цим, E. Prochazkova і M. E. Kret (2017) розглядають феномен емоційного зараження як субстрат для виникнення емпатії. Можливо також, що елементи нейральної мережі феномену емоційного зараження беруть участь у формуванні реакції на прозодичні<sup>13</sup> характеристики мови (*Ibid.*). **4.** Припускають вплив музичної стимуляції на емоційне тло людини через сферу уяви (A. Gomila, J. F. Christensen, 2018), тригерування спогадів певних подій чи переживань і формування ностальгії. За даними F. S. Barrett і P. Janata (2016), ностальгія, виникнення якої під час прослуховування музичних творів має суттєві міжіндивідуальні варіації, супроводжується змінами активності структур середньо-

---

ry-Crofts, New York); J. L. Burt та співавт., 1995; E. Rolls, 2007 [Rolls, E., 2007. *Emotion elicited by primary reinforcers and following stimulus-reinforcement association learning*. In: Coan, J. A., Allen, J. B. (Eds.), *Handbook of Sloboda, J. A., Juslin, P. N., 2001. Psychological perspectives on music and emotion*. In: Juslin, P. N., Sloboda, J. A. (Eds.), *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford University Press, Oxford, pp. 71–104].

<sup>1</sup> Йдеться про зв'язок на кшталт умовного рефлексу.

<sup>2</sup> Йдеться про формування умовної відповіді, асоціації музичного стимулу з емоційним — "emotional conditioning"; не потребують суттєвого залучення кори великого мозку, натомість залежать від активності мигдалеподібного комплексу і мозочка.

<sup>3</sup> A. Gomila, J. F. Christensen, 2018, з посиланням на J. A. Sloboda та P. N. Juslin, 2001.

<sup>4</sup> A. Gomila, J. F. Christensen, 2018, з посиланням на M. E. Blair та T. A. Shimp, 1992.

<sup>5</sup> "Emotional contagion"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Emotional\\_contagion](https://en.wikipedia.org/wiki/Emotional_contagion). A. Gomila, J. F. Christensen, 2018, з посиланням на: Davies, S., 2013. Music-to-listener emotional contagion. In: Cochrane, T., Fantini, B., Scherer, K. (Eds.), *The Emotional Power of Music*. Oxford University Press, Oxford, pp. 169–176. Хоча можливо, що, опираючись на наявні у пам'яті асоціації слухових компонентів музики і емоційного стану її прослуховувачів, відбувається "емоційне зараження" відносно таких внутрішніх образів.

<sup>6</sup> Мімікрія виразу обличчя, співдружній зоровий контакт з партнером ("перетин поглядами"), мімікрія зіниці (копіювання розміру зіниці у споглядача), мімікрія позихання, мімікрія емоційної фаціальної гіперемії (почервоніння обличчя).

<sup>7</sup> "Autonomic mimicry"; відтворення ознак вегетативного стану іншого; один з видів емоційного зараження, включає синхронізацію різноманітних показників функції вегетативної нервової системи, активності серцево-судинної й ендокринної систем.

<sup>8</sup> *Pulvinar thalami*.

<sup>9</sup> Ця ділянка кори бере участь у швидкій обробці суттєвих афективних стимулів, інші перелічені ділянки — в емоційному контролі та у вищих формах емпатії, наприклад, розгляду і розуміння ситуації з точки зору іншої особи — "perspective-taking" (<https://en.wikipedia.org/wiki/Perspective-taking>).

<sup>10</sup> Mirror neuron system; [https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror\\_neuron](https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror_neuron): "In a 2013 article for *Wired*, Christian Jarrett cautioned that: ...mirror neurons are an exciting, intriguing discovery — but when you see them mentioned in the media, remember that most of the research on these cells has been conducted in monkeys. Remember too that there are many different types of mirror neuron. And that we're still trying to establish for sure whether they exist in humans, and how they compare with the monkey versions. As for understanding the functional significance of these cells ... don't be fooled: that journey has only just begun [12]."

<sup>11</sup> "Social cognition".

<sup>12</sup> З посиланням на: L. Carr та співавт., 2003.

<sup>13</sup> Вимовно-інтонаційні.

го мозку, зокрема, VTA і чорної речовини<sup>1</sup>, ділянки посередині стінки 4-го шлуночка<sup>2</sup>, ряду ділянок мосту, ЦСР, мозочка, АСС<sup>3</sup>, кори правої нижньої лобової звивини і передньої кори острівця праворуч. 5. Ще один механізм впливу — через так звані музичні очікування<sup>4</sup>, що підсвідомо вибудовуються під час прослуховування музичного твору: контекстуалізація чи несподіване відхилення від очікуваного розвитку музичної теми викликають певну емоційну реакцію у слухача (оглянуто А. Gomila, J. F. Christensen, 2018). З цієї точки зору сприйняття музики — квазікогнітивний процес<sup>5</sup>.

З усього наведеного очевидно, що музика, як і всі інші види мистецтва, є атрибутом вищої психічної сфери (S. Malloch, C. Trevarthen, 2018<sup>6</sup>), її сприйняття відбувається за участю асоціативних зон мозку і найскладніших нейронних мереж<sup>7</sup>, а живе відтворення — є одним із найскладніших прикладів самовираження людини із тонким залученням рухової й вегетативної систем.

## візуальне

Як і у випадку музичного, нас цікавитимуть саме естетичні аспекти візуального сприйняття. Ось що відомо у цьому стосунку.

При порівнянні фМРТ-картини головного мозку на тлі споглядання красивих печальних образів і потворних образів<sup>8</sup> (T. Ishizu, S. Zeki 2017) значущу різницю активності<sup>9</sup> спостерігали щодо латеральних ділянок кори лобової частки<sup>10</sup> — *g. frontalis medialis* праворуч з поширенням на *g. frontalis inferior* і DLPFC; інші зони збільшення активності — РСС праворуч з ймовірним поширенням на ділянку головки і тіла хвостатого ядра, дорзальна частина АСС праворуч, часточка VI мозочка<sup>11</sup> (*Ibid.*). При порівнянні з фМРТ-картиною, характерною для споглядання потворних зображень, збільшення активності на тлі споглядання красивих радісних образів виявляли для медіальної частини орбітофронтальної кори праворуч у ділянці, прилеглій до ростровентральної частини АСС, а також для тіла хвостатого ядра і преколінної частини АСС праворуч, задньої частини гіпокампа і часточки VII мозочка<sup>12</sup> двобічно (*Ibid.*). Отримані дані, на думку авторів, у цілому узгоджуються з раніше описаними патернами активності, преферентної для естетично довершених візуальних образів відповідної емоційної валентності (*Ibid.*). Збільшення активності на тлі споглядання печальних красивих образів<sup>13</sup> відзначали для нижньої частини кори тім'яної частки ліворуч<sup>14</sup> з поширенням на ділянку пре-клина<sup>15</sup>, а також для *g. frontalis medialis* двобічно<sup>16</sup> (*Ibid.*). Збільшення активності на тлі споглядання радісних красивих образів<sup>17</sup> виявляли для ділянки ТРП<sup>18</sup> праворуч, включаючи *g. supramarginalis*<sup>19</sup> (*Ibid.*). Ділянки кори,

<sup>1</sup> Відмічено зниження активності при збільшенні ступеня “ностальгічності”, оцінюваного спеціальними валідованими опитувальниками.

<sup>2</sup> Під верхівкою шатра, у дорзальній частині покриву мосту (*tegmentum pontis*), посередині його рострокаудального розміру; відмічено збільшення активності при збільшенні ступеня “ностальгічності”.

<sup>3</sup> Зменшення активності зі збільшенням ступеня “ностальгічності”.

<sup>4</sup> “Musical expectations”.

<sup>5</sup> До речі, на думку І. Менке та співавторів (2019) високий ступінь непередбачуваності є осовою властивістю і, сказати б, технічно-композиційною ціллі і засобом атональної музики, котрий і визначає її привабливість. Однак, на наш погляд, сильні позитивні емоції викликає не стільки несподіваність повороту теми, скільки його естетична влучність, іншими словами, несподіване продовження може бути яким завгодно, однак лише його естетична довершеність надає вишуканості музичному рішенням.

<sup>6</sup> “Music is at the centre of what it means to be human — it is the sounds of human bodies and minds moving in creative, story-making ways.”

<sup>7</sup> Мережі оперативного спокою, мережі виконавчого контролю, мережі підкріплення і планування поведінки, мережі салієнтності, мережі розуміння іншого й емпатії тощо.

<sup>8</sup> Оцінювали наступні види візуальних образів: красиві печальні, красиві радісні, естетично й емоційно нейтральні і потворні; образи подавали у вигляді фотовідбитків: “The 800 pictures that we used were drawn from photographic magazines and books, including *The Family of Man* (in which the photographs referred to in the Introduction can be found), *The Modern Century*, and *The Great LIFE Photographers*.”

<sup>9</sup> Збільшення при спогляданні красивих печальних образів.

<sup>10</sup> Латералізацію для кожної ділянки мозку вказано нами, виходячи з нейровізуальних даних, наведених у статті — В. М.

<sup>11</sup> Більш виразно — праворуч.

<sup>12</sup> Ніжка I і II.

<sup>13</sup> При порівнянні з картиною активності на тлі споглядання красивих радісних образів.

<sup>14</sup> Активність цієї частини тім'яної кори характерна не лише для сприйняття печальної краси, а й для формування корелятивів так званого емоційного та соціального болю, а також для математичного розмислу, зорово-просторового пізнання й уявного моделювання рухів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Operculum\\_\(brain\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Operculum_(brain))).

<sup>15</sup> Ділянка, активність якої корелює з переживанням так званого емоційного/соціального болю (оглянуто Т. Ishizu, S. Zeki 2017).

<sup>16</sup> Активність у цій ділянці корелює з деякими емоційними станами (оглянуто Т. Ishizu, S. Zeki 2017).

<sup>17</sup> При порівнянні з картиною активності на тлі споглядання печальних красивих образів.

<sup>18</sup> *Temporo-parietal junction*, ділянка скронево-тім'яного з'єднання.

<sup>19</sup> Ділянка, ймовірно, важлива для контролю за емпатичними реакціями (оглянуто Т. Ishizu, S. Zeki 2017).

які активуються при спогляданні красивих візуальних образів обох емоційних валентностей — медіальна орбітофронтальна кора<sup>1</sup> і часточка VII мозочка ліворуч (*Ibid.*). У випадку споглядання печальних красивих зображень, найчастіше — соціального контексту, імовірними ділянками преферентної активності є ті, функція котрих корелює з чуйністю до печалі іншого<sup>2</sup> — МСС, додаткова рухова кора<sup>3</sup> і DLPFC (*Ibid.*). У випадку споглядання радісних образів, найімовірнішими функціональними партнерами медіальної орбітофронтальної кори є передня рostrальна медіальна частина префронтальної кори і кора *g. temporalis medius*. І загалом: сприйняття візуальної краси і характерний для цього позитивний емоційний стан пов'язані з активністю поля А1 медіальної орбітофронтальної кори, котре відоме участю у мережевих корелятах задоволення від сприйняття прекрасного, демонструючи залежну від сили переживання активацію<sup>4</sup>. Транскраніальна стимуляція анодним струмом медіальної орбітофронтальної кори<sup>5</sup> збільшує суб'єктивну естетичну вагу візуального (*Ibid.*<sup>6</sup>), потенціює формування моральної конотації споглядуваних образів<sup>7</sup> аморальної поведінки<sup>8</sup> і стан емоційної психічної активації<sup>9</sup> (*H. Yuan та snivawm., 2017*).

T. Ishizu та S. Zeki (2017) зазначають, що три ділянки — *g. frontalis medialis*<sup>10</sup> (двобічно), DLPFC (праворуч) і РСС — відомі участю у формуванні мозкових корелятів негативних емоційних станів. Активація *g. frontalis medialis* характерна при спогляданні засмучених облич, DLPFC — при оцінці складних соціальних ситуацій, на тлі контролю власного емоційного стану, у контексті реалізації здатності розуміння іншого<sup>11</sup> й під час здійснення морального вибору (*div. далі*), активацію РСС спостерігають при переживанні емоційно значущих стимулів<sup>12</sup>, у контексті розуміння іншого й на тлі сумних автобіографічних спогадів (*Ibid.*).

Активність правої ділянки ТРП і надкрайової звивини<sup>13</sup>, крім згадуваних випадків споглядання радісних красивих образів, корелює з емпатичними почуттями, з нівелюванням егоцентричної спрямованості особистості, разом з правою нижньою тим'яною ділянкою бере участь у моделюванні сприйняття тієї чи іншої соціально-емоційної ситуації іншим<sup>14</sup> (*Ibid.*). Активність у ділянці ТРП важлива також у контексті міжособистісної емоційної і когнітивної взаємодії, зростає на тлі споглядання щасливих облич порівняно зі спогляданням роздратованих чи розчарованих (*Ibid.*).

Сприйняття скорботної візуальної краси супроводжується активацією часточки VI мозочка (*більше праворуч*), радісної — часточки VII (*двобічно*), а також передніх відділів хробака (*T. Ishizu, S. Zeki, 2017*). Відома участь мозочка у сприйнятті візуальної і літературної довершеності (*Ibid.*). Більш виразна активація ділянок часточки VI характерна також для негативно забарвлених емоційних станів — смутку, страху, гніву, ймовірно, переживання болю іншого; ніжка II часточки VII преферентно збільшує активність на тлі сприйняття зображень, що викликають позитивні відчуття<sup>15</sup>, порівняно з переглядом огидних зображень<sup>16</sup> (*Ibid.*<sup>17</sup>). Відомо (*div. том I, с. 298*), що ураження ділянок мозочка, котрі охоплюють часточки VI і VII, супроводжуються так званим

<sup>1</sup> Ймовірно, двобічно.

<sup>2</sup> "Negative empathy".

<sup>3</sup> Англ. — *Supplementary motor area, SMA*.

<sup>4</sup> Виявлено для широкого спектра видів естетичного сприйняття: краси обличчя, кольорів, рухів, живопису, музичних творів, архітектурних об'єктів, моральних суджень, математичних виразів (*оглянуто T. Ishizu, S. Zeki 2017*).

<sup>5</sup> Точніше, МРФС двобічно і первинної рухової кори ліворуч.

<sup>6</sup> З посиланням на: K. Nakamura, H. Kawabata, 2015.

<sup>7</sup> Фотографічних.

<sup>8</sup> "Moral violations"; "sense of morality".

<sup>9</sup> "Emotional arousal".

<sup>10</sup> З поширенням на кору *g. frontalis inferior*, активацію котрої відзначають під час прослуховування мінорних музичних тем чи перегляду образів людських страждань (*оглянуто T. Ishizu, S. Zeki 2017*).

<sup>11</sup> "Theory of mind".

<sup>12</sup> "Experience of high valence emotional stimuli."

<sup>13</sup> *G. supramarginalis*.

<sup>14</sup> Дані позитронної емісійної томографії (*P. Ruby, J. Decety, 2004*); завдання вимагало формулювання власної реакції чи реакції третьої особи (*своєї матері*) на запропоновану соціально-емоційну ситуацію; при порівнянні патернів перфузії на тлі обох зазначених варіантів дій виявилось, що при моделюванні реакції третьої особи збільшується активність середньої частини *g. frontalis superior* (*двобічно*), лівої верхньої скроневої звивини і полюса лівої скроневої частки, РСС (*двобічно*) і правої нижньої частини тим'яної частки; при моделюванні власної реакції (*порівняно з протилежним варіантом*) спостерігали збільшення активності *g. postcentralis*; збільшення активності мигдалеподібного тіла виявляли при обох завданнях соціально-емоційного характеру порівняно з ситуацією вирішення завдання емоційно нейтрального характеру (*P. Ruby, J. Decety, 2004*).

<sup>15</sup> Дослівно — "happiness"; приклади зображень — "celebrations, appetizing food".

<sup>16</sup> Приклади зображень — "worms, vomit, excrements".

<sup>17</sup> З посиланням на: A. Schienle, W. Scharmuller, 2013.

мозочковим афективним синдромом<sup>1</sup>, для якого характерні в тому числі згладжування емоцій<sup>2</sup> або імпульсивна поведінка, зниження комунікативності та емпатичності (*Ibid.*).

Ділянки мозку, що проявляють високу функціональну зв'язність з медіальною орбітофронтальною корою під час сприйняття скорботної краси — додаткова рухова зона кори, МСС і DLPFC — відомі участю в емпатичному сприйнятті журби й інтерпретації інтенцій іншого на тлі його смутку чи болю; функціональне поєднання медіальної орбітофронтальної кори з ростромедіальними і вентромедіальними ділянками префронтальної кори, середньої скроневої звивини під час сприйняття радісної краси комплементарне даним щодо участі цього комплексу у визначенні гетеросексуальними мужчинами привабливості жіночого обличчя<sup>3</sup> (*Ibid.*).

Загалом (*pus. 55-57*), у сприйнятті і оцінці<sup>4</sup> естетично значимої візуальної інформації беруть участь ділянки первинної, вторинної й третинної зорової кори, у тому числі кори веретеніподібної і кутової звивин, верхньої тім'яної часточки і скроневої частки, премоторної кори<sup>5</sup>, орбітофронтальна кора, АСС, РСС, острівець<sup>6</sup>, DLPFC і VLPFC, передня частина MPFC, кора полюса скроневої частки, прекілина, гіпокампальний комплекс<sup>7</sup>, хвостате ядро, чорна речовина, *пс. accumbens* (*В. Spee та співавт., 2018; pus. 57*), а також кора задньої частини верхньої скроневої борозни і задньої частини парагіпокампальної звивини, первинна соматосенсорна і рухова кора<sup>8</sup>, кора нижньої тім'яної часточки і мигдалеподібний комплекс (*L. P. Kirsch та співавт., 2016; pus. 56*)<sup>9</sup>. На тлі оцінки естетичної ваги візуального образу спостерігають також темпоральні зміни активності мережі оперантного спокою (*A. M. Belfi та співавт., 2018*<sup>10</sup>). Ймовірно, усі ланки процесу естетичного судження мають характерне медіаторне обличчя, котре включає специфічну активність дофамін-, норадреналін-, ацетилхолін-, серотонін-, глутамат- і ГАМК-ергічної систем, а також апарату нейромодуляторів — гістаміну, канабіноїдів, опіїодів, статевих гормонів тощо (*В. Spee та співавт., 2018*). Під цим кутом

<sup>1</sup> Schmahmann's syndrome; [https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_cognitive\\_affective\\_syndrome](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_cognitive_affective_syndrome) (з посиланням на: *M. Manto, P. Mariën, 2015*). Див. також *Jeremy D. Schmahmann (2019)*. Спостерігається при ураженнях мозочка різноманітної етіології; характеризується розладами когнітивної, афективної і вольової сфер, мови, зокрема ([https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_cognitive\\_affective\\_syndrome](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_cognitive_affective_syndrome)) — порушенням планування дій, функції перемикання уваги з одного завдання на інше ("task switching, set-shifting"; див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Task\\_switching\\_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Task_switching_(psychology))), абстрактного мислення, вербальної продукції ("verbal fluency"; див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Verbal\\_fluency\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Verbal_fluency_test)), оперативної пам'яті, супроводжується персевераціями, відволіканнями і неухважністю. Інші мовні розлади включають диспрозодію (порушення інтонаційного, мелодичного й ряду інших супутніх ознак мовлення; див. <https://en.wikipedia.org/wiki/Dysprosody>), аграматизм (дефіцит ув'язування слів у правильні смислові синтаксичні конструкції з використанням службових частин мови; див. <https://en.wikipedia.org/wiki/Agrammatism>), легку аномію, або амнестичну афазію — дефіцит смислового підбору слів під час вираження необхідної інформації (див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Anomic\\_aphasia](https://en.wikipedia.org/wiki/Anomic_aphasia)). Як один із проявів аномії можлива також маніфестація феномену "на кінчику язика" (*A. Starowicz-Filip та співавт., 2013*) — нездатність отримати слово з пам'яті, поєднана з відчуттям, що слово "ось-ось вирине" (див. [https://uk.wikipedia.org/wiki/На\\_кінчику\\_язика](https://uk.wikipedia.org/wiki/На_кінчику_язика)), для цього феномену характерна преферентна активація АСС і РСС, DLPFC, нижньої тім'яної кори, надкрайової звивини, верхньої скроневої звивини, лівої острівцевої кори, додаткової рухової зони кори тощо (див. [https://uk.wikipedia.org/wiki/На\\_кінчику\\_язика](https://uk.wikipedia.org/wiki/На_кінчику_язика); [https://en.wikipedia.org/wiki/Tip\\_of\\_the\\_tongue](https://en.wikipedia.org/wiki/Tip_of_the_tongue)). Дефіцит просторового пізнання призводить до зорово-просторової дезорганізації, порушення зорово-просторової пам'яті ([https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_cognitive\\_affective\\_syndrome](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_cognitive_affective_syndrome)). Розлади особистості на тлі мозочкового афективного синдрому проявляються притупленням або розгальмуванням афективної сфери ("blunting of affect or disinhibited"), появою неприйнятної поведінки (*Ibid.*). Перелічена симптоматика загалом супроводжується зменшенням інтелектуального рівня пацієнта (*Ibid.*).

<sup>2</sup> "Flattening of emotions".

<sup>3</sup> Оцінка ступеня привабливості жіночих обличчя супроводжується збільшенням активності дорзальної АСС, передньої частини VMPPFC, хвостатого ядра; зіставлення поданого (перед переглядом) ступеня привабливості обличчя з власною оцінкою (за результатом перегляду) супроводжується збільшенням функціональної зв'язності між задньою частиною VMPPFC, корою TPJ і середньої скроневої звивини (*D. V. Smith та співавт., 2014*).

<sup>4</sup> Йдеться про естетичне судження.

<sup>5</sup> Тобто так звані дорзальний і вентральний зорові шляхи, у межах котрих відбувається асоціативна обробка зорової інформації (див. *вионски 8 і 10 на с. 15 тому II*).

<sup>6</sup> Тобто елементи мереж формування емоційного кореляту, підкріплення і з'ясування значущості ("reward and valuation").

<sup>7</sup> Тобто елементи мереж формування судження, відтворення інформації з пам'яті, а також мережі уваги та виконавчого контролю.

<sup>8</sup> Перед- і зацентральної звивини.

<sup>9</sup> Схожий перелік ділянок мозку, преферентно активних під час виконання завдань із візуальним естетичним сприйняттям і судженням, наводять *J. Liu та співавтори (2017)*, (з посиланням на: *M. Vossia та співавт., 2016*): нижня (поле BA 19 двобічно, поле BA 18 праворуч) і середня (поле BA 18 ліворуч) потилична звивина, *g. lingualis* (поле BA 18 двобічно), веретеніподібна звивина (поле BA 37 праворуч), парагіпокампальна звивина (поле BA 37 двобічно, BA 36 ліворуч, BA 27 праворуч), середня (поле BA 6 праворуч, поле BA 46 праворуч, поле BA 32 ліворуч) і нижня (поле BA 9 двобічно) лобова звивина, АСС (двобічно, поле BA 32 ліворуч), передцентральна звивина (поле BA 4 ліворуч), кора прекілина (поле BA 7 праворуч), острівець (поле BA 13 ліворуч), огорожа (праворуч), передня частина мозочка (*culmen праворуч*), мигдалеподібний комплекс (двобічно).

<sup>10</sup> "Here, we identified key aspects of the dynamics of aesthetic experience while viewing art for various durations. In the first few seconds following image onset, activity in the DMN (and high-level visual and reward regions) was greater for very pleasing images; in the DMN this activity counteracted a suppressive effect that grew longer and deeper with increasing image duration. In addition, for very pleasing art, the DMN response returned to baseline in a manner time-locked to image offset. Conversely, for non-pleasing art, the timing of this return to baseline was inconsistent. This differential response in the DMN may therefore reflect the internal dynamics of the participant's state: The participant disengages from art-related processing and returns to stimulus-independent thought. These dynamics suggest that the DMN tracks the internal state of a participant during aesthetic experience."

зору доречно розглядати і механізми впливу психотропних речовин, у тому числі галюциногенів і психоделіків, на процес естетичного сприйняття і судження (*Ibid.*).

### МИСТЕЦТВО ЛІКУВАННЯ МИСТЕЦТВОМ

Наведені дані свідчать про можливість залучення естетично значимих впливів до корекції певних невротичних чи психічних розладів, а з урахуванням структури системи вісцеральної регуляції — й інших видів патології. Феномен “*арт-терапії*”, або “*лікування мистецтвом*” — дещо аморфне на даний час поняття; ефективність коригуючих впливів такого роду начебто з’ясовано на тлі деменції<sup>1</sup>, депресивних і тривожних розладів, фобій<sup>2</sup>, можливо — при шизофренії<sup>3</sup> й посттравматичному стресовому розладі<sup>4</sup>. Дивно, але дослідження впливу арт-терапії на соматичну чи вісцеральну патологію, хоча б на її хронічні, залежні від розладів нервової регуляції види, якщо і є — фрагментарні й не дозволяють оцінити ефективність засобу релевантними аналітичними методами.

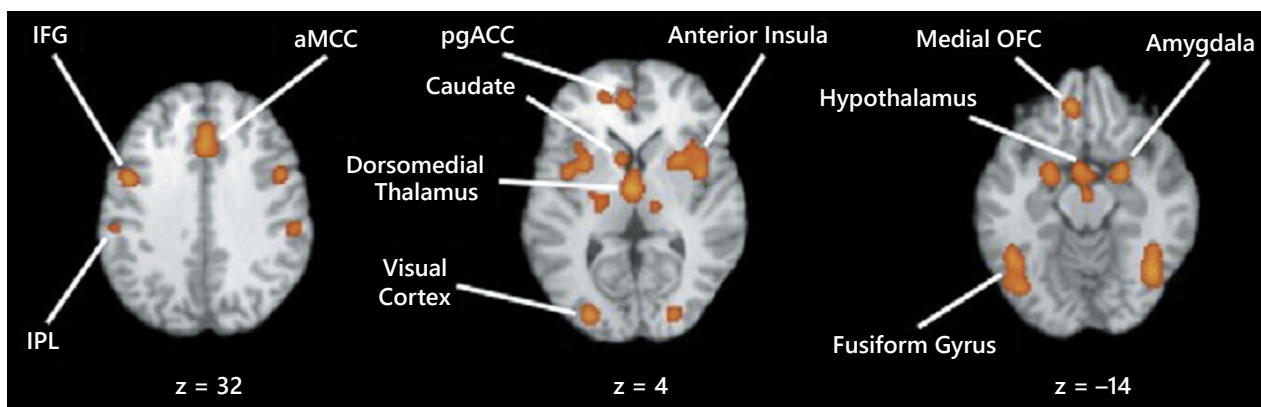


Рис. 55. Ділянки мозку, преферентно активні на тлі сприйняття естетично значущих візуальних стимулів. S. Brown та співавтори (2017)<sup>1</sup>. Умовні позначення: aMCC — anterior midcingulate cortex; IFG — inferior frontal gyrus; IPL — inferior parietal lobule; OFC — orbitofrontal cortex; pgACC — pregenual anterior cingulate cortex; Z — Talairach z coordinates<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Залучено за посиланням у праці J. Liu та співавтори (2017).

<sup>2</sup> Універсальна координатна система, що використовується у функціональних нейровізуалізаційних дослідженнях; [https://en.wikipedia.org/wiki/Talairach\\_coordinates](https://en.wikipedia.org/wiki/Talairach_coordinates).

н о і  
е а о г  
й к л і  
р с о я

### моральний розмисел загалом

У цій частині ми розглянемо наявні дані стосовно участі мозку у функції моральної сфери людини. Думаємо, ви будете не менш здивовані, ніж при ознайомленні з попереднім матеріалом.

<sup>1</sup> B. Chancellor та співавт., 2014; K. Seifert та співавт., 2017; P. M. Samic та співавт., 2018; H. Zeilig та співавт., 2019.

<sup>2</sup> L. Uttley та співавт., 2015.

<sup>3</sup> A. Attard, M. Larkin, 2016; M. I. Ruiz та співавт., 2017 [Ruiz MI, Aceituno D, Rada G. Art therapy for schizophrenia? *Medwave*. 2017 Jan 19;17(Suppl1):e6845. Spanish, English. doi: 10.5867/medwave.2017.6845, резюме — англ., повний текст — іспанською; <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/PuestaDia/ResEpis/6845?tab=ingles>].

<sup>4</sup> C. Beans, 2019.

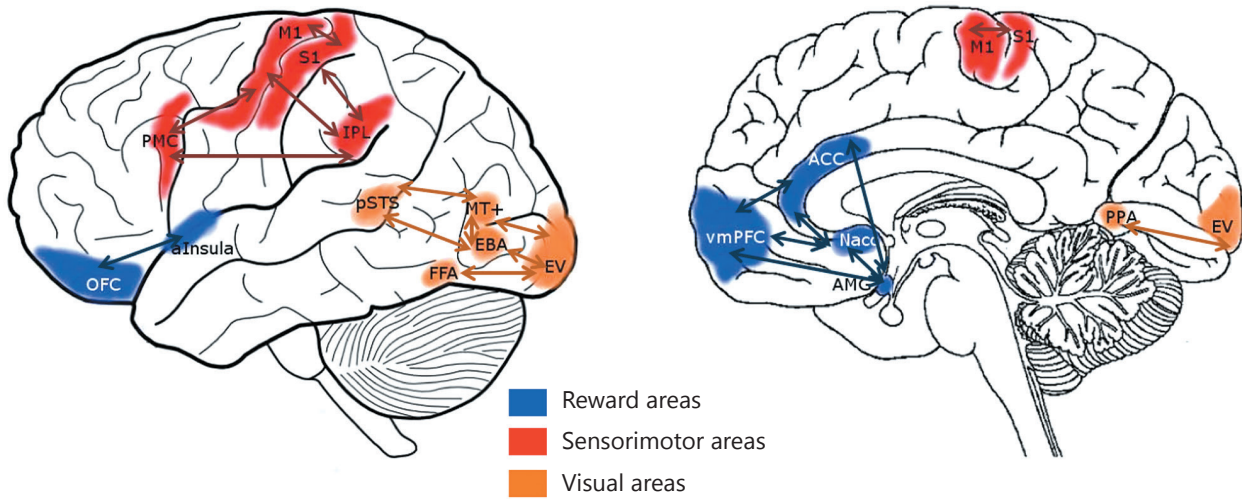


Рис. 56. Ділянки мозку, преферентно активні під час виконання тестів з естетичним судженням. L. P. Kirsch та співавтори (2016)<sup>1</sup>.

Умовні позначення: ACC — anterior cingulate; aInsula — anterior insula; AMG — amygdala; EBA — extrastriate body area; MT — motion integration area; EV — early visual area; FFA — ймовірно, fusiform face area; IPL — inferior parietal lobule; M1 — primary motor area; NAcc — nucleus accumbens; OFC — orbitofrontal cortices; PMc — premotor cortex; PPA — parahippocampal place area; pSTS — posterior superior temporal sulcus; S1 — primary somatosensory area; vmPFC — ventromedial prefrontal cortex

<sup>1</sup>Залучено за посиланням у праці J. Liu та співавтори (2017).

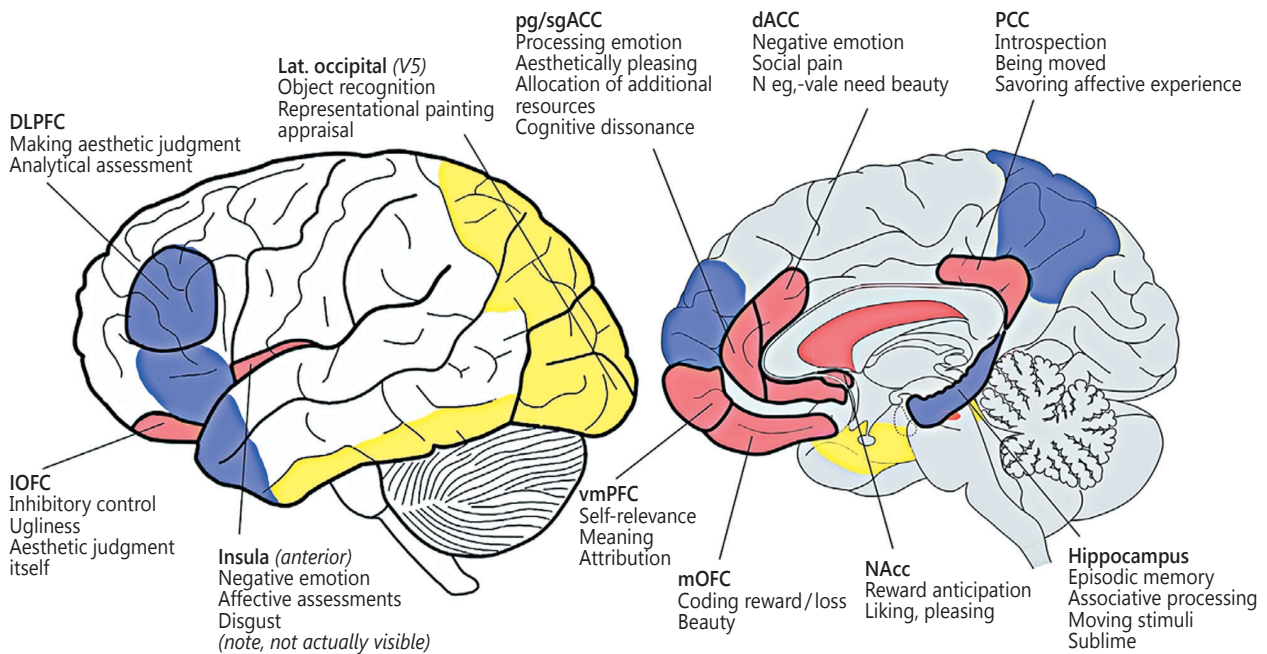


Рис. 57. Ділянки мозку, преферентно активні при сприйнятті, опрацюванні й засвоєнні тих чи інших естетично значущих стимулів. B. Spee та співавтори (2018).

Умовні позначення: dACC — dorsal subdivision of anterior cingulate cortex; DLPFC — dorsolateral prefrontal cortex; Lat. — lateral; IOFC — lateral orbitofrontal cortex; mOFC — medial orbitofrontal cortex; NAcc — nucleus accumbens; PCC — posterior cingulate cortex; pg/sgACC — ймовірно, pregenual and subgenual subdivision of anterior cingulate cortex; vmPFC — ventromedial prefrontal cortex.

**Дані фМРТ.** Оглядаючи результати багатьох фМРТ досліджень мозку, О. Zinchenko та М. Arsalidou (2018) підсумовують, що значимими для репрезентації соціальної норми і чутливими до виявлення її порушення є острівець (*поле ВА 13 двобічно*), присередина лобова звивина (*двобічно, поля ВА 32 і ВА 10*), АСС (*поле ВА 32 двобічно*), верхня і середня лобова звивини (*праворуч, поля ВА 9 і ВА 10*), а також, меншою мірою, огорожа<sup>1</sup> (*ліворуч*). Причому ділянки кори, активність котрих переважно корелює з репрезентацією соціальної норми у свідомості суб'єкта чи детекцією її порушення іншим, перекриваються слабо.

За узагальненнями J. Decety та К. J. Yoder (2016), мережа, що бере участь у формуванні мозкових корелятив оцінки соціально і морально значимих реакцій особи, їх соціального результату, включає орбітофронтальну кору<sup>2</sup> і елементи мережі підкріплення чи відрази — мигдалеподібний комплекс, стріатум, АСС і передню частину острівця, інформація від котрих інтегрується у VMPFC, причому MPFC, кора задньої частини верхньої скроневої борозни і TPJ формують корелятив розуміння цілей і переконань іншого. Детекція соціальної і моральної значущості стимулів, ймовірно, здійснюється за участю DLPFC (*Ibid.*).

На тлі аксіологічного розмислу<sup>3</sup> спостерігають активацію мережі оперантного спокою (G. Sevinc та співавт., 2017); сприйняття морально значущого інформаційного контенту супроводжується активацією елементів мережі оперантного спокою і мережі виконавчого контролю — медіальної і ростральної частин префронтальної кори, а також елементів мережі значущості (*салієнтності*) — передньої частини острівця і дорзальної частини АСС (*Ibid.*).

У формуванні і прояві прихованих, імпліцитних моральних установок беруть участь орбітофронтальна кора і мигдалеподібний комплекс (C. Helion, K. N. Ochsner, 2016<sup>4</sup>).

Нарешті, Х. F. Yang та співавтори (2018) за допомогою спеціального нейропсихологічного вказівника<sup>5</sup> з'ясували, що дорзальна частина РСС через вплив на задньонижню ділянку так званої задньоприсерединної кори<sup>6</sup> забезпечує трансцендентність суб'єкта<sup>7</sup> під час сприйняття морально взірцевих вчинків іншого.

**Дані нейростимуляційних досліджень.** Н. Yuan та співавтори (2017) повідомляють, що анодна транскраніальна стимуляція у проекції MPFC<sup>8</sup> збільшує чутливість до морально значущих сцен, збільшуючи сту-

<sup>1</sup> *Clastrum*.

<sup>2</sup> J. Decety та К. J. Yoder (2016), з посиланням на С. С. Ruff, E. Fehr (2014).

<sup>3</sup> "Moral cognition"; у тому числі формування моральних суджень.

<sup>4</sup> З посиланням на: Q. Luo та співавт., 2006.

<sup>5</sup> Оцінювали відведення погляду учасників експерименту від суб'єкта під час його розповіді про власні морально взірцеві вчинки; така особливість у сучасній нейропсихологічній парадигмі розцінюється як вказівник перемикач уваги слухача на власний, абстрактний, у даному випадку — морально-аксіологічний процес оцінки прослуховуваної інформації. Дослідження здійснювали на тлі фМРТ-реєстрації.

<sup>6</sup> Включає медіальну тім'яну і ретроспленіальну кору, МСС і РСС.

<sup>7</sup> Його позамежування, тобто відсторонення від поточного сенсорного контексту.

<sup>8</sup> Важко сказати, наскільки адекватна така стимуляція саме MPFC, зважаючи на очевидне обмеження площі проекції цієї частини кори на

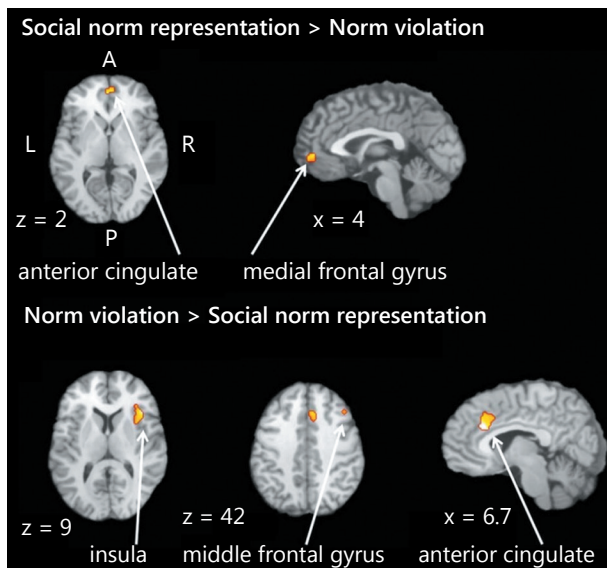


Рис. 58. Ділянки мозку, переважно активні на тлі зазначених модулів когнітивного процесу при взаємному порівнянні. Метааналіз результатів ряду нейропсихологічних фМРТ-досліджень<sup>1</sup>. О. Zinchenko і М. Arsalidou (2018). z і x — координати у системі J. Talairach<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Activation likelihood estimation (ALE) is a meta-analysis method, which can be used for whole-brain, random-effects voxel-wise imaging analysis (Eickhoff et al., 2009, 2017; Eickhoff, Bzdok, Laird, Kurth, & Fox, 2012). For our study, we used GingerAle version 2.3.6 (freely available at [brainmap.org/ale](http://brainmap.org/ale)). It uses foci combined from different studies to create a probabilistic map of activation that is thresholded and compared against a null distribution at a voxel-by-voxel level."

<sup>2</sup> Універсальна координатна система, що використовується у функціональних нейровізуалізаційних дослідженнях; [https://en.wikipedia.org/wiki/Talairach\\_coordinates](https://en.wikipedia.org/wiki/Talairach_coordinates).

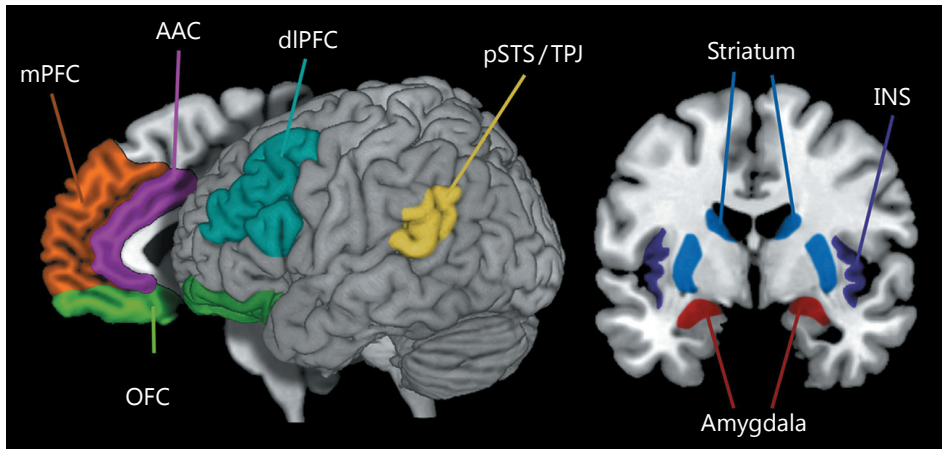


Рис. 59. Ділянки мозку, преферентно активні на тлі прийняття соціально значущих рішень<sup>1</sup> згідно з J. Decety і K. J. Yoder (2016). Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; OFC — orbitofrontal cortex; INS — insula<sup>2</sup>; mPFC — medial prefrontal cortex<sup>3</sup>; pSTS/TPJ — posterior superior temporal sulcus / temporo-parietal junction; dIPFC — dorsolateral prefrontal cortex

<sup>1</sup> "Social decision-making".

<sup>2</sup> У даному випадку йдеться насамперед про передню частину острівця.

<sup>3</sup> У даному випадку йдеться насамперед про VMPFC.

пінь викликаного у такий спосіб емоційного збудження і почуття справедливості. У той же час, за даними P. Riva та співавторів (2019), анодна транскраніальна стимуляція MPFC збільшує ймовірність утилітарних<sup>1</sup> рішень "проблеми вагонетки"<sup>2</sup>, але не у випадку дилеми опасистої людини<sup>3</sup>. Більш того, за таких умов зменшується вплив загального деонтологічного рівня учасників експерименту<sup>4</sup> на результати тестування (*Ibid.*). На думку авторів, отримані результати свідчать, що роль присерединних ділянок кори передньої частини мозку у здійсненні функції морального вибору не обмежена формуванням афективного компонента цього процесу.

Варто також згадати, що VMPFC — теж важлива нейроаксіологічна ділянка кори: її ураження супроводжується зниженням різних аспектів функції морального судження (*C. D. Cameron та співавт., 2018*).

За даними H. Zheng та співавторів (2018), транскраніальна електрична стимуляція правої DLPFC<sup>5</sup> або пригнічення такої ж ділянки ліворуч обмежують утилітарний варіант рішення тих моральних дилем, у котрих припускаються уявні власноручні руйнівні дії досліджуваного стосовно іншого задля порятунку більшої кількості осіб<sup>6</sup>. Це, на думку авторів, свідчить про залучення правої DLPFC не лише до процесу морального вибору, а й до оцінки власної дистантності у реалізації можливих результатів вибору.

склепіння; виходячи з візуальної схеми, наведеної авторами, електрод дещо зміщений від серединної площини голови, напрямок латералізації з матеріалу статті зрозуміти тяжко.

<sup>1</sup> Раціональних, позбавлених емоційного забарвлення.

<sup>2</sup> Класична "проблема вагонетки", "trolley problem"; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема\\_вагонетки](https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема_вагонетки). "Проблема вагонетки" формулюється так. Некерована вагонетка (*достатньо важка*) мчить по колії, попереду стрілка: на одній гілці на колії з тих чи інших причин перебуває певна кількість осіб, на альтернативній гілці шляху — менша кількість, або, приміром, одна особа; досліджуваний доброволець повинен вирішити, по якій з гілок спрямувати вагонетку, перемкнувши стрілку. Утилітарний, раціональний варіант рішення такий: спрямування вагонетки на меншу кількість осіб; приклад ірраціонального рішення — нічого не робити, віддаючи ситуацію на волю випадку (*вар. — на розсуд Божий*).

<sup>3</sup> Син. — проблема пішоходного мосту: ви можете врятувати людей шляхом власноручного скидання на колію, по котрій мчить вагонетка, опасистої особи — ось вона, поряд з вами на мосту — оскільки ви припускаєте, що ця особа власною масою теоретично може збити з колії вагонетку чи вчинити неусувну перешкоду для її руху, однак при цьому, скоріш за все, загине ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема\\_вагонетки](https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема_вагонетки)).

<sup>4</sup> Визначали окремо, за спеціальною шкалою.

<sup>5</sup> Зазначена частина префронтальної кори, згідно з парадигмою бінарної, афективно-раціональної синергії у вирішенні моральних колізій, відповідає за кореляти саме раціональної складової.

<sup>6</sup> Рандомізований вибір із 3 сетів: 4 ситуаційні завдання з морально нейтральними дилемами; 4 завдання з класичними морально-етичними дилемами, будь-яке віртуальне вирішення яких супроводжується смертю людини, однак не потребує уявних фізичних дій досліджуваного, безпосередньо спрямованих на позбавлення життя (*безособові дилеми; "moral impersonal dilemmas"; класична "проблема вагонетки"; https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема\_вагонетки*); 4 завдання з дилемами, будь-яке віртуальне вирішення яких супроводжується



R. R. Darby та A. Pascual-Leone (2017) стверджують, що пригнічення правої DLPFC зменшує вагу інформації про рівень заподіяної шкоди у формуванні особою судження щодо власних шкідливих дій або вагу інформації про шкідливі дії іншого у прийнятті рішення про його покарання; за аналогічних умов спостерігають також збільшення ймовірності вчинення особою агресивних дій чи обману. Стимуляція правої DLPFC, навпаки, зменшує рівень агресії і збільшує прихильність до існуючих соціальних норм<sup>1</sup>. Стимуляція лівої DLPFC потенціює здатність до соціальної співпраці, посилює вплив інформації про очікувану чи вчинену шкоду на здійснення морального судження.

Цікаво також, що ступінь довіри стосовно дій і вчинків соціального партнера, ґрунтована на апріорних моральних переконаннях, може збільшуватися при анодній стимуляції латеральних відділів префронтальної кори і зменшуватися при гальмівному, катодному впливі (J. Li та співавт., 2018).

DLPFC асиметрично залучена до оцінки наслідків поведінки під час здійснення ризикованого вибору, зокрема у зменшенні проспективної вразливості особи до можливих негативних наслідків її дій, стимуляція лівої DLPFC і пригнічення правої збільшує ризикованість поведінки (D. Huang та співавт., 2017).

Кора TPJ є ключовою у ретрансляції переконань і, ймовірно, віри людини у площину морального розмислу (R. R. Darby, A. Pascual-Leone, 2017)<sup>2</sup>, а також у виявленні навмисності оцінюваного шкідливого вчинку, у виявленні брехні й у врахуванні точки зору іншого. Останнє знаходить підтвердження у результатах фМРТ, виконаної на тлі суджень щодо міри покарання злочинів, учинених зі шляхетних міркувань (Q. Yang та співавт., 2019): ділянка TPJ праворуч є ключовою в усвідомленні мотивів, логіки дій і душевного стану злочинця за таких умов, а її активність обернено корелює з величиною призначеного йому покарання<sup>3</sup>.

Нарешті, у загальних рисах, між афективною і аксіологічною сферами існують тісні, ймовірно, обопільні зв'язки (K. Gray та співавт., 2017). Емоції, що відіграють важливу роль у здійсненні морального судження, мають спільні з цією психічною функцією мережеві кореляти, до складу котрих залучені мигдалеподібний комплекс, острівець, ACC, DMPFC, DLPFC, VMPFC, VLPFC і орбітофронтальна кора (оглянуто С. Helion, K. N. Ochsner, 2016). У цьому сенсі дотичними є результати метааналітичного дослідження існуючих фМРТ-даних (R. Gu та співавт., 2019), згідно з яким нейрофізіологічні мережеві кореляти очікуваної від реалізації певної поведінки соціальної<sup>4</sup> і грошової винагороди у цілому схожі і включають VTA, вентральний стріатум, передню частину острівця і SMA<sup>5</sup>.

## вина, спокута і вдячність

Метикуватий психологічний експеримент, відтворений Н. Yu та співавторами (2014), дозволив відтворити й дослідити мозкові мережеві кореляти відчуття власної провини суб'єктом і прагнення до спокути. Кожного з добровольців повідомляли (насправді — вводили в обман), що він виконуватиме тест разом з партнером, котрий знаходиться в іншій кімнаті (насправді партнера не було). Перед учасником ставили завдання протягом 1.5 с оцінити кількість білих точок на чорному тлі<sup>6</sup>, розташованих випадково (кількість точок насправді завжди була однаковою — 20). Одразу після цього йому пропонували виразити власну оцінку кількості, вказавши чи є вона більшою за 20, чи меншою. На початку експерименту учасника також повідомляли, що у випадку неправильної відповіді хоча б одного з партнерів цієї напіввіртуальної пари, внутрішньошкірну електричну стимуляцію отримуватимуть обоє, тобто якщо учасник помилиться, його партнер, незважаючи на власну правильну відповідь, теж отримає більшову стимуляцію. Таким чином, після висвітлення пра-

загибеллю людей, однак зменшення числа загиблих може бути досягнуте за рахунок активної фізичної дії, безпосередньо спрямованої на загибель "рятівної жертви" ("moral personal dilemmas"; проблема опасистої людини; проблема трансплантолога; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема\\_вагонетки](https://uk.wikipedia.org/wiki/Проблема_вагонетки)). Зрозуміло, що аналогічні дилеми зустрічають повсюдно у реальному житті: викидання з човна зайвого; вбивство здорової людини задля отримання органів для трансплантації і порятунку життя інших тощо.

<sup>1</sup> Звичайно, йдеться про норми постхристиянського суспільства.

<sup>2</sup> У той же час, незважаючи на достатньо аргументовані припущення щодо ролі ділянки TPJ праворуч в ірраціональних варіантах вирішення моральних дилем (тобто рішень на основі певних переконань та ірраціональних інтенцій досліджуваного), автори підважили ці дані, продемонструвавши відсутність значимого впливу різних мод транскраніальної анодної стимуляції цієї ділянки на здійснення морального вибору (H. Zheng та співавт., 2018).

<sup>3</sup> При оцінюванні такого роду злочинів права DLPFC у зв'язку з MPFC тієї ж півкулі бере участь у формуванні морального судження у контексті винесеного судового рішення; кора прекліна ліворуч, дорзальної частини ACC ліворуч і острівця праворуч беруть участь у формуванні емоційної складової сприйняття злочинів, вчинених зі шляхетних міркувань.

<sup>4</sup> Очікуваний позитивний результат поведінки, котрий не вимірюється грошовим еквівалентом, натомість виражається найрізноманітнішими змінами на рівні міжлюдських відносин.

<sup>5</sup> *Supplementary motor area*, SMA.

<sup>6</sup> Монітор комп'ютера.

вільного результату оцінки кількості точок, учаснику, якщо помилися лише він, стає зрозуміло, що його партнер саме через нього страждатиме. У цей момент оцінювали активність ділянок мозку за допомогою фМРТ. Перед тим як виконати правило гри і надати больову стимуляцію, учаснику пропонували компенсувати свою вину і вибрати, який рівень больової стимуляції він хотів би отримати замість партнера. Ця частина гри моделювала силу прагнення до спокути<sup>1</sup>. Окрім описаної серцевини експерименту, було здійснено ряд додаткових досліджень, приміром, задля отримання референтних показників, оцінки психологічного стану учасників після гри тощо. Результати засвідчили, що відчуття власної провини корелює з преферентною, скоріш за все, двобічною активацією передньої частини МСС<sup>2</sup>, причому об'єм сірої речовини цієї ділянки мозку позитивно корелює з чутливістю особи до власної вини й силою прагнення спокути. Перелік ділянок мозку, активність котрих корелює з величиною спокути, включає передню частину ТРЈ праворуч, передцентральну звивину (*ймовірно, теж праворуч*), кору прекліна (*двобічно*), можливо, певні ділянки мозочка і частину речовини середнього мозку — на думку авторів, ймовірно, VTA і/або ростральне присерединне ядро покриву<sup>3</sup> (*Н. Yu та співавт., 2014*).

Але навіть із генезою відчуття власної провини не все так просто. Згідно з L. J. Chang та співавторами (2011), відчуття власної провини через невинуватість сподівань інших<sup>4</sup> корелює з активацією кори острівця, SMA, DLPFC і ТРЈ. Навпаки, зловживання довірою інших у реалізації власної поведінки (*чи байдужість до думки інших?*) корелює з активацією VMPFC, DMPFC і *nc. accumbens*<sup>5</sup>.

Нарешті, вдячність за допомогу, надану іншою особою, в існування якої вірять учасники нейропсихологічного експерименту, корелює з преферентною двобічною активацією VMPFC<sup>6</sup>, самооцінка вдячності — з активацією РСС; варіації активації у ділянці гіпоталамуса й перегородки корелюють з цілеспрямованістю допомоги, тобто з її навмисністю (*Н. Yu та співавт., 2017*).

## емпатія, осуд і самість

У загальних рисах, мозкові кореляти емпатії формуються за участю двох підсистем: 1) кора нижньої лобової звивини і нижньої тім'яної часточки — у контексті розпізнавання емоційного стану іншого і його перейняття<sup>7</sup>; 2) VMPFC, ТРЈ і медіальна частина кори скроневої частки — у контексті проектування на себе ситуації іншого<sup>8</sup> й автобіографічних спогадів при входженні у положення іншого (*L. Simons та співавт., 2016*<sup>9</sup>).

Левава частка даних стосовно мережевих механізмів емпатії отримана в експериментальній парадигмі рефлексії стосовно болю іншого. У загальному представленні (*J. Zaki та співавт., 2016*<sup>10</sup>), зони мозку, активацію котрих спостерігають на тлі сприйняття власного болю і болю іншого, включають DMPFC, передню частину МСС, передню частину острівця, нижню тім'яну кору, можливо, соматосенсорні ділянки кори. Конкретніше, під час уявного сприйняття болю суб'єктом виявляють преферентне збільшення активності у ділянці соматосенсорної кори, АСС і острівця двобічно, у випадку ж уявлення досліджуваним сприйняття болю іншим<sup>11</sup> характерне збільшення активності кори прекліна (*двобічно*) і ТРЈ (*праворуч*) — ділянок, відомих участю у механізмах розуміння іншого<sup>12</sup> (*E. Prochazkova, M. E. Kret, 2017*<sup>13</sup>). Для механізмів батьківського співпереживання дитячого болю характерна участь острівця, АСС і МСС, кори нижньої лобової звивини (*L. Simons та співавт., 2016*<sup>14</sup>). Ділянками мозку, що більшою мірою активуються при інформуванні суб'єк-

<sup>1</sup> Шкода, що автори не дослідили фМРТ-корелят цього стану.

<sup>2</sup> Активация передньої частини острівця, ймовірно, корелює з усвідомленням болю іншого, що може обумовлювати емпатичний мотив у формуванні відчуття власної провини.

<sup>3</sup> "Rostral medial tegmental nucleus."

<sup>4</sup> Йдеться про те, що ми допомагаємо іншим не лише зі світоглядних, емпатичних чи якихось інших мотивів, а й з остраху видатись нікчемними, не оціненими оточенням, тобто задля підтримання думки про нас серед інших, задля збереження власного реноме.

<sup>5</sup> Саме так в оригіналі.

<sup>6</sup> А також, меншою мірою, лівобічною активацією SMA, пре- і постцентральної кори, VTA і хвостатого ядра.

<sup>7</sup> Емоційного зараження цим станом.

<sup>8</sup> "Self-reflection".

<sup>9</sup> З посиланням на: B. C. Bernhardt, T. Singer, 2012.

<sup>10</sup> З посиланням на: C. Lamm та співавт., 2011.

<sup>11</sup> Проємпатична ситуація.

<sup>12</sup> "Theory of mind and mentalizing".

<sup>13</sup> З посиланням на: P. L. Jackson та співавт., 2006 а, б.

<sup>14</sup> З посиланням на: B. C. Bernhardt і T. Singer, 2012.

та про біль іншого шляхом демонстрації певних, раніше обумовлених знаків<sup>1</sup>, ніж шляхом безпосередньої демонстрації больових страждань, є кора TPJ, VMPFC, кора середньої і верхньої скроневої звивини, кора прекіна, РСС, а також, ймовірно, мозочок (оглянуто L. Simons та співавт., 2016). Ділянками мозку, які більшою мірою активуються при спогляданні больового страждання іншого, ніж при умовному повідомленні про його страждання, є елементи системи дзеркальних нейронів — кори нижньої частини тім'яної частки, нижньої лобової звивини, передньої частини острівця, DMPFC і DLPFC (Ibid.).

У механізмах емпатії ключову роль відіграє ділянка TPJ — важливий компонент мозкової мережі розуміння іншого. Так, збуджувальний<sup>2</sup> транскраніальний вплив на TPJ праворуч зменшує ступінь звинувачення добровольцями осіб, котрі, згідно з контекстуальною інформацією, спричинили ненавмисну шкоду (R. Sellaro та співавт., 2015 a). Слабка транскраніальна катодна стимуляція<sup>3</sup> ділянки TPJ праворуч обумовлює помірне збільшення<sup>4</sup> вимогливості в оцінці добровольцями представленої їм ситуації ненавмисної шкоди, і лише інтенсивна катодна стимуляція<sup>5</sup> аналогічної ділянки суттєво пом'якшує звинувачення особи, котра спричинила таку шкоду (L. Leloup та співавт., 2016). До речі, схильність до виправдовувального судження стосовно ненавмисної шкоди додатно корелює з МРТ-оцінюваним об'ємом сірої речовини передньої частини лівої верхньої скроневої борозни<sup>6</sup> (I. Patil та співавт., 2017 a). Загалом, емпатичне сприйняття ненавмисної шкоди суттєво впливає на моральну оцінку дій винуватця (I. Patil та співавт., 2017 b).

Слабка анодна стимуляція TPJ праворуч зменшує невмотивовану конкурентну поведінку під час відтворення ситуації аукціонних торгів, обмежує звичне за таких обставин конкурентне завищення ціни, тобто урівноважує сприйняття поведінки конкурента, сприяє піклуванню про нього, словом, слугує проявам ставчності (M. Wang та співавт., 2019). Пригнічення правої чи лівої TPJ транскраніальною катодною стимуляцією обмежує залучення внутрішніх переконань особи у здійсненні морального судження, збільшує вагу контекстуальної інформації (H. Ye та співавт., 2015). Пригнічення активності кори TPJ праворуч зменшує точність передбачення намірів і виявлення емоційного стану іншого (X. Mai та співавт., 2016). У той же час, за даними Н. Zheng та співавторів (2018), синхронна стимуляція й пригнічення контрлатеральних ділянок TPJ<sup>7</sup>, на відміну від DLPFC, не впливає на моральні судження.

При спогляданні візуальних атрибутів ненавмисної шкоди активуються, поміж іншого, АСС і кора передньої частини острівця, споглядання ж навмисної шкоди корелює зі збільшенням активності MPFC, орбітофронтальної кори і задньої частини кори верхньої скроневої звивини поблизу ділянки TPJ (оглянуто С. Helion, К. N. Ochsner, 2016<sup>8</sup>). Причому із збільшенням віку досліджуваних просторовий патерн активації острівця на тлі споглядання умисної шкоди розширюється уперед<sup>9</sup>, просторовий патерн активації орбітофронтальної кори зміщується від присерединних до бічних ділянок<sup>10</sup>, що, на думку С. Helion та К. N. Ochsner (2016), свідчить про зменшення частки неусвідомленого компонента у психоемоційній рефлексії на споглядання морально значимого збитку і, навпаки, збільшення контрольованого, усвідомленого компонента.

Базована на емпатії альтруїстична мотивація поведінки корелює з функціональними впливами АСС на передню частину острівця, тоді як альтруїзм, ґрунтований на очікуванні аналогічного відношення до себе<sup>11</sup>, у якості мережевого кореляту має, окрім зазначеного зв'язку, зворотний варіант впливу<sup>12</sup>, а також впливу переднього острівця на вентральний стріатум; егоїстичні особи демонструють іншу архітектуру мережевої активності на тлі аналогічних експериментальних ситуацій, збільшують ступінь альтруїстичності поведінки лише під дією емпатичних індукторів, однак не на тлі реципрокних тригерів (G. Hein та співавт., 2016).

Дорзальна частина АСС і хвостате ядро преферентно активуються під час порівняльної оцінки власного статусу у контексті парадигми суспільної рівності (H. Takesue та співавт., 2017). Мережевий корелят позитивного підкріплення при отриманні власної винагороди та у зв'язку з отриманням винагороди іншою,

<sup>1</sup> Тобто за умови виключення безпосереднього споглядання страждання іншого.

<sup>2</sup> Анодний.

<sup>3</sup> Тобто слабкий пригнічувальний вплив на нейронні мережі.

<sup>4</sup> "Marginally significant increase".

<sup>5</sup> Тобто суттєве пригнічення її активності.

<sup>6</sup> Тобто чим суворіше було судження досліджуваного стосовно демонстрованої йому ситуації ненавмисної шкоди, тим меншим значенням цього показника він володів.

<sup>7</sup> "... right anodal/left cathodal and left anodal/right cathodal tDCS stimulations over TPJ..." (H. Zheng та співавт., 2018).

<sup>8</sup> З посиланням на J. Decety та співавт., 2012.

<sup>9</sup> "Posterior-to-anterior progression of activation in the insula across age."

<sup>10</sup> "A medial-to-lateral activation shift."

<sup>11</sup> Взаємнісний альтруїзм, "егоїстичний", утилітарний альтруїзм; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Взаимный\\_альтруизм](https://ru.wikipedia.org/wiki/Взаимный_альтруизм) (05.10.2019 р.).

<sup>12</sup> Тобто впливу переднього острівця на АСС.

неконкурентною особою охоплює VMPFC (*S. A. Morelli та співавт., 2015*); мережевий корелят засвоєння власної винагороди порівняно з мозковим корелятом сприйняття винагороди іншим характеризується преферентною активацією *пс. accumbens*<sup>1</sup>, при зворотному порівнянні виявляють преферентну активацію елементів мережі розуміння іншого — DMPFC і кори верхньої скроневої борозни (*Ibid.*).

## сумлінність

Виявляється, сумлінність<sup>2</sup> як риса характеру має нейроанатомічні кореляти<sup>3</sup>: її квантифікований виразник позитивно корелює з товщиною кори парагіпокампулярної і веретеноподібної звивин (*двобічно*), поясної звивини ліворуч, медіальної ділянки орбітофронтальної кори праворуч і DMPFC ліворуч (*G. J. Lewis та співавт., 2018*). За іншими даними, ступінь сумлінності позитивно корелює з об'ємом сірої речовини верхньої частини тім'яної частки (*двобічно*) і негативно асоційований з аналогічним показником правої середньої лобової звивини (*S. Wang та співавт., 2019*), поєднаний з більшою товщиною і меншою загальною площею задніх відділів середньої лобової звивини (*двобічно*), прекліна праворуч, негативно корелює з площею бічної поверхні лівої потиличної частки і правої середньої кори скроневої частки, з об'ємом сірої речовини бічної поверхні лівої потиличної частки і нижніх ділянок кори скроневої частки праворуч, а також зі ступенем "звивистості"<sup>4</sup> ряду ділянок кори — веретеноподібної ділянки, верхньої лобової звивини та острівця ліворуч, бічної ділянки кори потиличної частки, верхньої частини скроневої кори, ростральної частини середньої лобової звивини праворуч (*R. Riccelli та співавт., 2017*).

## правдивість і лукавство

Протягом останніх років накопичено значний об'єм даних стосовно мозкових мережевих корелятів обману — як власної усвідомленої дії суб'єкта, так і сприйняття обману, вчиненого іншим.

**Дані фМРТ.** Коротко, у мозкових корелятах правдивості ключова роль належить префронтальній корі; формування неправдивого свідчення, спряжене зі збільшенням тривожності, супроводжується преферентною активацією VLPFC, DLPFC і дорзальних відділів MPFC, а також кори верхньої скроневої борозни (*F. Mamelі та співавт., 2017*<sup>5</sup>). В іншому дослідженні (*Ibid.*<sup>6</sup>) реалізацію цих психічних функцій було пов'язано з VLPFC і MPFC ліворуч, гіпокампом і середньою скроневою звивиною праворуч, лівою язиковою звивиною<sup>7</sup>, АСС, правим острівцем<sup>8</sup>, правою веретеноподібною звивиною<sup>9</sup>. При порівнянні мапи активності мозку на тлі навмисного обману і правдивої поведінки істотну різницю виявляють стосовно нижньої і середньої лобових звивин, передцентральної звивини, нижньої тім'яної часточки і хвостатого ядра (*Ibid.*<sup>10</sup>). Згідно з даними *W. Jiang та співавторів (2015)*<sup>11</sup>, неправдомовство пов'язане із суміжною активацією елементів лобово-тім'яної мережі, мозочка, поясної звивини і покришкової кори.

Цікаво, що до формування кореляту неправдивості можуть долучатися мережі мозку, котрі беруть участь у сприйнятті інформації (*Ibid.*<sup>12</sup>), але не у реалізації виконавчих функцій; обманювання щодо власної оцінки емоційно значимої інформації супроводжується преферентною двобічною активацією латеральних відділів префронтальної й орбітофронтальної кори (*Ibid.*<sup>13</sup>). Спокусливо припустити, що генез цих

<sup>1</sup> Так в оригіналі.

<sup>2</sup> Англ. — *conscientiousness*, рос. — *добросовестность*.

<sup>3</sup> Йдеться про МРТ-кореляти.

<sup>4</sup> "Гіріфікації", "gyrification"; специфічний термін, котрий, окрім первинного значення — формування звивин головного мозку у онтогенезі — має ще й морфометричне значення, описуючи вираженість, ступінь звивистості, тобто співвідношення між реальною площею кори певної ділянки півкулі та її поверхневою, або "експонованою", доступною для зору площею (*gyrification index*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Gyrification#Measurements\\_of\\_gyrification](https://en.wikipedia.org/wiki/Gyrification#Measurements_of_gyrification)). Таким чином індекс збільшується не лише при збільшенні "звивистості" звивин (*даруйте цю тавтологію*), а й глибини борозен.

<sup>5</sup> З посиланням на: *D. D. Langleben та співавт., 2002*.

<sup>6</sup> З посиланням на: *F. B. Mohamed та співавт., 2006*.

<sup>7</sup> *G. lingualis*.

<sup>8</sup> В оригіналі — "*right sublobar insula*".

<sup>9</sup> *G. fusiformis*.

<sup>10</sup> З посиланням на: *M. V. Kireev та співавт., 2015*.

<sup>11</sup> Наводимо за: *F. Mamelі та співавт., 2017*.

<sup>12</sup> З посиланням на: *T. M. Lee та співавт., 2013*.

<sup>13</sup> З посиланням на: *A. Ito та співавт., 2011*.

мережових корелятивів пов'язаний з прагненням до "ретушування" обману шляхом самообмеження сприйняття чи доєднання інформації, котра викривала б перед суб'єктом його ж неправдомовство<sup>1</sup>. У зв'язку з цим, кореляти самообману<sup>2</sup>, піклування про власний образ у суспільстві<sup>3</sup> чи створення власного навмисно негативного образу корелює з активністю MPFC і VLPFC; більш того, піклування про власний образ корелює з активацією ділянок префронтальної кори і задньої частини середньої скроневої звивини ліворуч, а формування власного навмисно негативного образу — з активністю правої VLPFC, кори TPJ ліворуч і правої частини мозочка (*Ibid.*<sup>4</sup>).

Інтроспективне вибудовування брехні чи, навпаки, вишукування правди суб'єктом відбувається з преферентним залученням DLPFC (*Ibid.*<sup>5</sup>). Ймовірно, гальмування вербалізації правди при обумовленій тими чи іншими обставинами умотивованості неправдомовства корелює з активністю ростроратеральної ділянки префронтальної кори і ACC праворуч (*Ibid.*<sup>6</sup>). Загалом, формування обману суб'єктом найтісніше корелює з функцією префронтальної кори, інші потенційні учасники мережі — кора прекліна і TPJ ліворуч, а також ряд ділянок мозочка праворуч (*Ibid.*). А згідно з результатами клінічних досліджень, найміцніше пов'язаною з обманюванням виявилася мережа виконавчої системи, зокрема її частини — DLPFC, VLPFC, VMPFC, передні відділи префронтальної кори і ACC; додатковими є ділянка TPJ і мозочок (*Ibid.*).

Оглянувши наявні результати фМРТ-досліджень, F. Mameli та співавтори (2017<sup>7</sup>) підсумовують, що на даний час цей нейровізуалізаційний метод дозволяє диференціювати правдиву розповідь від неправдивої не абсолютно, лише з точністю до 82.8% (*Ibid.*<sup>8</sup>).

**Дані стимуляційних досліджень.** Транскраніальна магнітна стимуляція у цілому може впливати на правдивість особи, особливо у випадку прикладання до DLPFC (*Ibid.*<sup>9</sup>). Дослідження ефектів транскраніальної електричної стимуляції у цілому підтверджують ці дані (*Ibid.*<sup>10</sup>). Приміром, при анодній стимуляції DLPFC полегшується генерування неправдивих відповідей на питання щодо певних видів загальних, не аутореферентних знань суб'єкта (*Ibid.*<sup>11</sup>); при гальмівному, катодному впливі на передні відділи префронтальної кори спостерігають полегшення генерування неправди і збільшення "якості" обману (*Ibid.*<sup>12</sup>). Умисне введення в оману стосовно автобіографічної інформації пов'язане з активністю медіальних відділів кори лобової звивини (*Ibid.*<sup>13</sup>), тоді як, приміром, активність DLPFC важлива для формування особою неправдивих свідчень стосовно загальної інформації (*Ibid.*<sup>14</sup>).

<sup>1</sup> Це рутинна стратегія і тактика дій людини, котра у силу тих чи інших обставин не може озвучити правду, і з упевненістю можна стверджувати, що такі внутрішні "викрутаси логіки", "раптові напади сліпоти, глухоти чи безпам'ятства" стосовно однозначних з моральної точки зору фактів, на жаль, хоча б раз у житті переживав кожен із нас.

<sup>2</sup> "Self-deception"; життєві приклади умотивованого самообману: "Examples of self-deception include playing the lottery (and believing you have a realistic chance of winning), an alcoholic convincing themselves that their drinking is not problematic, a mother convincing herself that her criminal son is "a good boy really" and downplaying health advice which contradicts one's behaviour (e.g. smoking, obesity, not wearing sunscreen etc.). Self-deception is also common in people's belief of the diagnostic value (i.e. causal reasoning) of their own actions (Sloman et al., 2010)." (T. F. Farrow та співавтори., 2015).

<sup>3</sup> Так званий менеджмент вражень потребує відповідного керування власними емоціями і поведінкою, а також залучення самообману для полегшення здійснення цих аутогенних соціопсихологічних маніпуляцій: "Impression-management, also known as socially desirable responding, describes the process by which people manage the impressions others form of them and plays a key role in interpersonal behaviour. Individuals attempt to create impressions of their personal qualities, including their attitudes, moods, roles, status, interests and beliefs and thereby aim to portray themselves in a socially desirable manner as appearing competent, attractive, friendly and honest (Singh et al., 2002). Creating such impressions requires emotion-regulation (Reyers and Matusitz, 2012), behavioural modification (Ellis et al., 2002), self-monitoring (Turnley and Bolino, 2001) and even outright deception (Carlson et al., 2011)." (T. F. Farrow та співавтори., 2015).

<sup>4</sup> З посиланням на: T. F. Farrow та співавтори., 2015.

<sup>5</sup> З посиланням на: A. Ito та співавтори., 2012.

<sup>6</sup> Без посилання на першоджерело.

<sup>7</sup> З посиланням на: W. Jiang та співавтори., 2015.

<sup>8</sup> З посиланням на: W. Jiang та співавтори., 2015; див. також G. Ganis та співавтори., 2011. Слід мати на увазі, що "... the specific methodology utilized to generate a deceptive response varied across experiments and involved differences in the context, motivation, spontaneity of behavior, and response modalities. Therefore, considering that neuroimaging techniques are operator dependent and may be vulnerable to countermeasures, caution is required before applying these methods to real-world situations." (F. Mameli та співавтори., 2017). Про неможливість використання описаних далі знань у якості доказів у судових провадженнях — у кінці цього пункту.

<sup>9</sup> З посиланням на: I. Karton, T. Bachmann, 2011; I. Karton та співавтори., 2014 а; I. Karton та співавтори., 2014 б.

<sup>10</sup> З посиланням на: A. A. Karim та співавтори., 2010; S. Fecteau та співавтори., 2013.

<sup>11</sup> Тест "знання вини" — "guilty knowledge task"; з посиланням на: F. Mameli та співавтори., 2010.

<sup>12</sup> З посиланням на: A. A. Karim та співавтори., 2010.

<sup>13</sup> З посиланням на: J. M. Nunez та співавтори., 2005.

<sup>14</sup> З посиланням на: F. Mameli та співавтори., 2010. Йдеться про інформацію, не пов'язану з власним попереднім життям досліджуваного.

Водночас, транскраніальна анодна електрична стимуляція ділянки ТР1 праворуч полегшує ідентифікацію добровольцями неправдивості<sup>1</sup> у судженнях незнайомих їм респондентів щодо складних етичних питань<sup>2</sup>, цим самим обмежуючи вплив ступеня ангажованості досліджуваних<sup>3</sup> (*Ibid.*<sup>4</sup>). Іншими словами, стимуляція ТР1 праворуч сприяє збільшенню об'єктивності і, сказати б, критичності судження. Схожа збуджувальна стимуляція ТР1 праворуч зменшує результативність обману добровольцем іншої особи з метою отримання грошової винагороди, що свідчить про роль цієї частини кори у провадженні правдивого типу поведінки (Y. Noguchi, R. Oizumi, 2018). Цікаво, що задоволення, котре отримує обманювач, передчуваючи грошову винагороду, може згодом у силу внутрішньоособистісного процесу нівелюватися, про що свідчать дані аналізу глобальних електричних корелятивів мережевої активності мозку на тлі моделювання такої ситуації (C. Zhu та співавт., 2019). Загалом, як видно з описаних даних, кора правої півкулі великого мозку має більше значення у реалізації правдивості<sup>5</sup>, причому кора нижньої лобової звивини не відіграє значимої ролі у цих процесах<sup>6</sup>.

**Дані томографічної морфометрії.** Цікаво, що у так званих патологічних неправдомовців відзначають збільшення об'єму білої речовини у ділянках префронтальної кори загалом<sup>7</sup>, у аутистів на тлі суттєвих труднощів у генеруванні неправди співвідношення часток сірої і білої речовини префронтальної кори протилежне<sup>8</sup>; утруднення продукування неправди зафіксовано й на тлі істотної патології лобових мереж<sup>9</sup>.

### “моральний мозок”

На думку D. Marazziti та співавторів (2013), накопичені протягом 1980–2012 рр. дані свідчать про існування особливого “центру вродженої моральності”, локалізованого у VMPFC. Ця ділянка тісно пов'язана з орбітофронтальною корою, ACC, DLPFC, VLPFC, гіпокампом, мигдалеподібним комплексом, таламусом і стовбуром; своєрідне суб'єктивне “почуття”<sup>10</sup> моральності, на думку авторів, обумовлено “інтеграцією багатьох автоматичних відповідей, переважно асоційованих з соціальними емоціями й інтерпретаціями поведінки та інтенцій іншого”<sup>11</sup>. Зазначимо, що терміни “VMPFC” і “орбітофронтальна кора”, незважаючи

<sup>1</sup> Чи помилковості? Інформації, викладеної у статті, недостатньо для однозначного твердження про навмисність відтворюваної помилковості; авторами не пояснено, чому помилкові твердження повинні сприйматися добровольцями саме у моральному, а не в раціональному ключі, адже, як можна бачити з опису протоколу дослідження, учасникам не надавали жодних візуально-прозорих чи прозорих (інтонаційних) натяків стосовно морального забарвлення висловлюваних тверджень.

<sup>2</sup> Зважаючи на перелік тем, на прикладі яких верифікували нейропсихологічні особливості судження учасників, дослідження навряд чи може вважатися об'єктивним: на питання, судження стосовно яких учасники повинні були оцінити на предмет правдивості, немає еталонних відповідей, вони є невіршеними проблемами сучасної біоетики. І лише зовсім маргінальні варіанти суджень у цих питаннях можна вважати помилковими. Автори теж не наводять еталонні варіанти. S. Sowden та співавтори (2015): “In both experiments 1 and 2, participants began by completing an “opinion questionnaire” in which they gave their opinion on 20 topics. For each item they rated the degree to which they agreed or disagreed with the topic on a six-point scale (with an answer of “1” demonstrating strong agreement, and “6” strong disagreement, with a topic). Example items on the questionnaire include “euthanasia”, “medical abortion”, “genetically modified foodstuffs”, and “animal testing”. During the lie-detection task, participants watched a series of 80 randomly ordered video clips of individuals (“senders”) expressing their views, as well as a brief justification of their view, on the same topics included in the opinion questionnaire. These took the form of “I am in favor of euthanasia because everyone deserves a chance to die with dignity.” After watching each video, participants were asked to rate whether the sender had presented their true opinion or whether they had lied, on a 6-point scale (1, definitely true; 6, definitely lie; see Figure 1A). The task took a total of 25 min.” (виділено нами — В. М.).

<sup>3</sup> Як можна зрозуміти з поставленого у цитованій роботі завдання, автори прагнули дослідити ефект ангажованості смислом твердження при вирішенні питання щодо його правдивості. Приміром, ви громадянин і вам, серед інших, пропонують твердження, що певний політик — негідник, наводячи при цьому відповідні аргументи. Так от, ваша здатність до верифікації неправдивості цих аргументів значною мірою залежить від того, чи ви теж вважали і вважаєте його негідником. Іншими словами, якщо хтось озвучив милу вашому вухові думку, ваша критичність щодо її обґрунтованості менша, аніж у випадку сприйняття індивідуальної для вас думки. І саме цей варіант ангажування нівелює правобічну стимуляцію ділянки ТР1. Хоча підбірка тем, судження респондентів стосовно котрих оцінювалися у дослідженні, вражає складністю: виникає питання, як можна взагалі стверджувати про наявність вірних чи невірних обґрунтувань у таких спірних питаннях, відповіді на котрі часто ґрунтуються як на раціональних, так і на ірраціональних передумовах, приміром, на релігійних кодексах.

<sup>4</sup> З посиланням на: S. Sowden та співавт., 2015.

<sup>5</sup> F. Mameli та співавт., 2017, з посиланням на: I. Karton, T. Bachmann, 2011; I. Karton та співавт., 2014 а; I. Karton та співавт., 2014 б.

<sup>6</sup> F. Mameli та співавт., 2017, з посиланням на: B. Verschuere та співавт., 2012.

<sup>7</sup> F. Mameli та співавт., 2017, з посиланням на: Y. Yang та співавт., 2005, 2007.

<sup>8</sup> F. Mameli та співавт., 2017, з посиланням на: S. Baron-Cohen, 1992; B. Sodian, U. Frith, 1992; R. A. Carper, E. Courchesne, 2000; A. S. Li та співавт., 2011.

<sup>9</sup> Йдеться про випадки хвороби Паркінсона, внутрішньочерепної пухлини значного розміру; F. Mameli та співавт., 2017, з посиланням на: N. Abe та співавт., 2009; F. Mameli та співавт., 2013.

<sup>10</sup> В оригіналі — “moral sense”. Однак, у даному випадку, ймовірно, слід говорити про почуття (“feeling”), а не про відчуття (“sensation”).

<sup>11</sup> D. Marazziti та співавтори (2013): “The available findings would suggest that there might be a main integrative centre for the innate morality, in particular the ventromedial prefrontal cortex, with its multiple connections with the limbic lobe, thalamus and brainstem. The subjective moral sense would be the result of an integration of multiple automatic responses, mainly associated with social emotions and interpretation of others’ behaviours and intentions.”

на думки окремих дослідників<sup>1</sup>, вважаються синонімічними<sup>2</sup>; у всякому випадку, частини кори, окреслені цими термінами, значною мірою перекриваються (рис. 60). Отже, хоча б з такої точки зору інтерпретація функціонально-топографічних даних, наведена D. Marazziti та співавторами (2013), спірна.

M. Fumagalli і A. Priori (2012) висловлюють поміркованішу позицію. Не беручи на себе відповідальність точного окреслення вузького переліку аксіологічно-преферентних ділянок мозку, автори вживають термін "моральний мозок"<sup>3</sup>, до семантичного поля якого зараховують довгий ряд структур<sup>4</sup>: лобової частки — VMPFC/орбітофронтальну кору<sup>5</sup>, DLPFC<sup>6</sup>, ACC<sup>7</sup>; тім'яної частки — верхню і нижню тім'яну кору<sup>8</sup>; скроневої частки — кору верхньої скроневої звивини і верхньої скроневої борозни<sup>9</sup>, передньої і середньої частини скроневої частки<sup>10</sup>, кутової звивини<sup>11</sup>, TPJ<sup>12</sup>, острівець<sup>13</sup> і гіпокамп<sup>14</sup>; підкіркові ядра — мигдалеподібний комплекс<sup>15</sup>, таламус<sup>16</sup>, комплекс перегородки<sup>17</sup>, хвостате ядро<sup>18</sup>, вентральний стріатум (*nc. accumbens*)<sup>19</sup>, задній гіпоталамус<sup>20</sup> і *nc. subthalamicus*<sup>21</sup>. Автори також підкреслюють, щоправда із застереженнями<sup>22</sup>, можливу роль у реалізації аксіологічних якостей генетичних<sup>23</sup> і ендокринних факторів<sup>24</sup>, факторів оточення.

Одна з важливих нейроаксіологічних ділянок мозку — кора TPJ і сусідня ї частково співмісна нижня тім'яна кора (IPC<sup>25</sup>). Остання включає кору двох звивин: надкрайової<sup>26</sup> (*поле BA 40*) і кутової<sup>27</sup> (*поле BA 39*), а також варіабельні ділянки кори борозен — каудальної частини верхньої скроневої борозни<sup>28</sup> і проміжної тім'яної борозни<sup>29</sup> (К. М. Igelström, М. S. A. Graziano, 2017). TPJ не містить інших диференційних анатомічних ознак, окрім розташування на межі нижньої ділянки зовнішньої поверхні тім'яної частки і каудальної та верхньої ділянки зовнішньої поверхні скроневої частки (*ibid.*). Зважаючи на це, ділянка TPJ — поняття, що виникло виключно під

<sup>1</sup> M. Carlén (2017): "Many neuroimaging studies focus on functional localization and division of the human prefrontal cortex. The subdivisions and their extent vary, but dorsolateral, dorsomedial, ventromedial, and orbital prefrontal cortex are common functional divisions [B. Kolb, in *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, J. D. Wright, Ed. (Elsevier, ed. 2, 2015), pp. 811–816.] (Fig.3, A and B, and movie S3)."

<sup>2</sup> "The OFC is considered anatomically synonymous with the ventromedial prefrontal cortex (посилання на: Phillips, LH., MacPherson, SE. & Della Sala, S. (2002). "Age, cognition and emotion: the role of anatomical segregation in the frontal lobes: the role of anatomical segregation in the frontal lobes." in J. Grafman (ed.), *Handbook of Neuropsychology: the frontal lobes*. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 73–98.)" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal_cortex)). Див. також: J. D. Wallis (2007), A. Chatterjee і O. Vartanian (2016, Fig. 1C).

<sup>3</sup> "Moral brain"; до слова, у підписі до Fig. 1 D. Marazziti та співавтори (2013) теж вживають словосполучення "'moral' brain".

<sup>4</sup> У дужках наведено психічні функції, у реалізації котрих відіграє роль (*але не продукує їх*) зазначена структура.

<sup>5</sup> Емоційна обробка прийняття рішень, моніторинг мотивацій і намірів.

<sup>6</sup> Вирішення проблем, когнітивний контроль.

<sup>7</sup> Опозитні співвідношення між емоційними і раціональними компонентами моральності.

<sup>8</sup> Когнітивний контроль і оперативна пам'ять.

<sup>9</sup> Визначення обумовленості і соціальної складності моральних дій ("*elaboration of intentionality and social complexity of moral acts*").

<sup>10</sup> Когнітивна обробка і оперативна пам'ять.

<sup>11</sup> Моральне судження.

<sup>12</sup> Моральна інтуїція, спонтанне спрямування уваги на морально значимі тригери, розуміння іншого, атрибуція власних переконань до моральних суджень.

<sup>13</sup> Обробка емоційно значимої інформації чи стимулів, відчуття і виявлення несправедливості, нерівності, упередженості ("*perception of inequity*").

<sup>14</sup> Моніторинг і контроль агресивної поведінки.

<sup>15</sup> Оцінка емоційної значимості вчинків і дій, обробка мораль-асоційованих емоцій.

<sup>16</sup> Міжособистісна кооперація і альтруїзм.

<sup>17</sup> Емпатія і альтруїзм.

<sup>18</sup> Міжособистісна кооперація і альтруїзм.

<sup>19</sup> Міжособистісна кооперація і альтруїзм, імпульсивність.

<sup>20</sup> Контроль імпульсивності, регуляція агресії.

<sup>21</sup> Оцінка конфліктних моральних рішень.

<sup>22</sup> M. Fumagalli і A. Priori (2012): "We found no studies investigating the correlation between the performances in a moral task with either COMT/MAOA genetic polymorphism or testosterone/cortisol levels in healthy subjects, although this could be an interesting issue for future research. Another possible shortcoming worth investigating is that these studies measured basal hormone concentrations, without considering receptor site functioning, possible interactions with other hormones and the mechanisms that regulate protein transcription and hormone secretion, all factors that can ultimately influence the behavioural effects of a given hormone, independently from its concentrations (Carney and Mason, 2010)."

<sup>23</sup> Генетично обумовлена чи модульована активність моноаміноксидази А і катехол-О-метилтрансферази корелює з рівнем агресивності.

<sup>24</sup> На даний час йдеться конкретно про роль кортизолу і тестостерону.

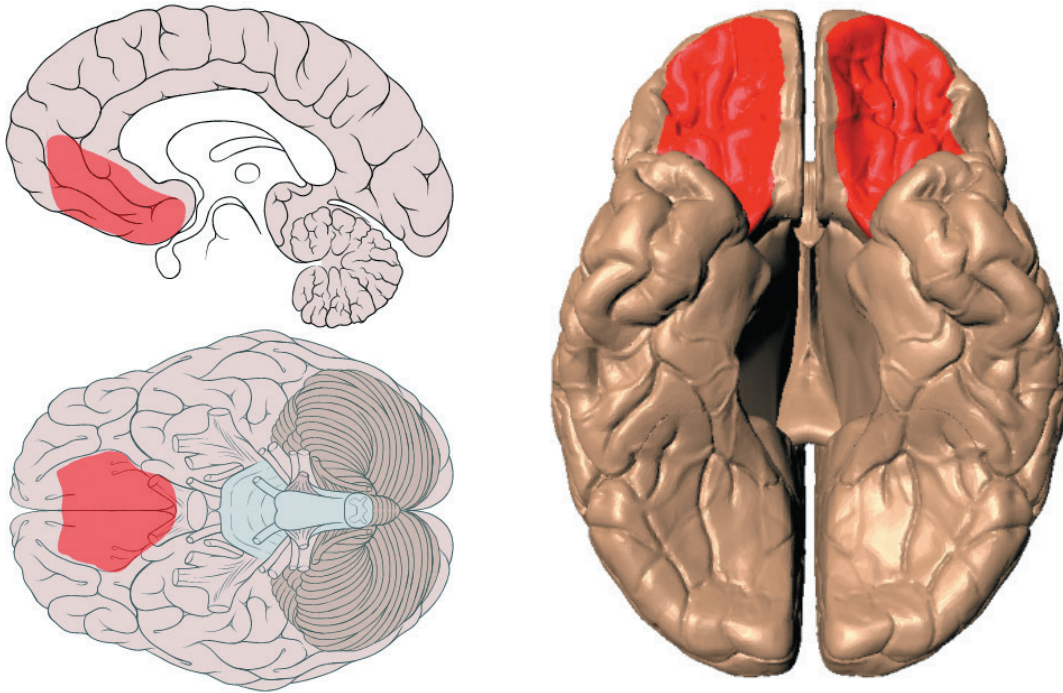
<sup>25</sup> "Inferior parietal cortex".

<sup>26</sup> *G. supramarginalis*.

<sup>27</sup> *G. angularis*.

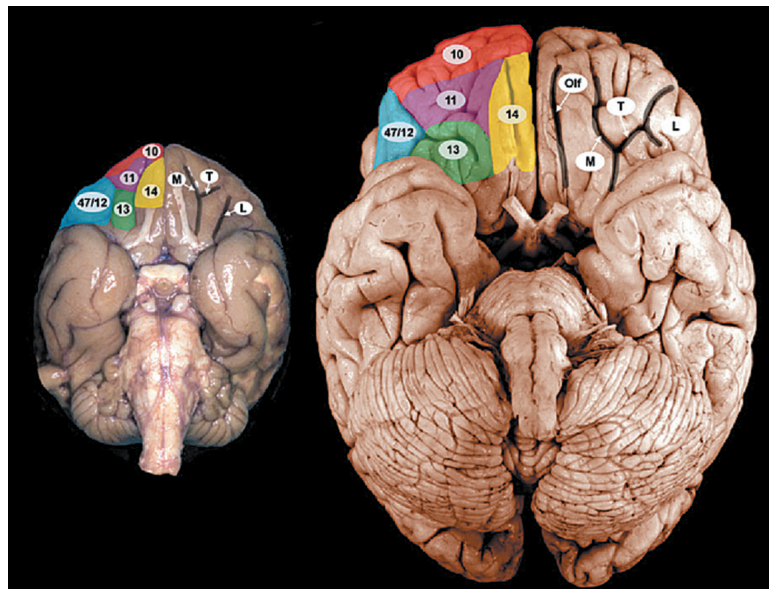
<sup>28</sup> Англ. — *superior temporal sulcus*.

<sup>29</sup> "Intermediate parietal sulcus of Jensen", IPC.



Вікіпедичні версії<sup>1</sup>. Орбітальні звивини, які складають орбітофронтальну кору, виділено червоним

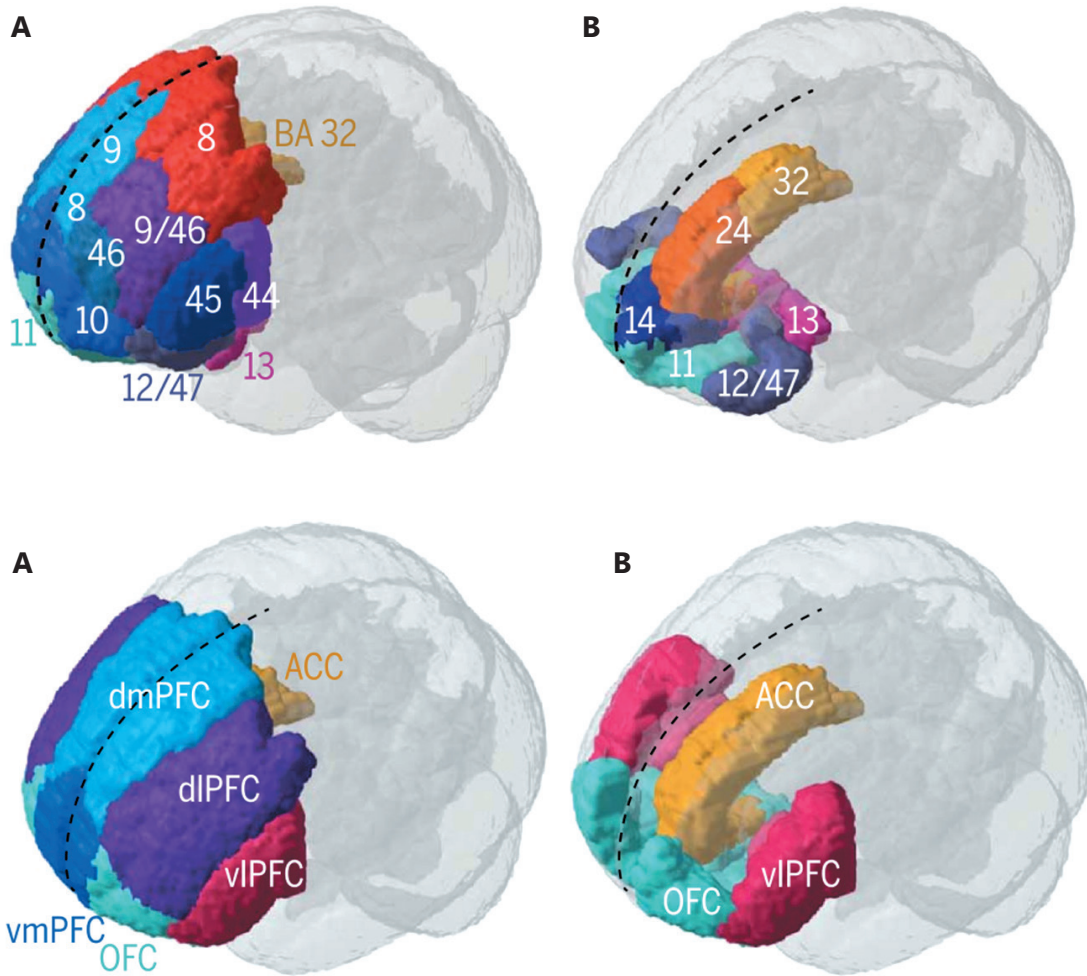
<sup>1</sup> [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Ventromedial\\_prefrontal\\_cortex.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Ventromedial_prefrontal_cortex.png); [https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal\\_cortex#/media/File:Orbital\\_gyrus\\_viewed\\_from\\_bottom.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal_cortex#/media/File:Orbital_gyrus_viewed_from_bottom.png).



Версія J. D. Wallis (2007)<sup>1</sup>. Цитоархітектонічні поля (позначено цифрами), котрі входять до орбітофронтальної кори макака (ліворуч) і людини (праворуч). Умовні позначення: Olf — olfactory sulcus, M — medial orbital sulcus, T — transverse orbital sulcus, L — lateral orbital sulcus

<sup>1</sup> З посиланням на: Petrides M, Pandya DN. 1994. Comparative architectonic analysis of the human and macaque frontal cortex. In Handbook of Neuropsychology, ed. F Boller, J Grafman, pp. 17–57. New York: Elsevier.





Версія М. Carlén (2017). Мозок людини. Цифрами вказано цитоархітектонічні поля за Бродманом. Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; dlPFC — dorsolateral prefrontal cortex; dmPFC — dorsomedial prefrontal cortex; vmPFC — ventromedial prefrontal cortex; vIPFC — ventrolateral prefrontal cortex; OFC — orbital frontal cortex.

Рис. 60. Чи є орбітофронтальна кора венстромедіальною префронтальною (VMPFC)?

час аналізу матеріалу фМРТ й інших функціональних нейровізуалізаційних досліджень<sup>1</sup> (*Ibid.*); деякі дослідники включають до TPJ також і кору середньої скроневої звивини і розташовані поблизу ділянки кори потиличної частки (*Ibid.*). У межах ІРС/TPJ виокремлюють кілька умовно відмінних у функціональному плані ділянок<sup>2</sup>, зона входить до складу основних функціональних мереж кори — когнітивного, або виконавчого контролю<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> "The term TPJ has been used for activations observed in most of the IPL as well as in dorsal parts of the posterior superior temporal lobe. ... it is important to remember that there is no consensus on the anatomical definition of the extent and precise location of the TPJ, and that many other labels are used to describe activations around this region (e.g. IPL, ventral parietal cortex, lateral parietal cortex, AG, SMG, and posterior STS). It is also important to remember that, even though the IPL and TPJ overlap, even with the most conservative definition of the TPJ, they are not synonymous with each other." (К. М. Igelström, М. S. A. Graziano, 2017).

<sup>2</sup> Варіантів такої регіоналізації кілька, від двоскладової (передня і задня частини TPJ) до складніших (4–6 ділянок), причому вони не співвідносяться з цитоархітектонічною регіоналізацією.

<sup>3</sup> В оригіналі — "frontoparietal control network"; син: "multiple demand system", "working memory network" (оглянуто К. М. Igelström, М. S. A. Graziano, 2017). Ймовірно, ще один синонім — "fronto-parietal executive control network"; хоча деякі автори розрізняють "fronto-pa-

оперантного спокою<sup>1</sup>, значимості<sup>2</sup> і вентральної мережі уваги<sup>3</sup> (*Ibid.*). У зв'язку з цим, окрім описаних вище функцій, ІРС/ТРП відіграє важливу роль також у таких вищих психічних процесах: в управлінні увагою<sup>4</sup>, у самоусвідомленні, самосприйнятті і відчутті самоконтролю<sup>5</sup> — як елемент мережі значимості; у функції самостереження<sup>6</sup> і автобіографічної пам'яті — як елемент мережі оперантного спокою; у механізмах оперативної

*rietal network*" і "executive control network" (Q. Zhao та співавт., 2018, 2019 b), інші (F. Agosta та співавт., 2012) — виокремлюють у мережі виконавчого контролю ("executive control network", ECN) власне ECN і кілька лобово-тім'яних мереж ("fronto-parietal networks"; цит. за: Q. Zhao та співавт., 2019 b). Y. I. Sheline та співавтори (2010; наводимо за Q. Zhao та співавт., 2019 a) диференціюють у межах мережі виконавчого контролю ("executive control network") мережу когнітивного контролю ("cognitive control network") і афективну мережу ("affective network"). У розумінні K. M. Igelström і M. S. A. Graziano (2017) лобово-тім'яна мережа латералізована, включає IPL/TPJ, DLPFC, лобово-полярну кору, ACC, MCC, кору прекліна і внутрішньотім'яної борозни ("intraparietal sulcus"), передню частину острівця, середню і нижню скроневу кору ("middle/inferior temporal cortex"), хвостате ядро і мозочок. У розумінні Q. Zhao та співавторів (2018, з посиланням на: E. Molinari та співавт., 2012) поняття "frontoparietal network" включає лобово-полярну кору, DLPFC,тім'яну часточку (так в оригіналі — "parietal lobule"), припопашну звивину ("paracingulate gyrus"), РСС та відповідає за прийняття рішення і коригування поточної діяльності, продуктивності. В іншому місці статті Q. Zhao та співавторів (2018, з посиланням на: J. L. Vincent та співавт., 2008; B. T. Yeo та співавт., 2011) включають до складу "frontoparietal network" передню префронтальну кору ("anterior prefrontal cortex"), DLPFC, ACC, передню частину острівця, передню нижнютім'яну часточку (так в оригіналі — "anterior inferior parietal lobule") і хвостате ядро. Q. Zhao та співавтори (2019 b), з посиланням на ряд першоджерел, включають до складу мережі виконавчого контролю ("executive control network") DLPFC, VLPFC, лобово-полярну кору, DMPFC, ACC, ліву нижнютім'яну кору (IPL) і ліву передню частину острівця ("left fronto-insula"). Звідси видно, що терміни "лобово-тім'яна мережа", "мережа когнітивного контролю" і "мережа виконавчого контролю" в анатомічному сенсі умовні, мають певні відмінності. Окрім іншого, лобово-тім'яна контролююча мережа визначає баланс між дорзальною мережею уваги, спрямованою на зовнішній світ ("externally directed dorsal attention network"), і важливою для занурення у внутрішній світ мережею оперантного спокою (K. M. Igelström, M. S. A. Graziano, 2017). Центральна мережа виконавчого контролю (тут — синонім лобово-тім'яної мережі; [https://en.wikipedia.org/wiki/Frontoparietal\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Frontoparietal_network)) вважається важливою для утримання і послуговування інформацією, необхідною для виконання поточного завдання (функція оперативної пам'яті), для вирішення проблем ("problem solving") і прийняття рішень ("decision making"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Biology\\_of\\_depression#Central\\_executive\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Biology_of_depression#Central_executive_network)); її розлади характерні для усього спектра психічної патології (*Ibid.*).

<sup>1</sup> В інтерпретації K. M. Igelström і M. S. A. Graziano (2017) до мережі оперантного спокою ("default mode network", DMN) входять IPL/TPJ, MPFC, РСС, ретроспленіальна кора, латеральна скронева кора, передня і середня частини скроневої частки ("anterior temporal lobe", "medial temporal lobe") і мозочок; це дещо відрізняється від інших даних стосовно складу мережі.

<sup>2</sup> Мережа саліентності, або поєсно-покришкова мережа ("cingulo-opercular network"). Інша назва — вентральна мережа уваги ("ventral attention network"; A. L. Ruiz-Rizzo та співавт., 2019, з посиланням на: B. T. Yeo та співавт., 2011), ймовірно, не синонімічна: "Some have suggested that the CON and the salience system may be two separate networks (Power and Petersen, 2013), but this has not yet been fully resolved and the terminology varies in the literature. In some contexts, this network has also been interpreted as the VAN (e. g. Yeo et al., 2011) (Table 1), even though the VAN is generally considered to have a more posterior IPL/TPJ node lateralized to the right hemisphere (Corbetta et al., 2008; Geng and Vessel, 2013; Mantini et al., 2013), which corresponds better to the TPJc subdivision described above (Igelström et al., 2015, 2016a, 2016 b). Because the VAN was originally defined based on a small number of tasks that do not necessarily generalize to other paradigms (see Section 4.1 for details), comparisons between the VAN and networks defined in resting-state data should be made with some caution." (K. M. Igelström, M. S. A. Graziano, 2017). В інтерпретації K. M. Igelström і M. S. A. Graziano (2017) включає дорзальну частину ACC і присередню верхню лобову кору ("medial superior frontal cortex"), передню частину острівця і лобову покришку (*operculum frontale*), передню префронтальну кору, IPL/TPJ, передні відділи таламуса і мозочок. За іншими даними ([https://en.wikipedia.org/wiki/Salience\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Salience_network); 01.08.2019 р.), включає також чорну речовину, VTA, вентральний стріатум (як аналог пс. *accumbens*), мигдалеподібний комплекс, дорзомедіальну частину таламуса і гіпоталамус. Функції мережі: інтеграція емоційних і сенсорних складових стимулів, визначення важливості (саліентності) стимулу і процесу, перемикання між станами ментального процесу — спрямованим "у себе" (мережа оперантного спокою) і спрямованим на зовнішні об'єкти і стимули (мережа виконавчого контролю), функція міжлюдської комунікації, соціальна поведінка, функція самоусвідомлення через інтеграцію сенсорної, емоційної і когнітивної інформації ("self-awareness through the integration of sensory, emotional, and cognitive information"; *Ibid.*). Розлади активності у межах мережі характерні для більшості психічних захворювань, а також для дементивної патології, зокрема для хвороби Альцгеймера (*Ibid.*).

<sup>3</sup> "Ventral attention network." Разом з дорзальною мережею уваги ("dorsal attention network") є так звану сенсорно-орієнтовану систему регуляції вищих психічних функцій через інструмент уваги ([https://psychology.wikia.org/wiki/Ventral\\_attention\\_network](https://psychology.wikia.org/wiki/Ventral_attention_network); 01.08.2019 р.). Згідно з інтерпретацією K. M. Igelström і M. S. A. Graziano (2017), мережа латералізована, правобічна, відрізняється від мережі значимості і включає нижню і середню лобну звивину, передню частину острівця і ділянку IPL/TPJ праворуч. Основна функція — у більшості випадків неосмислена, підсвідома переорієнтація уваги на сенсорно яскравіший стимул або усвідомлено значимий стимул (об'єкт, явище) чи, ймовірно, його визначальні сенсорні атрибути, особливо при несподіваній появі чи появі у несподіваних місцях, хоча активність мережі при виконанні різноманітних когнітивних тестів цим аспектом контекстуальних змін психіки не обмежується ([https://psychology.wikia.org/wiki/Ventral\\_attention\\_network](https://psychology.wikia.org/wiki/Ventral_attention_network); 01.08.2019). Натомість дорзальна мережа уваги — двобічна, включає кору внутрішньотім'яної борозни, кору зони з'єднання між верхньою лобовою і передцентральною борознами (лобове очне поле; "frontal eye field"), відповідає за довільну, цілеспрямовану ("goal-driven") зміну уваги стосовно об'єктів зовнішнього світу ([https://psychology.wikia.org/wiki/Dorsal\\_attention\\_network](https://psychology.wikia.org/wiki/Dorsal_attention_network); 01.08.2019 р.). Див. також: S. Vossel та співавтори (2014).

<sup>4</sup> Наприклад, у перемиканні уваги із зовнішньо-орієнтованого психічного процесу на внутрішній і навпаки (у здійсненні цієї функції беруть участь мережа когнітивного контролю, мережа оперантного спокою і мережа значимості), а також підсвідомого, однак пов'язаного з виконанням певного усвідомленого завдання, перемикання фокусу уваги між об'єктами зовнішнього світу (у здійсненні цієї функції бере участь також вентральна мережа уваги); ймовірно, залучення ІРС/ТРП у зв'язності з мережею когнітивного контролю до усвідомленого перемикання уваги між об'єктами зовнішнього світу (K. M. Igelström, M. S. A. Graziano, 2017).

<sup>5</sup> "... the IPL/TPJ has frequently been identified as a core region in bodily self-consciousness and agency, in both correlational studies in which task-related activity was measured and causal studies in which activity in the cortex was directly manipulated." (K. M. Igelström, M. S. A. Graziano, 2017). Стосовно відчуття самоконтролю, або власної волі ("sense of agency") — див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Sense\\_of\\_agency#Neuroscience](https://en.wikipedia.org/wiki/Sense_of_agency#Neuroscience).

<sup>6</sup> Інтроспекція.

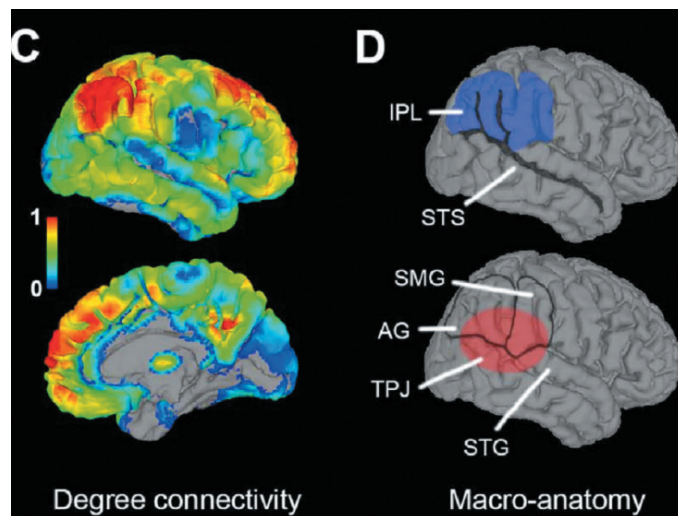


Рис. 61. Рівень внутрішньокіркової зв'язності різних ділянок кори мозку<sup>1</sup> — **C**. Топографія TPJ (червонувата, нижнє зображення) і ІРС (синя, верхнє зображення) — **D**.

К. М. Igelström і М. S. A. Graziano (2017). Умовні позначення: AG — angular gyrus; SMG — supramarginal gyrus; STS — superior temporal sulcus; STG — superior temporal gyrus

<sup>1</sup> Показник, що відображає кількість зв'язків кожного вокселя досліджуваної за допомогою МРТ ділянки з іншими будь-якими вокселями у межах всього зображення: "The color scale reflects the z-scored degree centrality, which is an estimate of the number of connections of each voxel to other voxels. See Buckner et al. (2009) for details on analysis. The image volume was kindly shared by Buckner et al. (2009) and projected on the right hemisphere of the cvs\_avg35\_inMNI152 brain using AFNI/SUMA software (Cox, 1996; Saad and Reynolds, 2012)." Важко зрозуміти, про які зв'язки йдеться — функціональні чи морфологічні. Слід думати, чим червоніше зображення, тим зв'язність більша.

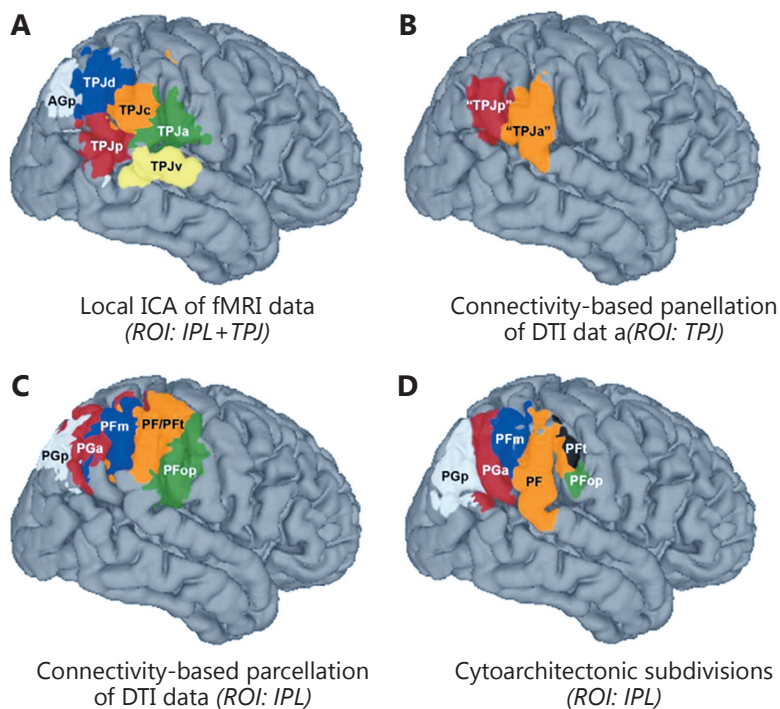


Рис. 62. Парцеляції TPJ і ІРС. К. М. Igelström і М. S. A. Graziano (2017)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Часткове розшифрування абрєвіатур — у тексті першоджерела.

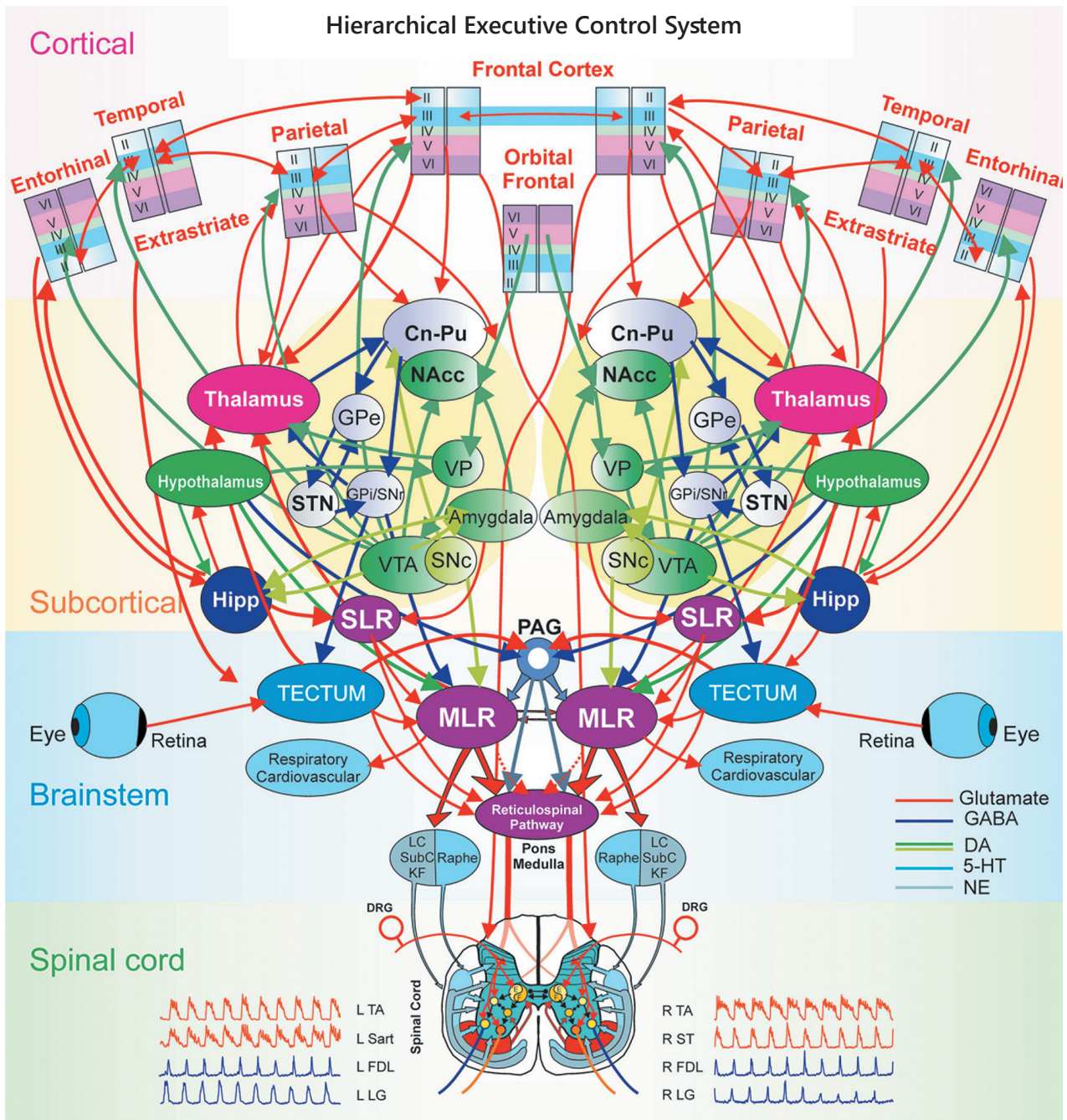


Рис. 63. Як усе складно. Архітектура мережі виконавчого контролю рухової активності. I. Opris та співавтори (2017).

Умовні позначення: 5-HT — 5-hydroxytryptamine (*serotonin*); Cn — caudate; DA — dopamine; DRG — dorsal root ganglia; E — extensor; F — flexor; FDL — m. flexor digitorum longus; GABA —  $\gamma$ -aminobutyric acid; GPe/GPi — globus pallidus, external/internal segments; Hipp — hippocampus; KF — Kölliker-Fuse [nucleus]; L — left; LC — locus ceruleus; LG — m. gastrocnemius, caput laterale; MLR — mesencephalic locomotor region; NAcc — nucleus accumbens; NE — norepinephrine; Pu — putamen; R — right; RS — reticulospinal pathway; Sart — m. sartorius; SLR — subthalamic locomotor region; SNc/SNr — substantia nigra, pars compacta/pars reticulata; ST — m. semitendinosus; STN — subthalamic nucleus; SubC — subceruleus [nucleus or region]; TA — m. tibialis anterior; VP — ventral pallidum; VTA — ventral tegmental area

пам'яті — як елемент мережі виконавчого контролю; у відтворенні епізодичної пам'яті — як елемент мережі когнітивного контролю; у соціальному пізнанні, у розумінні іншого, у розпізнанні вірного й хибного перекохань — у складі мережі когнітивного контролю і мережі значимості (*Ibid.*).

A. Demirtas-Tatlidede й J. D. Schmahmann (2013) наводять інформацію, котра натякає на важливу роль мозочка у реалізації аксіологічних функцій: ця частина мозку останнім часом активно вивчається на предмет участі у афективній і когнітивній сферах<sup>1</sup>, а також у нейроестетикологічному ключі<sup>2</sup>. Чи не єдине дослідження, комплементарне цьому припущенню, — Н. Нап та співавторів (2016) — виявило збільшення функціональної зв'язності між РСС, МРФС, передньою частиною острівця, орбітофронтальною корою, DLPFC, мозочком, середнім мозком на тлі вирішення моральних дилем. При цьому автори зазначають, що середній мозок і стовбур мозку загалом беруть участь в емоційній обробці, або у диференційному усвідомленні емоційних атрибутів морально значимих впливів чи викликів<sup>3</sup>, соціально значимих морально забарвлених рішень<sup>4</sup>, у корелятах деяких видів соціальної прив'язаності<sup>5</sup>.

Очевидно, що функція кори головного мозку у будь-яких сенсах залежить від стовбурових і підкіркових структур, вісцерогенних впливів тощо. Деякі автори (*оглянуто* M. A. Kingsbury, L. C. Wilson, 2016) описують окрему мережу регуляції соціальної поведінки<sup>6</sup> — сукупність стовбурових і підкіркових структур, котрі беруть участь у формуванні соціально значимих аспектів активності, зокрема, *area preoptica, nc. paraventricularis*, передню і вентромедіальну ділянки гіпоталамуса, медіальну частину мигдалеподібного комплексу, BNST, латеральну частину перегородкового комплексу, ЦСР, міжгорбкове ядро<sup>7</sup>. До мережі прийняття соціально значимих рішень<sup>8</sup>, окрім зазначених структур, відносять стріатум, *nc. accumbens*, вентральну частину блідої кулі, базолатеральну частину мигдалеподібного комплексу, гіпокамп і префронтальну кору (*Ibid.*). Важливим модулятором функції цих мереж, окрім маси інших можливих, умовно розглядають VIP, котрий (як і специфічні рецептори) експресується переліченими мозковими структурами (*Ibid.*).

Схожий підхід існує і щодо мозкових корелятивів емоційної сфери, механізмів мотивації, статевої поведінки, соціальних аспектів поведінки тощо; окрім типових підкіркових і кіркових ділянок, важливе значення у реалізації цієї складової психіки надають стовбуровим структурам: дорзальній і серединній частині ядер шва, блакитному місцю, ЛПЯ і ППЯ, ЦСР<sup>9</sup>, парабрахіальному комплексу, ВТА, котрі, як відомо, містять ацетилхолін-, дофамін-, серотонін-, норадреналінергічні нейрони<sup>10</sup>. Без сумніву, сюди слід додати й NTS<sup>11</sup>, а також вентральний стріатум<sup>12</sup>, мигдалеподібний комплекс<sup>13</sup>, ядра гіпоталамуса, перегородкового комплексу, комплексу базального переднього мозку, гіпокампальної формації. Усі ці центри густо іннервовані стовбуровими структурами, отримують, окрім екстероцептивних, значні вісцеро- і соматогенні впливи, тобто занурені у функцію системи інтероцепції<sup>14</sup>. Основні медіаторні системи стовбура, проміжного мозку і підкіркових ядер<sup>15</sup> чинять визначальний вплив на виконання вищих психічних функцій, приміром, виконавчого контролю<sup>16</sup> чи мотивації<sup>17</sup>, отже, зважаючи на численні факти стосовно впливу на моральну сферу безлічі психоактивних речовин<sup>18</sup>, роль перерахованих медіаторних систем у реалізації аксіологічної поведінки не викликає сумніву.

<sup>1</sup> Див. том I, стор. 298-301.

<sup>2</sup> Див. с. 105-107 цього ж тому.

<sup>3</sup> "Moral emotional processing"; Н. Нап та співавт., 2016, з посиланням на: J. Moll та співавт., 2005, 2007.

<sup>4</sup> Н. Нап та співавт., 2016, з посиланням на: J. Moll та співавт., 2006.

<sup>5</sup> "Attachment"; А. Bartels, S. Zeki, 2004. Виявлена активність також і у ділянці мозочка — *fig. 4b, fig. 5a*.

<sup>6</sup> "Social behavioral network".

<sup>7</sup> "Intercollicular nucleus".

<sup>8</sup> "Social decision making network."

<sup>9</sup> Див. також G. Alvarez-Bolado, M. R. Celio, 2016.

<sup>10</sup> Оглянуто A. Venkatraman та співавт., 2017.

<sup>11</sup> В. Myers та співавт., 2017; A. Venkatraman та співавт., 2017.

<sup>12</sup> Аналог *nc. accumbens*; визначна роль у мотивації поведінки, механізмах підкріплення, аддикції чи відрази; S. B. Floresco, 2015; T. Hikida та співавт., 2016; M. Watanabe, M. Narita, 2018; D. C. Castro, M. R. Bruchas, 2019; а також [https://en.wikipedia.org/wiki/Nucleus\\_accumbens](https://en.wikipedia.org/wiki/Nucleus_accumbens).

<sup>13</sup> Механізми реакцій страху, тривоги, відрази, агресії тощо; L. G. Rosen та співавт., 2015; I. Izquierdo та співавт., 2016; а також <https://en.wikipedia.org/wiki/Amygdala>.

<sup>14</sup> Див. другу частину тому I, а також с. 17-20 цього тому.

<sup>15</sup> Щонайменше, глутамат-, ГАМК-, серотонін-, норадреналін-, дофамін-, ацетилхолін- і гістамінергічна.

<sup>16</sup> Оглянуто S. F. Logue, 2014.

<sup>17</sup> Див., наприклад, F. Torrealba та співавт., 2012.

<sup>18</sup> Завдяки їхнім впливам на рецептори перерахованих медіаторних систем; [https://en.wikipedia.org/wiki/Psychoactive\\_drug#Affected\\_neurotransmitter\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Psychoactive_drug#Affected_neurotransmitter_systems) (29.08.2020 p.).

## “соціальний мозок”

Загалом, ділянки мозку, що беруть участь в опрацюванні соціально значимої інформації<sup>1</sup>, включають так звану мережу мигдалеподібного комплексу<sup>2</sup>, мережу споглядання дії іншого<sup>3</sup>, мережу емпатичності<sup>4</sup> і мережу розуміння іншого (оглянуто D. P. Kennedy, R. Adolphs, 2012). Перелік структур, залучених до цих мереж, охоплює мигдалеподібний комплекс, острівець<sup>5</sup>, TPJ, DMPFC, ACC і PCC, верхню скроневу звивину/верхню скроневу борозну, ретроспленіальну кору, веретеноподібну ділянку розпізнавання обличчя<sup>6</sup>, “соматоскопічну” ділянку позасмугастої зорової кори<sup>7</sup>, кору полюса скроневої частки, VMPFC, орбітофронтальну кору, соматосерсорну ділянку кори. Приміром, ураження потилично-скроневої ділянки<sup>8</sup> супроводжуються прозопагнозією, ділянки полюса скроневої частки — ономагнозією<sup>9</sup>, мигдалеподібного комплексу — фо-багнозією<sup>10</sup>, ураження VMPFC — дефіцитом соціально значимої емоційності і прийняття рішень<sup>11</sup>, острівця — порушенням емпатичності й відчуття соціального контексту, ураження соматосенсорної ділянки кори — порушенням розпізнавання емоцій<sup>12</sup> (*Ibid.*).

## неврологічні розлади моралі?

З’являються поодинокі розвідки стосовно ймовірності соціальних і аксіологічних розладів на тлі розсіяного склерозу, котрі, звісна річ, потребують подальшої верифікації (оглянуто у S. S. Ayache, M. A. Chalah, 2018). У цьому контексті цілком очевидно, що будь-які ураження складних асоціативних ділянок мозку повинні супроводжуватись дефіцитом тих чи інших атрибутів психіки. Приміром, на тлі питомих неврологічних уражень VMPFC<sup>13</sup> описують притуплення емоційної сфери, пригнічення функції прийняття рішень, особливо на основі переконань і цінностей, порушення соціальної поведінки, соціального пізнання, розпізнавання емоцій і функції емпатії, розлади проспективного і контрфактуального мислення<sup>14</sup>, обмеження психічної активності<sup>15</sup> у відповідь на емоційно значимі стимули, розлади морального судження, виникнення конфабуляцій<sup>16</sup> (B. Schneider, M. Koenigs, 2017). Отже, спектр невролого-нейрохірургічної патології, для котрої характерні не лише соціальні, а й певні аксіологічні розлади, подовжуватиметься. Якщо ж взяти до уваги поширеність деяких видів церебральної патології — судинного, травматичного і вікового генезу, а також суттєву тривалість

<sup>1</sup> Функція соціального пізнання — “social cognition”.

<sup>2</sup> “Amygdala network”; оцінка вигоди, формування емоційних відповідей тощо.

<sup>3</sup> “Action-observation network”.

<sup>4</sup> Мережа співчутливості, чуйності; “empathizing network”.

<sup>5</sup> І, можливо, розташований поряд, часто у межах просторового діапазону чутливості фМРТ установки, огорожа (*claustrum*; стосовно функції — див.: F. C. Crick, C. Koch, 2005; B. Yin та співавт., 2016).

<sup>6</sup> “Fusiform face area”; частина зорового аналізатора, преферентно активується під час розпізнавання облич (прозопагнозія), локалізована у однойменній звинині (*g. fusiformis*; поле BA 37), яка відноситься до кори нижньої (базальної) поверхні скроневої частки. Хоча питання щодо функції зони на даний час дискусійне, можливо, вона бере участь не стільки у прозопагностичній функції, скільки у виокремленні знайомих об’єктів чи суб’єктів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Fusiform\\_face\\_area](https://en.wikipedia.org/wiki/Fusiform_face_area)).

<sup>7</sup> “Extrastriate body area”; ділянка, що преферентно активується при спогляданні власного чи іншого людського тіла, його частин, цілеспрямованих їхніх рухів, а також при інконгруентності перцептивної та візуальної інформації стосовно рухів власним тілом (чи на тлі оцінки рухів іншого; N. David та співавт., 2007); відноситься до позасмугастої кори (функціонально — наступна за первинною зоровою корою ділянка зорового аналізатора; включає поля BA 18 і BA 19; [https://en.wikipedia.org/wiki/Extrastriate\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Extrastriate_cortex)). Наведено за: [https://en.wikipedia.org/wiki/Extrastriate\\_body\\_area](https://en.wikipedia.org/wiki/Extrastriate_body_area).

<sup>8</sup> Наприклад, веретеноподібної ділянки розпізнавання обличчя; виразніше — правобічне.

<sup>9</sup> Термін запропоновано нами; йдеться про порушення пам’яті на імена людей; з грецьк. *то όνομα* — ім’я; виразніше — при лівобічних ураженнях.

<sup>10</sup> Термін запропоновано нами; “fear recognition”; дефіцит розпізнавання корелятивів страху у поведінці іншого; від грецьк. *φόβο* — страх.

<sup>11</sup> Виразніше при правобічних ураженнях.

<sup>12</sup> Виразніше при правобічних ураженнях.

<sup>13</sup> Стосовно етіології: “Among the vmPFC lesion patients typically included in neuropsychological research studies, brain tissue damage most commonly results from surgically-resected tumors (particularly orbital meningiomas), subarachnoid hemorrhage (particularly from the rupture of aneurysms in the anterior communicating artery), ischemic stroke (particularly involving the anterior cerebral artery), or traumatic brain injury.” (B. Schneider, M. Koenigs, 2017). Важливо, що більшість, якщо не всі клінічні випадки ураження вентральних відділів лобової частки важко точно локалізувати у межах тієї чи іншої функціональної ділянки, а функції VLPFC, VMPFC і орбітофронтальної кори не ідентичні.

<sup>14</sup> Розгляд ситуацій у ключі, альтернативному щодо звичного; означається питанням “А що, якщо ...”; [https://en.wikipedia.org/wiki/Counterfactual\\_thinking](https://en.wikipedia.org/wiki/Counterfactual_thinking).

<sup>15</sup> В оригіналі — “physiological arousal”.

<sup>16</sup> Влучний синонім — “галюцинації пам’яті”; <https://en.wikipedia.org/wiki/Confabulation>.

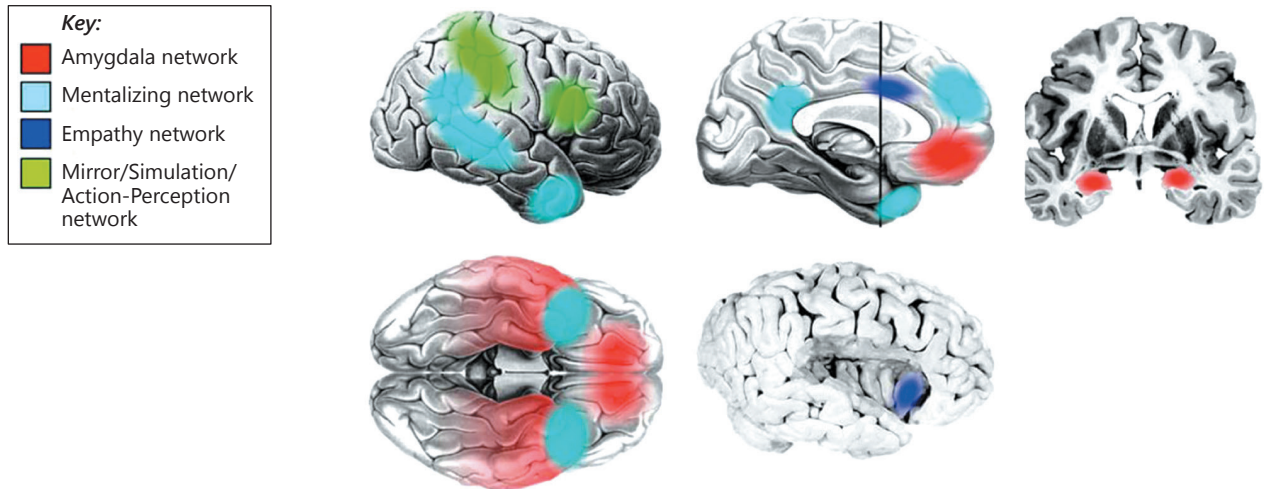


Рис. 64. Мережі "соціального мозку". D. P. Kennedy і R. Adolphs (2012).

життя таких пацієнтів, проблематика набуває глобального забарвлення. Без сумніву, потребує дослідження історичний вимір таких межових питань. Як їх осмислити, тобто який вклад "неврологічного компонента" у формування загальнолюдського аксіологічного тла, у механізми моральних рефлексій історичних чи інших людських спільнот — відкриті біоетичні питання.

### моральність *ex machine*?

Сучасний нейроаксіологічний дискурс охоплюється полем зацікавленості **нейроетики**<sup>1</sup>. Накопичуваний багаж емпіричних даних та їх інтерпретацій амбівалентний, оскільки може мати як позитивний вжиток — пізнавальний, юридичний і навіть коригувальний, так і цілком негативний — прогнозування і керування поведінкою людини з недоброчесною метою. Осмислення такого роду загроз є предметом біоетики й етики наукових досліджень (G. Figueroa, 2016); однак, на жаль, раціональна інтерпретація більшості висвітлених у цій частині книги результатів хвибує на вульгаризований редукціонізм — пізнавальну програму, котра викликає завзяту і цілком заслужену критику у представників психолого-психіатричних дисциплін<sup>2</sup>. Все це мотивує використання зважених, обережних підходів і вдосконалення методологічної бази нейроаксіологічних досліджень (E. Racine та співавт., 2017).

Ризики засвоєння і практичного використання результатів нейропсихологічних досліджень не перевершуються тим профітом, який рисують у власній ажитованій свідомості "борці з усіляким мракобіссям і пересудами темного минулого"<sup>3</sup>. Наприклад, знання стосовно нейрофізіологічних корелятивів неправдомовства і шляхів впливу на цю функцію вповні можуть використовуватися з недоброчесними намірами<sup>4</sup>. Хоча, існуючих даних щодо мережових корелятивів брехні все ще недостатньо для введення такого верифікаційного інструменту в юридично-процесуальну практику<sup>5</sup>. Причина — істотна вага аберантних факторів, котрі, за умов чутливості й у зв'язку з цим низької диференційної здатності засобів ідентифікації мережової активності мозку, суттєво варіатизують результати казуальних спостережень (F. Mamedi та співавт., 2017). У великих вибірках такі девіації можна певною мірою нівелювати засобами математичної статистики, однак на індивідуальному рівні — це все ще неможливо<sup>6</sup>. З очевидних причин не може бути й мови про залучення

<sup>1</sup> Оглянуто у: G. Figueroa, 2016; E. Racine та співавт., 2017.

<sup>2</sup> Див. с. 173-181 цього тому.

<sup>3</sup> Усі ці дані мають руйнівний потенціал стосовно метафізичних уявлень людства лише на полі численних спекуляцій патріотів позитивістського царства.

<sup>4</sup> У F. Mamedi та співавторів (2017) розуміння цього прохлюється у такому звороті: "With respect to the potential use of these results in the legal field..." Або так: "Despite the many insights obtained from neuroscience to date, caution is required when incorporating this science into law."

<sup>5</sup> "We believe that the current lie-detection technologies are not sufficient to accurately detect deception on an individual level, and several issues must be considered prior to admitting these neuroscientific tools into the courtroom." (F. Mamedi та співавт., 2017).

<sup>6</sup> F. Mamedi та співавтори (2017): "The principal areas that require further attention include the limited data at the individual level and the sensitivity of novel technologies to countermeasures; moreover, a limited number of studies have calculated the accuracy in lie detection, and the results are

до вирішення кримінально-процесуальних питань нейростимуляційних методів — дієвий протокол пригнічення функції неправдомовства відсутній<sup>1</sup> (*Ibid.*). Усе це гальмує впровадження інструментарію верифікації психічного стану людини у кримінально-правову практику (*J. B. Jr. Meixner, 2015; L. Tortora та співавт., 2020*), однак є ласим плацдармом для розробки засобів злочинного впливу на психічну сферу людини.

І ще. Так сталося<sup>2</sup>, що увесь живий світ володіє досить чіткими поведінковими, руховими й іншими корелятами аксіологічних барв<sup>3</sup> як, передусім, соціально верифікованих понять, тобто таких рис, котрі у більшості випадків оптимізують буття видів, груп чи організмів<sup>4</sup>. Отже виокремлення, помічання і оцінка цих визначників може мати й автоматичний<sup>5</sup>, підсвідомий мозковий механізм. Зрештою, неправдивість людини уже зараз оцінюється за специфічними змінами ЕЕГ і вегетативної сфери<sup>6</sup>. Однак — і це важливо — трактування цитованих у цій частині книги даних у парадигмі матеріалістичного монізму виглядає недоброчесно: корелятив психічного процесу багато, однак, у нас немає підстав ототожнювати їхню скінченну сукупність із психічним процесом, стверджувати, що вони і є психічний процес. Напевне, найгостріше це питання стоїть у площині нейроспіритуалістики. Про цей шар знань — далі.

## н о р а т е с и л и й п т і к р і у с а

Релігійний досвід людства — строкатий; не менш пістрявими є цілі й техніки духовних, спіритуальних практик, а різні релігійні доктрини формують відмінні, часто протилежні вектори життєвих зусиль і устремлень людини. Звідси очевидно, що мережева активність мозку на тлі різних спіритуальних практик і станів, під час доктринальних духовних розмислів повинна суттєво відрізнитися. І все ж, не менш легко помітити багато схожого поміж наявної палітри практичного спіритуального досвіду людства, як і певні доктринальні паралелі ключових релігійних світоглядів. Отже, окреслення множини найістотніших для реалізації феномену релігійності ділянок мозку — не така вже й безнадійна затія.

### медитативні практики Південної і Східної Азії<sup>7</sup>

**фМРТ і МРТ-метричні дані.** Метааналітичні МРТ-метричні результати К. С. Р. Fox та співавторів (2014) щодо морфології головного мозку у осіб, котрі практикують різні види медитації, охоплюють 123 спостере-

*not encouraging (Langleben et al., 2005; Ganis et al., 2011). fMRI studies have demonstrated that these values are in the range of approximately 80–100 %, whereas the accuracy decreases to 33 % when monitoring the countermeasures (Ganis et al., 2011)."*

<sup>1</sup> F. Mameli та співавтори (2017): "Neurostimulation approaches provide the possibility of detecting deception by altering an individual's ability to interfere with cognitive functions involved in deceit; however, the research in this field is at an early stage and must be validated. Additional major research efforts should aim to identify the optimal stimulation parameters (site, electrode montage and size, duration, intensity, and online vs. offline). In future studies, approaches that emphasize converging evidence from multiple methods (neuroimaging and neurostimulation techniques) must be developed with the objective to identify a valid neuroscientific method for the detection of deception."

<sup>2</sup> Про те, чому так сталося, — не на сторінках цієї книги.

<sup>3</sup> "Доброго" чи "поганого", у сенсі конкретних проявів категорій "добра" і "зла".

<sup>4</sup> Йдеться передусім про поняття так званого еволюційно значимого альтруїзму.

<sup>5</sup> Залежний від оцінки певних сенсорно виявних ознак.

<sup>6</sup> Однак оцінюється свідомо, контекстуально аксіологічному завданню.

<sup>7</sup> Важливою соціальною ознакою сучасної науки є захоплення медитативними практиками саме Південноазійського і Східноазійського регіону в якості об'єкта досліджень і повне ігнорування багатого досвіду ортодоксального і католицького ісихазму: типових молитовних медитативних практик з іншим цілепокладанням, яке, однак, теж супроводжується применшенням власного "я", фокусуванням уваги на духовному центрі — тілесному серці, однак закінчується не деперсоналізацією споглядання, а вповні усвідомленим, об'єктивізованим спогляданням Божественних Енергій (див. *грунтовний огляд стосовно феномену ісихазму у православії і католицькій доктринах* — <https://www.pravenc.ru/text/674926.html>). У цих практиках відтворювана, програмна складова є лише сходинкою до зустрічі з особистісним Богом і теозису, тобто обоження. У південно- і східноазійських медитативних практиках — технічна, відтворювана складова також є засобом відхилення завсі "дебелого" розуму й відкриття "духовних очей", однак за нею актуалізується особистісна порожнеча, оскільки медитатор знаходить досвід зріння у знеособленому, або ж у "приховано-особистісних" феноменах, котрі у християнській традиції пов'язують з ворожими Богові духовними категоріями. Спроби опису психічних станів, характерних для медитативних практик Південно- і Східноазійського регіону у популярній зараз топологічній парадигмі, із залученням математичного апарату аналізу абстрактних об'єктів більшої розмірності (див., *наприклад, P. L. A. Schoenberg, D. R. Vago, 2019, с. 215–216*), є перспективними, однак, на наш погляд, не позбавлені прагнень інкорпорувати відповідний доктринальний апарат у світоглядний дискурс постхристиянського технократичного суспільства.



ження з-посеред ~300 досліджених медитаторів, викладені у 21 праці. Перелік медитативних практик включає найхарактерніші для південно- і східноазійських світоглядно-релігійних доктрин і їхні сучасні похідні — медитацію сканування тіла<sup>1</sup>, метод хвильових вібрацій [мозку]<sup>2</sup>, інтегративний тілесно-розумовий тренінг<sup>3</sup>, медитацію повернення метти<sup>4</sup>, антистресову медитацію усвідомленості<sup>5</sup>, медитативні практики дзен-буддизму<sup>6</sup> і тибетського буддизму<sup>7</sup>, а також медитативні практики з мантрою “Soham”<sup>8</sup>. Структури мозку, морфологія котрих суттєво відрізняється від умовно взірцевих, у медитаторів-початківців включають АСС (поля ВА 24 і ВА 32), РСС (поле ВА 31), кору острівця (поле ВА 13), ділянку ТРП (поля ВА 39, ВА 40 і ВА 22), мозочок, гіпокамп і хвостате ядро (*Ibid.*). Частини білої речовини мозку з суттєво відмінними морфологічними характеристиками у цієї ж когорти осіб наступні: мозолисте тіло, верхній поздовжній пучок півкуль великого мозку<sup>9</sup>, так званий *sagittal stratum*<sup>10</sup>, таламічна променистість<sup>11</sup> і *corona radiata* (*Ibid.*). Ділянки мозку, для котрих виявлено переважання об’єму сірої речовини<sup>12</sup> у контрольних групах порівняно з особами, що практикують медитацію, включають соматомоторні поля кори, АСС і РСС, ділянку ТРП, середню скроневу звивину, кутову звивину, преклін і клин (*Ibid.*). У осіб, що практикують медитацію, відзначають суттєве збільшення об’єму наступних ділянок мозку<sup>13</sup>: лобово-полярної кори (поле ВА 10), правої орбітофронтальної кори (поля ВА 11 і ВА 32), АСС і МСС ліворуч (поля ВА 32 і ВА 24), МСС і середньої лобової звивини праворуч (поля ВА 24 і ВА 6), первинної рухової кори (поле ВА 4) і премоторної кори (поле ВА 6) ліворуч, білої речовини передньої частини лівого острівця (нід полем ВА 13), а також, ймовірно, передньої частини кори острівця (поле ВА 13) ліворуч, передньої частини медіальної тім’яної кори (поле ВА 7, ймовірно, двобічно), нижньої скроневої звивини (поля ВА 20, ВА 21 і ВА 38), веретеноподібної звивини (поле ВА 37) ліворуч, гіпокампа, мозолистого тіла і верхнього поздовжнього пучка півкуль великого мозку (*Ibid.*).

Результати фМРТ-досліджень активності головного мозку на тлі різних видів південно- і східноазійських медитативних практик (К. С. Р. Fox та співавт., 2016) демонструють строкатішу картину; тим не менш, можна виділити ділянки, значущу зміну активності котрих реєстрували для всіх<sup>14</sup> або хоча б для кількох<sup>15</sup> видів медитативних практик. Диференційну активність на тлі різних видів медитації описано у зоні острівця, АСС, орбітофронтальної кори, кори веретеноподібної звивини, нижньої скроневої звивини і гіпокампа (*Ibid.*). Цікаво, що, приміром, збільшення активності у ділянці острівця автори пов’язують з інтероцептивним спрямуванням багатьох медитативних практик (*Ibid.*). Вони з обережністю інтерпретують оглянуті дані, залишаючи питання стосовно морфологічно значимого впливу тривалих медитативних практик на мозок відкритим (К. С. Р. Fox та співавт., 2014, 2016). Наявність морфометричних корелятивів у медитаторів-початківців, на наш погляд, свідчить, що певні, морфологічно виявні риси улаштування їхнього мозку корелюють з особливостями психіки, зокрема схильністю до медитативної практики та її індивідуальною ефективністю. Тим не

<sup>1</sup> “Body-scanning meditation”, один з видів медитації усвідомленості (“mindfulness meditation”), котра традиційно практикується у світоглядно-релігійному контексті Південної і Східної Азії, останнім часом — як один із психотерапевтичних засобів; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Внутренность\\_психология](https://ru.wikipedia.org/wiki/Внутренность_психология) (05.08.2019 р.).

<sup>2</sup> “Brain wave vibration”.

<sup>3</sup> “Integrative body-mind training”; [https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body\\_interventions](https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body_interventions) (05.08.2019 р.).

<sup>4</sup> “Loving-kindness meditation”; <https://ru.wikipedia.org/wiki/Memna> (05.08.2019 р.).

<sup>5</sup> “Mindfulness based stress reduction”; [https://en.wikipedia.org/wiki/Mindfulness-based\\_stress\\_reduction](https://en.wikipedia.org/wiki/Mindfulness-based_stress_reduction) (05.08.2019 р.).

<sup>6</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Дзен#Медитативна\\_практика](https://uk.wikipedia.org/wiki/Дзен#Медитативна_практика) (05.08.2019 р.).

<sup>7</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Тибетський\\_буддизм](https://uk.wikipedia.org/wiki/Тибетський_буддизм) (05.08.2019 р.).

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Soham\\_\(Sanskrit\)#Yoga](https://en.wikipedia.org/wiki/Soham_(Sanskrit)#Yoga) (05.08.2019 р.).

<sup>9</sup> *Fasc. longitudinalis superior*.

<sup>10</sup> Значний кірково-підкірковий пучок, що містить волокна, котрі пов’язують тім’яну, поясну, потиличну і скроневу кору з таламусом, ядрами основи мосту й іншими структурами стовбура. “The [sagittal stratum] is a major corticosubcortical white matter bundle that conveys fibers from the parietal, occipital, cingulate, and temporal regions to subcortical destinations in the thalamus, the nuclei of the basis pontis, and other brainstem structures. It also conveys afferents principally from the thalamus to the cortex. It may therefore be viewed as equivalent to the internal capsule in that it is a major subcortical fiber system and not exclusively a fiber tract linking the lateral geniculate nucleus with the calcarine cortex.” (J.D. Schmahmann, D.N. Pandya, 2006; Schmahmann JD, Pandya DN. *Fiber pathways of the brain*. Chapter 25. Sagittal Stratum. 2006, doi: 10.1093/acprof:oso/9780195104233.001.0001, <https://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195104233.001.0001/acprof-9780195104233-chapter-25>). Бере участь у ряді складних функцій: “Higher-order proprioception (sense of body in space); execution of appropriate motor acts, spatial attention; top-down control of attentional focus, higher-order somatosensation; working memory.” (К. С. Р. Fox та співавт., 2014).

<sup>11</sup> Ймовірно, ідеться про “thalamocortical radiation” — віялоподібно поширену вздовж рострокаудальної осі групу волокон, що з’єднують таламус і кору великого мозку ([https://en.wikipedia.org/wiki/Thalamocortical\\_radiations](https://en.wikipedia.org/wiki/Thalamocortical_radiations)).

<sup>12</sup> І/або інших кількісних характеристик, які непрямо свідчать про кількість нейронів.

<sup>13</sup> Порівняно з референтними даними.

<sup>14</sup> Кора острівця.

<sup>15</sup> Премоторна кора (поле ВА 6), дорзальна АСС і МСС, лобово-полярна кора і DLPFC (поля ВА 10 і ВА 9).

менш, тривала, наполеглива реалізація певної активності мозку може обумовлювати зміни його структури, виявні за допомогою МРТ; їхні механізми, не обов'язково обмежені ділянками специфічної активності, можуть включати нейропластичні, нейродегенеративні, судинні, гліальні і матриксні перебудови (див. К. С. Р. Фок та співавтор, 2014).

Ж. Мануелло та співавтори (2016) найважливішими елементами мережевих корелятивів стану свідомості і медитації усвідомленості<sup>1</sup> вважають АСС і РСС, кору прекіна<sup>2</sup>, VMPFC, орбітофронтальну кору, DMPFC і латеральну префронтальну кору, острівець, таламус; менш значимі ділянки — гіпокамп, зорова кора, скронева кора, базальні ганглії, найменш значимі — рухові зони кори, мозочок і стовбурові ядра. Причому важливим елементом однієї з емерджентних моделей свідомості — моделі глобального робочого простору<sup>3</sup> — є гігантські веретена<sup>4</sup>, як один із елементів довгодистантних внутрішньомозкових зв'язків (Ibid.).

Новіші дані щодо мережевих корелятивів медитації при її тривалому практикуванні (Е. Лудерс, Ф. Куртх, 2019) дають наступний перелік мозкових структур: **ідентифіковані у трьох і більше дослідженнях** — орбітофронтальна кора, передня частина острівця, VLPFC, ділянка TPJ, нижня і середня скронева звивина, гіпокамп; **ідентифіковані у двох дослідженнях** — лобово-полярна кора, кора верхньої лобової звивини, кора перед- і зацентральної звивини разом з ділянкою центральної борозни, кора прекіна, клина і тім'яно-потиличної борозни, таламус, передня частина мозочка, стовбур мозку, а також поясно-гіпокампальний пучок, *fasc. uncinatus*, *fasc. longitudinalis superior*, *fasc. longitudinalis inferior*, *fasc. fronto-occipitalis inferior*, кірково-спинномозковий шлях; **ідентифіковані в одному дослідженні** — АСС і МСС і малі щипці мозолистого тіла<sup>5</sup>. При цьому збільшення об'єму сірої речовини виявлено у наступних ділянках мозку тривало практикуючих медитаторів<sup>6</sup>: орбітофронтальна кора (двобічно), таламус (праворуч), нижня скронева звивина (двобічно), гіпокамп (ліворуч), верхня і нижня лобова звивина (ліворуч), веретеноподібна звивина (ліворуч), острівець (двобічно), кутова звивина (праворуч), VLPFC (ліворуч), АСС (двобічно), *operculum temporale et parietale* (двобічно), передні частки мозочка (двобічно), стовбур мозку (Ibid.<sup>7</sup>). Морфометричні показники звивинно-го апарату великих півкуль<sup>8</sup> збільшені у практикуючих медитаторів у передній дорзальній частині острівця (двобічно), у ділянці перед- і зацентральної звивини, а також центральної борозни ліворуч, у ділянці нижньої й середньої скроневої і кутової звивин ліворуч, лівої тім'яно-потиличної борозни ліворуч, *operculum parietale*, веретеноподібної звивини і клина праворуч (Ibid.<sup>9</sup>). Не відкидаючи можливість нейропластичного механізму виникнення описаних змін, Е. Лудерс і Ф. Куртх (2019), вважають, що значну вагу в їхньому виникненні мають вроджені чи набуті під час психічного дозрівання структурні кореляти індивідуальної суб'єктивної результативності медитативної практики, що і є визначальним чинником тривалого її вжитку.

**ЕЕГ-дані.** Багатьма дослідженнями виявлено диференційний характер впливу різних видів медитативної практики на регіонарну ЕЕГ-активність (оглянуто Д. Дж. Лі та співавтор, 2018): медитація з фокусуванням уваги<sup>10</sup>, з відкритим моніторингом<sup>11</sup>, трансцендентальна медитація<sup>12</sup> і медитація повернення метти<sup>13</sup> пов'язані з глобальним збільшенням електроосциляційної активності мозку у досвідчених медитаторів порівняно з початківцями<sup>14</sup>, причому тим суттєвіше, чим більша тривалість занять медитацією. Медитація з фокусуванням уваги чи відкритим моніторингом пов'язана зі збільшенням  $\theta$ -активності у передніх відділах мозку і  $\alpha$ -активності у задніх відділах<sup>15</sup>, медитація з фокусуванням уваги — зі змінами  $\theta$ -активності у задніх відділах (Ibid.).

<sup>1</sup> "Mindfulness meditation".

<sup>2</sup> Її присерединна (медіальна) припоєсна частина.

<sup>3</sup> "Global Workspace Model".

<sup>4</sup> Див. попередню главу.

<sup>5</sup> *Forceps minor*.

<sup>6</sup> В оригіналі — "long-term meditators"; думаємо, йдеться саме про осіб, котрі володіють значним досвідом медитативної практики, а не про тих, чий конкретні епізоди медитації довготривалі.

<sup>7</sup> З посиланням на: Р. Vestergaard-Poulsen та співавтор, 2009.

<sup>8</sup> Йдеться про "cortical gyrfication" — [https://en.wikipedia.org/wiki/Gyrfication#Measurements\\_of\\_gyrfication](https://en.wikipedia.org/wiki/Gyrfication#Measurements_of_gyrfication).

<sup>9</sup> З посиланням на: Е. Luders та співавтор, 2012.

<sup>10</sup> "Focused attention meditation".

<sup>11</sup> "Open-monitoring meditation".

<sup>12</sup> "Transcendental meditation".

<sup>13</sup> "Loving-kindness meditation".

<sup>14</sup> "Meditation-naïve adults".

<sup>15</sup> Медитація з фокусуванням уваги пов'язана з двобічним збільшенням  $\alpha$ -активності у передніх відділах мозку, медитація з відкритим моніторингом — з лівобічним збільшенням; для обох зазначених видів медитативної практики характерна однакова інтенсивність  $\gamma$ -активності над лобовими частками і різне збільшення  $\gamma$ -активності над тім'яними і потиличними ділянками (наведено за Д. Дж. Лі та співавтор, 2018).

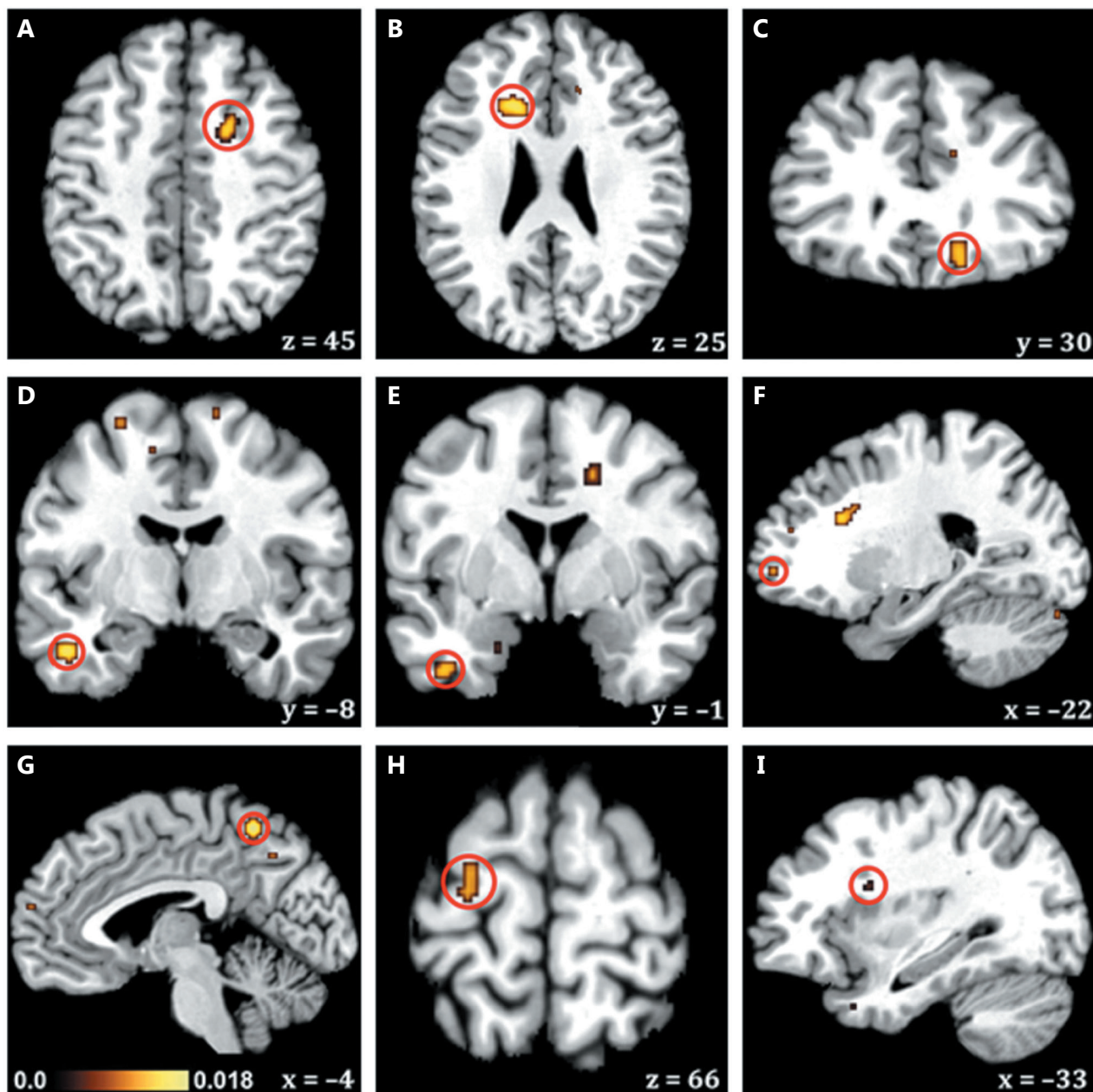


Рис. 65. Зони, об'єм котрих більший у осіб, котрі займаються медитацією, порівняно з контрольними даними за результатами метааналізу К. С. Р. Фок та співавторів (2014). Кольорова смуга демонструє правдоподібність відмінностей у зазначених зонах (сукупностях вокселів), тобто, фактично, статистичну достовірність виявлених локальних морфологічних особливостей, обраховану алгоритмом ALE<sup>1</sup>; x, y, z — нейровізуалізаційні координати у системі MNI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“Quantitative, random-effects meta-analytic method known as “anatomical” or “activation” likelihood estimation (ALE).”

<sup>2</sup>Координатна система Монреальського неврологічного інституту — Montreal Neurological Institute Coordinate System.

У. У. Танг та співавтори (2019) вважають, що один із найактивніше досліджуваних видів медитації — медитація усвідомленості<sup>1</sup> — пов'язаний з підтриманням  $\theta$ -активності хоча б на рівні лобової кори, і саме цей фактор індукує зміни білої речовини за умов регулярного практикування. Зокрема, автори припускають, що

<sup>1</sup>“Mindfulness meditation”.

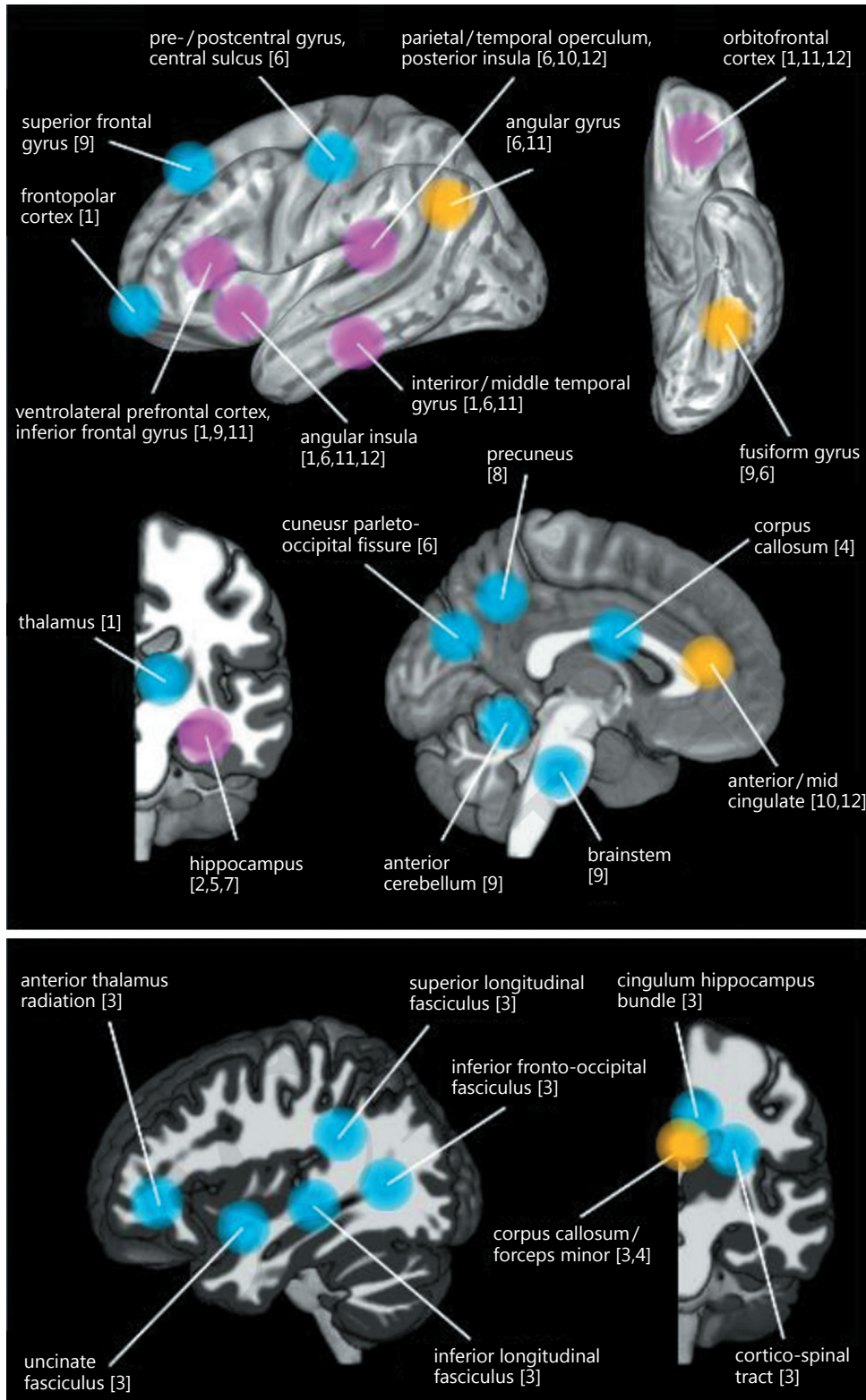


Рис. 66. Основні ділянки мозку, для яких описано морфологічні відмінності — кореляти тривалого медитативного досвіду. E. Luders і F. Kurth (2019). Цифри у квадратних дужках — посилання на першоджерела. Латералізація не зазначена. Ділянки, для котрих відмінності засвідчені трьома і більше роботами, позначено рожевим, двома роботами — жовтим, однією — синім

● Focused Attention   ● Open Monitoring   ● Mantra Recitation   ● Loving-kindness/Compassio

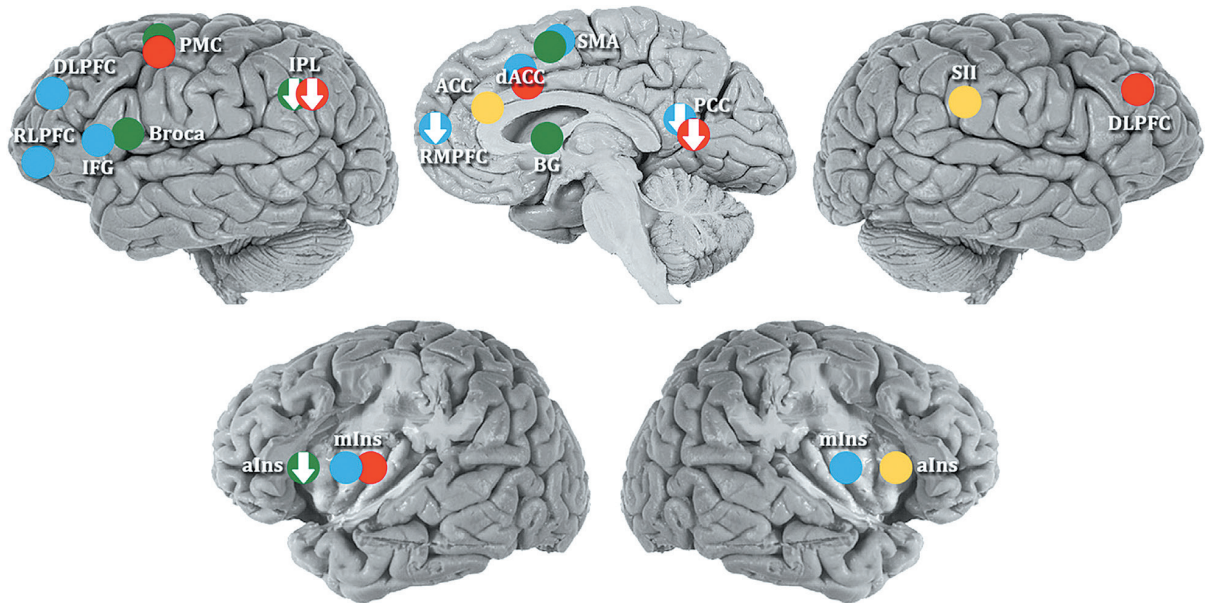


Рис. 67. Ділянки мозку, активність котрих значуще змінюється на тлі зазначених чотирьох категорій медитації. К. С. R. Fox та співавтори (2016). Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; aIns — anterior insula; BG — basal ganglia; Broca — Broca's area; dACC — dorsal anterior cingulate cortex; DLPFC — dorsolateral prefrontal cortex; IFG — inferior frontal gyrus; IPL — inferior parietal lobule; mIns — mid-insula; PCC — posterior cingulate cortex; PMC — premotor cortex; RL PFC — rostrolateral prefrontal cortex; RMPFC — rostromedial prefrontal cortex; SII — secondary somatosensory cortices; SMA — supplementary motor area

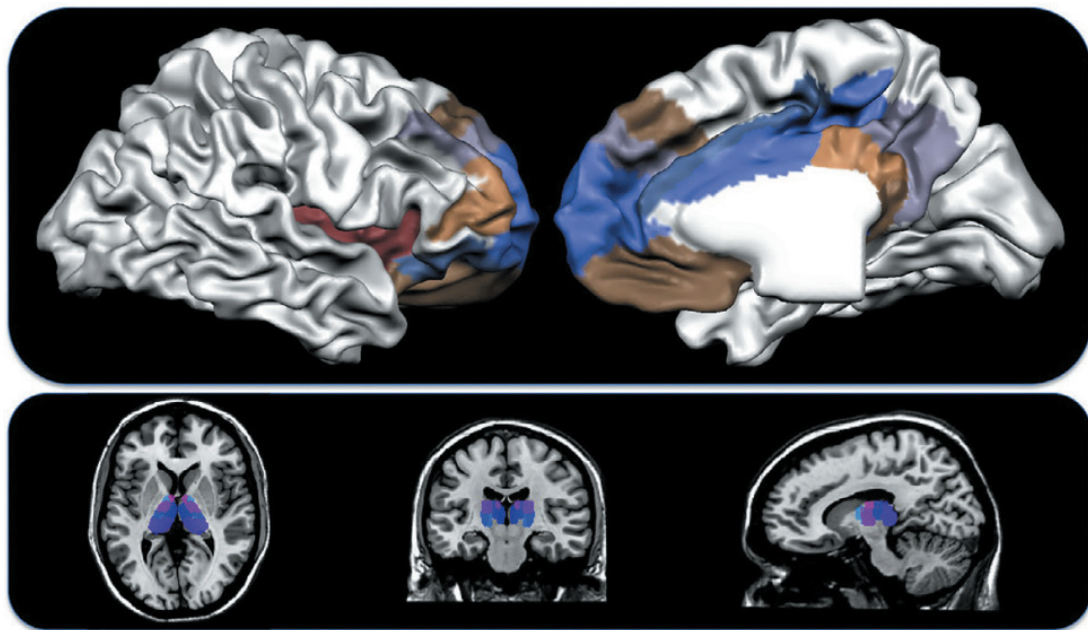


Рис. 68. Ділянки мозку, преферентні для стану свідомості і медитації усвідомленості<sup>1</sup>. J. Manuella та співавтори (2016). Вгорі — кора півкуль великого мозку, внизу — ділянка таламуса

<sup>1</sup>“Mindfulness meditation”.

за таких умов збільшення активності АСС і  $\theta$ -активності лобової кори може конституюватися шляхом підвищення проліферації олігодендроцитів і збільшення мієлінізації у системі зв'язків між АСС й частинами лімбічної системи — джерелом  $\theta$ -активності. Однак цілком очевидно, що функціональна вага “мієлінізації” як такої поза утворенням нових нейритів сумнівна. Зважаючи на функції  $\theta$ -активності<sup>1</sup>, цікаві дані щодо зміни відчуття часу на тлі медитації й у медитаторів загалом (оглянуто P. Lush, Z. Dienes, 2019).

У загальному, на думку A. Raffone та співавторів (2019), різноманітні ефекти медитації пов'язані з активністю трьох глобальних функціональних мереж мозку — виконавчого контролю, мережі оперантного спокою і мережі значущості. Припускають (Z. Josipovic, 2019), що корелятом недуалізованого особистісним фактором усвідомлення<sup>2</sup> — фактичної мети деперсоналізуючого шляху медитативних практик — є функціональна мережа з основним вузлом у центральній, асоціативній зоні кори прекіна, пов'язаній з DLPFC, дорзальною частиною АСС і корою кутової звивини<sup>3</sup>. Асоціативна частина кори прекіна є чільним вузлом мережі оперантного спокою, котрий бере участь у функції спонтанної плинності контенту свідомості за таких поведінкових умов<sup>4</sup> — атрибуту психіки, протилежного стану зосередженості й уваги (*Ibid.*). Серед кори прекіна виокремлюють 4 великі функціональні зони: дорзальна передня частина<sup>5</sup>, дорзальна задня<sup>6</sup>, вентральна задня<sup>7</sup> і центральна<sup>8</sup> (*Ibid.*<sup>9</sup>). Припускають (*Ibid.*), що медитативне подолання дуалістичного сприйняття світу суб'єктом<sup>10</sup> супроводжується фокусуванням мережевої активності саме на центральній, асоціативній ділянці кори прекіна з пригніченням активності інших, пов'язаних з обробкою конкретної сенсорної інформації, її суб'єктивізацією і співвіднесенням із раніше набутим досвідом. Зазначена ділянка кори прекіна пов'язана з ретикулярною формацією стовбура, що, ймовірно, сприяє підтриманню стану психічної активації<sup>11</sup> (*Ibid.*<sup>12</sup>); ЕЕГ-значимі впливи зі спектра  $\gamma$ -коливань надходять у цю частину кори прекіна від ретикулярної формації стовбура через таламус, далі — через медіальні відділи тім'яної кори і, можливо, РСС (*Ibid.*<sup>13</sup>). При цьому на тлі антидуальних видів медитації амплітуда і синхронізованість  $\gamma$ -коливань над тім'яною корою збільшуються (*Ibid.*<sup>14</sup>). У цій моделі мережевих корелятивів антидуальної медитації DLPFC може забезпечувати активність асоціативного центру прекіна на рівні, достатньому для репрезентації відповідного стану у сфері свідомості, причому автори схильні інтерпретувати наявні дані щодо зміни функціональних зв'язків прекіна і DLPFC на тлі пропозолової седації чи REM-сну (*Ibid.*<sup>15</sup>), як такі, що свідчать про роль оглядуваної частини тім'яної кори у реалізації стану “чистої свідомості”, у сенсі позбавленості образного контенту.

Загалом, очевидно, що медитативні практики, впливаючи на такі атрибути психіки, як увага, самоувага й самоусвідомлення, модулюють активність мережі оперантного спокою (R. Ramirez-Barrantes та співавт., 2019); дорзальна мережа уваги<sup>16</sup> і мережа оперантного спокою перебувають в опозитній взаємодії, визначаючи, відповідно, зовнішнє і внутрішнє спрямування уваги (P. M. Greenwood та співавт., 2018).

<sup>1</sup> Див. том II, с. 213.

<sup>2</sup> “Nondual awareness”.

<sup>3</sup> Ймовірно, її ростролатеральної частини.

<sup>4</sup> Тобто, у стані оперантного спокою.

<sup>5</sup> Участь в обробці соматомоторної інформації.

<sup>6</sup> Участь в обробці візуально-просторової інформації.

<sup>7</sup> Участь у реалізації епізодичної пам'яті.

<sup>8</sup> Участь у пов'язаній з когнітивним процесом асоціації інформаційних потоків.

<sup>9</sup> З посиланням на: D. S. Margulies та співавт., 2009; S. Zhang, C. Li, 2012. Загалом (оглянуто Z. Josipovic, 2019), прекіна бере участь у корелятах суб'єктивізації чуттєвого досвіду (“self-related aspects of experience”; вентральна задня частина разом з РСС), у функції автобіографічної епізодичної пам'яті (“episodic memory-based self”; разом з присерединними відділами скроневої кори у межах мережі виконавчого контролю), в інтеграції інформації від внутрішніх і зовнішніх подразників, інтеграції когнітивної та емоційної складових, уніфікації перцептуального, емоційного і когнітивного досвіду (“... unifying various features of experience ... or as traditionally expressed, of unifying body, heart and mind (Dorjee, 2016; Josipovic, 2014)”).

<sup>10</sup> Нагадаємо, що функція самоусвідомлення (“self awareness”) корелює з активністю MPFC, АСС, а також медіальних ділянок тім'яної кори і РСС; іншими важливими у цьому відношенні ділянками кори, ймовірно, є остривець, кутова звивина і деякі підкіркові ядра (оглянуто H. C. Lou та співавт., 2017; див. с. 19 і 20 цього тому).

<sup>11</sup> “Arousal”.

<sup>12</sup> З посиланням на: D. Tomasi, N. D. Volkow, 2011.

<sup>13</sup> З посиланням на: B. A. Vogt, S. Laureys, 2005; E. Garcia-Rill та співавт., 2012.

<sup>14</sup> З посиланням на: A. Lutz та співавт., 2004; P. L. A. Schoenberg та співавт., 2018.

<sup>15</sup> З посиланням на: M. R. Dressler та співавт., 2012; X. Liu та співавт., 2014.

<sup>16</sup> У цитованій праці — кора міжтім'яної борозни, верхньої тім'яної часточки і поля ВА 8 (лобове очне поле).

Так звані “понадсвідомісні” стани<sup>1</sup>, котрі *de facto* є варіантами деперсоналізуючого досвіду “єдності з усесвітом”<sup>2</sup>, начебто теж мають EEG- і фМРТ-значимі кореляції (S. Deepeshwar та співавт., 2019), зокрема зміни активності MPFC, DLPFC, ACC, меншою мірою — ділянки TPJ, острівця, operculum, кори верхньої скроневої борозни, середньої скроневої звивини, VLPFC, енторіальної кори (ліворуч)<sup>3</sup>, кори нижньої лобової звивини, передцентральної звивини, нижньої тім’яної часточки, прекіна, а також лушпини, таламуса тощо (*Ibid.*). Окрім самотрансценденції й самозабуття<sup>4</sup>, виходу за межі себе у квазіпросторовому сенсі, у медитативних практиках не менш важливим є досвід транстемпоральності, або метатемпоральності, виходу за межі дійсного моменту<sup>5</sup> і поля власних спогадів у своєрідне позачасся, кореляції якого залишаються нез’ясованими (M. Wittmann, 2015).

Нарешті, зазначимо, що у виникненні мережевих корелятивів медитативних станів важливу роль відводять стовбуровим структурам, причому саме як генераторам мережевих EEG-ритмів (K. K. Deepak, 2019<sup>6</sup>).

Варто зазначити, що аналіз уявлень щодо EEG-корелятивів медитативних станів (S. Deepeshwar та співавт., 2019) свідчить про наявність техніко-аналітичних пересторог в інтерпретації такого роду емпіричних даних (P. L. A. Schoenberg, D. R. Vago, 2019). Іншою проблемою є істотна строкатість медитативних станів і практик, котра суттєво ускладнює узагальнення, порівняння й інтерпретацію емпіричних даних<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> “Highest state of consciousness.” S. Deepeshwar та співавтори (2019): “The Indian concept of consciousness is known as *prajna* or *acetana*. On this base, the *gyanendriya* and the *karmendriya* create the mind (*manas*, *chitta*), which response to the impulses from the senses (*indriya*). The response could be positive or negative, leading to the attraction (*raga*) or repulsion (*dvesa*). These build up emotions and create enjoyment (*sukham*) and distress (*dukkham*) resulting in the desire (*kama*), anger (*krodha*), avarice (*lobha*), and hatred (*dvesa*). All these are still at the mind level (*manas*), and the whole system is included in the *indriya*. Above this, mind or *manas* or *chitta*, operates an intelligence (*buddhi*) which is capable of discrimination and also capable of imposing its decision on the mind. Above this level is the feeling of “I”-ness or self-awareness (*ahamkara*). This “I”-ness leads to the feelings of possession, “mine” the sense of ownership of the whole body and all the mental activities including all emotions. In Indian scriptures, consciousness is known as *chitta*, *chaitanya*, *prajna*, *atman*, etc., devoid of intentionality and mental representations. It is pure “contentless” awareness. It is absolute self-awareness that transcends the senses. Yoga is the process of shifting the center of our consciousness from the empirical self to the eternal self.”

<sup>2</sup> “Being one with reality”.

<sup>3</sup> S. Deepeshwar та співавт., 2019, з посиланням на: J. R. Sato та співавт., 2012.

<sup>4</sup> “Selflessness”.

<sup>5</sup> “Timelessness”.

<sup>6</sup> Fig. 1, Fig. 2.

<sup>7</sup> Якщо ми вірно зрозуміли, за словами P. L. A. Schoenberg і D. R. Vago (2019) розрізняють наступні рівні медитативної вправності: **1**) “релаксаційні техніки” — на основі усвідомленого підсилення нейровісцеральної і нейросоматичної інтеграції, контролю над психічними репрезентаціями власного тіла і внутрішніх органів, їх функції, отримання ефективного, приміром, релаксаційного результату; **2**) “концентраційні техніки” — техніки уваги, формування здатності до фокусування на певних ментальних об’єктах у стані “метаконформованості” й “метаважності” (“*meta-awareness*”); **3**) “техніки прозріння” (“*insight practices*”) — усвідомлення і умосяжне зріння того, що всі об’єкти психіки, передусім, є репрезентаціями об’єктів зовнішнього світу, конструктами свідомості і розуму, є “нічим”, одягнутим суб’єктом у ментальну маску; *de facto* — це “практичний” аналог соліпсизму, притаманний даосизму, деяким інтерпретаціям буддизму (наприклад, дзен-буддизму) і деяким варіантам індуського світогляду; **4**) практики осягнення фіктивності особистісної просторової (внутрішній і зовнішній світ) і темпоральної (минуле і майбутнє) дуальності — “*non-dual practices*”; “просвітлення” розуму у сенсі усвідомлення хибності суб’єктивної дуалізації реальності; **5**) практична інтеграція розуму, знеособлення, усвідомлення дуальності як метапричини страждання і зв’язку із цим набуття особливого стану “об’єднаного співстраждання” (“*unified compassion*”), відмінного, щоправда, за словами авторів, від звичайних соціоемоційних відповідників цього словосполучення — знеособлювальні практики, рутинне подолання суб’єктивності, тобто дуалізму, породженого особистісним буттям. Важко зрозуміти чи має цей останній рівень емоційну складову, котра завжди є похідною особистісного буття (емпатія як емоція щодо іншого суб’єкта, реалізована через власну суб’єктивність); можливо, йдеться про “співпереживання” ситуації безособистісної спільності; вповні очевидно, що усі ці психологічні інтерпретації є питомо особистісними; як “знеособити” їх і тим самим описати описуваний авторами психологічний стан взагалі — напевне, не знають навіть самі апологети медитативного поступу. На наш погляд, йдеться про суттєву прогалину доктринального характеру — відсутність врозумливої інтерпретаційної складової розглядуваного концепту. І це цілком зрозуміло: знеособлювальна доктрина не може бути прихильною до “словесного”, дослівно — логічного розмислу (*lóyos* — слово), оскільки слово — типовий особистісний феномен, явище особистісного буття людини. P. L. A. Schoenberg і D. R. Vago (2019): “The quantification of internalized meditative “techniques” that facilitate development of discrete mind-states with distinct phenomenological properties can be given as follows; (1) “relaxation practices”, characterized by neuro-visceral processes aimed to stabilize mind-body integration for more rigorous mind-oriented meditative practice. Such body-based practices integrate afferent somatosensory input, neural activity, and efferent motor output along a developmental continuum from increased parasympathetic outflow toward embodied experience, for example traditional yoga, tai-chi [30]; (2) “concentration practices”, characterized by training the mind to stabilize with phenomenal clarity in fixedpoint and/or diffuse attentional scope (N. B. FA-OM are encompassed within this tier), facilitating flexibility for toggling between objects of engagement while maintaining stable meta-awareness [31]; (3) “insight practices”, characterized by “ordinary insight” that examine how the mind constructs experience, including the sense of self, external reality, sense of time, and so on, leading to the overarching insight that all such represent phenomenological objects that are essentially “empty” (illusory, construction of mind) upon arising (“emptiness”/the “void”); (4) “non-dual practices”, characterized by “extraordinary insight” examining the pure essence of mind, shifting out of a “binary-axis” consciousness of reality, to one that is non-dual in its relation/understanding of Ultimate Reality. Non-dual states are non-referential, “selfless”, non-conceptual, non-preferential, leading to a fundamental understanding of unification (note this follows the dissolution of “self”, time, and external reality, via ordinary insight practice [32,33]); (5) “unified-compassion practices” representing the transmutation from one’s “formal practice” into everyday consciousness/living that deeply understands the nature of the mind (constructive, recursive, pattern-generating, meaning-making) and Ultimate Reality. Unified compassion reflects the cumulative practice and integration from the preceding

## хімічні “спіритуалізатори”

Роль галюциногенів<sup>1</sup> у ритуальному відтворенні містичного досвіду<sup>2</sup> або у відтворенні характерних для пізніх, монотеїстичних релігій компонентів містичних переживань, добре відома<sup>3</sup>. З'ясовано, що у гострій фазі прийому класичні психоделіки<sup>4</sup> призводять до зменшення міжвузлової зв'язності у межах усіх великих мереж мозку, збільшення ентропії<sup>5</sup>. Найімовірнішими ділянками мозку, важливими для відтворення такого роду ефектів, є частини мережі оперантного спокою — MPFC, PCC і кора парагіпокампальної звивини, котрі інтенсивно експресують серотоніновий рецептор 5HT<sub>2A</sub> — точку прикладання багатьох відомих галюциногенів<sup>6</sup>; в основі — зменшення активності основних медіальних і латеральних вузлів мережі оперантного спокою, їхніх зв'язків з іншими ділянками мозку<sup>7</sup>.

Цікаво, що стоншення PCC у осіб із тривалим вживанням одного із психоделічних агоністів серотонінових рецепторів 5HT<sub>2A</sub><sup>8</sup> асоціюється з акцентуацією самотрансцендентних рис особистості<sup>9</sup>, приміром, схильності до духовних розмислів, до відчуття себе часткою Всесвіту, прихильністю до духовної інформації чи практик, а також, ймовірно, зі змінами мереж, котрі забезпечують функцію підтримання уваги, самоусвідомленості й внутрішнього усвідомленого психічного процесу<sup>10</sup> (*J. C. Vouso та співавт., 2015*). Рівень спіритуальності у осіб<sup>11</sup> з тривалим вживанням наркотичних препаратів, ймовірно, обернено корелює зі ступенем цільності<sup>12</sup> білої речовини передньої таламічної променистості праворуч, густиною сірої речовини поясної звивини і мозочка праворуч, а також верхньої скроневої звивини ліворуч (*A. N. Simmons та співавт., 2012*).

Зауважимо, що, попри відомі спекуляції<sup>13</sup>, дані стосовно “спіритуальних” ефектів хімічних речовин жодним чином не відповідають на засадничі питання стосовно сфери релігійності людини<sup>14</sup>.

*tiers (neurointegrative→concentration→insight→non-dual) toward a trait-like inherent/experiential understanding of the futility of self-other duality and an unchanging permanent sense of “self” that is unaccommodating to interconnectedness and unity. This is distinct from concepts of “self-compassion” advocated in secular meditation practices and concepts emphasizing social cognition/shared experience as empathy and sympathy. Unified compassion is embodied/experienced as a concrete “way of being” transmuting from the abstract plane of non-dual insight.*

<sup>1</sup> Приклади таких сполук: *N, N-dimethyltryptamine; mescaline*, або *3,4,5-trimethoxy-phenethylamine; psilocybin*, або *4-phosphoryloxy-N,N-dimethyltryptamine; lysergic acid diethylamide*, або “LSD”.

<sup>2</sup> Маємо на увазі політеїстичні і пантеїстичні релігії.

<sup>3</sup> Оглянуто у: *F. S. Barrett, R. R. Griffiths, 2018; M. W. Johnson та співавт., 2019*.

<sup>4</sup> Термін, семантичне поле котрого значною мірою перекривається зі змістовим полем терміна “галюциноген”; психоделіки поряд з дисоціативними речовинами і деліріантами формують клас галюциногенів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Psychedelic\\_drug](https://en.wikipedia.org/wiki/Psychedelic_drug); <https://en.wikipedia.org/wiki/Hallucinogen>).

<sup>5</sup> Оглянуто *M. W. Johnson та співавт., 2019*.

<sup>6</sup> Оглянуто *M. W. Johnson та співавт., 2019*.

<sup>7</sup> Зміни активності кори нижньої тім'яної часточки пов'язана з просторовим, часовим і тілесним самозабуттям, тобто формуванням психологічного стану “виходу за межі себе” (дослівно — самотрансцендентність, “self-transcendence”; оглянуто *F. S. Barrett, R. R. Griffiths, 2018*). Кора нижньої тім'яної часточки важлива для функції інтероцептивної уваги (*E. R. Stern та співавт., 2017*), бере участь у просторовому пізнанні, у функції емпатії, пам'яті, в осмисленні (“semantics”), у з'ясуванні і відстеженні намірів іншого, у категорійній і фонологічній обробці інформації, у функції уважного, усвідомленого опрацювання інформації (“attentional processing”), у виявленні цілі й у переорієнтуванні на основні подразники, у функції метризації часу і з'ясуванні темпоральних зв'язків (оглянуто *F. S. Barrett, R. R. Griffiths, 2018*). MPFC і PCC — ключові у формуванні відчуття самоусвідомлення, самосвідомості, самоуваги, внутрішнього діалогу, самосудження, оцінки власних вчинків, тобто самокритичності, самовміщення у пам'ять, тобто автобіографічного оформлення пам'яті; останнє неможливе без парагіпокампальної кори і гіпокампа; важливі функції PCC — внутрішньо сфокусоване пізнання й інтегративне відчуття власного “я” (*Ibid.*). “Thus, we conclude with the following hypotheses that are not specific not to meditation or experience with classic hallucinogens per se, but rather are specific to mystical experiences occasioned by meditation or classic hallucinogens: (1) activity within the medial nodes of the DMN will decrease, and communication between these nodes and other cortical targets in associative and sensory processing cortex will be fundamentally altered, in support of decreased self-referential processing during introvertive mystical experiences; (2) activity within the lateral nodes of the DMN will decrease, and communication between these nodes and other cortical targets will be fundamentally altered, in support of the experience of timelessness and spacelessness experienced during introvertive mystical experiences; (3) long-distance cortical communication will generally decrease, while local sensory and associative processing is maintained to some degree, during mystical experiences; (4) “small-world” properties of the brain will decrease during mystical experiences.” (*F. S. Barrett, R. R. Griffiths, 2018*).

<sup>8</sup> Йдеться про *N, N-dimethyltryptamine, DMT*.

<sup>9</sup> “Self-transcendence”.

<sup>10</sup> “Internal mentation”.

<sup>11</sup> *n* = 36, середній вік — ~20 р.

<sup>12</sup> Англ. — *white matter integrity*.

<sup>13</sup> Див., приміром, [https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience\\_of\\_religion#Psychopharmacology](https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience_of_religion#Psychopharmacology) (01.09.2020 р.).

<sup>14</sup> *F. S. Barrett і R. R. Griffiths (2018): “Although the most fundamental questions regarding mystical experiences presently evade a reductive neuroscientific explanation, analysis of the biological correlates suggestive of underlying mechanisms of mystical experiences is tractable.”* У цій та схожій інформації цікаво те, що всі психотропні речовини, котрі викликають квазімістичні переживання, діють на елементи типових медіаторних систем мозку. Це означає принципову можливість реалізації нетипових станів психіки “силами мозку”, наявність у людини “аутогалюцинаторних можливостей”. Однак визнання такої можливості не дає відповіді на складні світоглядні питання і не може бути аргументом для нівелювання релігійних доктрин



Особливим станом, для котрого характерні нетривіальні зміни психічної, чуттєвої і рухової сфер людини, є гіпноз. Не вдаючись у дискусію стосовно сутності феномену, його механізмів і генези<sup>1</sup>, зазначимо, що ділянками кори, зміни активності котрих відмічають на тлі гіпнозу в цілому, є елементи мережі оперантного спокою; для його фаз — релаксації і абсорбції<sup>2</sup> — характерні диференційні зміни активності і гемоперфузії префронтальної кори, АСС, соматосенсорної і рухової кори, кори скроневої і потиличних часток, стовбура, мозочка, таламуса й базальних ядер (*оглянуто Е. Фасо та співавт., 2019*).

Метааналіз опублікованих даних дозволяє М. Landry та співавторам (2017) стверджувати, що для стану гіпнозу характерні зміни активності трьох функціональних мереж головного мозку — мережі виконавчого контролю, мережі значимості і мережі оперантного спокою. Виокремлюють два різні профілі змін активності: лобових відділів мережі виконавчого контролю і мережі значимості — відповідно, DLPFC<sup>3</sup> і АСС<sup>4</sup>, що обумовлює концентрацію уваги на ключових для гіпнозу стимулах і виконанні інструкцій гіпнотизера, а також зменшення активності передніх частин мережі оперантного спокою<sup>5</sup>, що зумовлює пригнічення само-рефлексії, внутрішньої уваги й самоусвідомлення<sup>6</sup> (*Ibid.*). Складається враження, що деякі елементи мережі оперантного спокою під час гіпнозу підпорядковуються мережі виконавчого контролю задля відтворення необхідних гіпнотизеру ділянок пам'яті чи компонентів уяви. Чимось схожою роль у специфічній перебудові уваги під час гіпнозу відіграє мережа значимості: від неї залежить втілення ієрархії значимості стосовно зовнішніх і внутрішніх стимулів задля досягнення гіпнотичного стану і його утримання, а також маніпулювання структурою мережевої ієрархії задля досягнення необхідного результату гіпнозу.

Часто використовуване для опису стану гіпнозу поняття абсорбції розглядається також у психолого-типологічному контексті — як одна з рис характеру людини<sup>7</sup> (*М. Lifshitz та співавт., 2019*); носії особливої здатності до абсорбції демонструють “спіритуальну обдарованість”, що вкотре свідчить про близькість явища гіпнозу і феномену спіритуальних станів (*Ibid.*).

### спіритуальність і “утилітарна духовність”

Цілком очевидно, що у релігійній сфері людини варто виокремлювати доктринальну<sup>8</sup> і так звану “спіритуальну”<sup>9</sup> складову. До останньої відносять найрізноманітніші практики й переживання, від медитацій до специфічних духовних почуттів і станів, приміром — молитви, каяття, духовного осяяння чи захоплення, умиротворення тощо. L. Miller та співавтори (2019) підкреслюють доцільність диференційного підходу до ви-

---

чи практик: сновидіння, як і складні галюцинації, не є джерелом несуперечливої доктринальної інформації. Якщо ж розглядати інші духовні стани людини, під час яких така інформація отримувалась духовними посередниками (*медіаторами*), лише як певні “вікна” у “позасвідомлений світ людини”, одразу ж виникає питання стосовно онтології й генеалогії цього “світу”, його зв'язного з доктринальною точки зору контенту, а також стосовно його трансперсонального характеру: з історії релігії відомо, що доктринальна інформація, отримувана у різні часи й різними посередниками, цілісна. Ці питання — а вони є ключовими у всій цій історії з квазіспіритуальними властивостями галюциногенів — залишаються без відповіді, що демотивує розгляд теми у такому ключі. Адже, не знаючи нічого про залаштунки людської психіки, — на чому може базуватися наша впевненість, що саме вони (“залаштунки”) є джерелом доктринальних релігійних знань, а не, приміром, Хтось Інший? Водночас, не всі атипіві й інформаційно значимі психічні феномени можна безумовно і беззастережно відносити до категорії галюцинацій (*оглянуто у: Ларше Ж.-К. Исцеление психических болезней: Опыт христианского Востока первых веков / Пер. с франц. — М.: Изд.-во Сретенского монастыря, 2008. — 224 с.; М. К. Irmak, 2012*). У зв'язку з чим виникає інше, уже теолого-антропологічне питання: чи не є ця внутрішня “аутогалюциаторна здатність” мозку рудиментом системи “духовного зору”, засобу споглядання “духовного світу”?

<sup>1</sup> Для ознайомлення з актуальними точками зору: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hypnosis>; <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гіпноз>; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипноз#Альтернативный\\_взгляд\\_на\\_феномен\\_гипноза](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипноз#Альтернативный_взгляд_на_феномен_гипноза).

<sup>2</sup> Поглинутості, особливо глибокого включення у власні переживання, у тому числі уявні, фантазійні.

<sup>3</sup> А також лобово-полярної кори і, можливо, задньої тім'яної кори.

<sup>4</sup> А також острівця і, ймовірно, мигдалеподібного комплексу.

<sup>5</sup> Передусім MPFC, а також, ймовірно, РСС, кори кутової звивини і кори медіальної поверхні скроневої частки.

<sup>6</sup> Своєрідна “десуб'єктивізація”, характерна для багатьох медитативних станів — див. вище. Такий висновок виглядає неоднозначно, враховуючи можливе збільшення уяви у стані абсорбції; можливо, це збільшення пов'язане з преферентною для гіпнозу активацією медіальних ділянок кори языкової звивини, котра бере участь у вищій обробці зорової інформації й у механізмах образної уяви.

<sup>7</sup> “Trait of ‘absorption’”.

<sup>8</sup> Вона засаднича, трансперсональна і тому питомо універсальна, як правило, світоглядна й фіксована мовними засобами.

<sup>9</sup> Вона суттєво індивідуалізована, практично-орієнтована, як правило, спрямована на вирішення конкретних завдань носієм релігійної доктрини, у межах стратегічного, окресленого доктринально напрямку.

вчення феноменів релігійності<sup>1</sup> і спіритуальності<sup>2</sup>. У якості основної перестороги вивченню спіритуальності автори розглядають її високу індивідуальність<sup>3</sup>. Можливий вихід з цієї ситуації автори вбачають у врахуванні індивідуальних особливостей досліджуваних під час вибору експериментальних стимулів<sup>4</sup>. У контексті такої методології автори виявили пригнічення активності кори нижньої тім'яної часточки ліворуч<sup>5</sup>, медіального таламуса і хвостатого ядра<sup>6</sup> у відповідь на текстуальні стимули<sup>7</sup>, тригерні стосовно атрибутів спіритуальності.

L. Miller та співавторів (2019) наголошують на суттєвому значенні кори тім'яної частки у формуванні корелятів релігійних почуттів і спіритуальності<sup>8</sup>, причому нижня тім'яна часточка, скоріш за все, обумовлює пригнічення цих атрибутів психіки<sup>9</sup>. Автори відмічають, що тім'яна частка бере участь у формуванні корелятив уваги, у контролі поведінки<sup>10</sup>, плануванні<sup>11</sup>, в опрацюванні сенсорної інформації і у просторовому мисленні<sup>12</sup> (*Ibid.*). Враховуючи, що релігійні почуття часто супроводжуються відчуттям зв'язку з суб'єктом чи об'єктом поза собою, автори підкреслюють роль присерединної тім'яної кори<sup>13</sup> разом з MPFC і ACC у формуванні мережевого кореляту самоусвідомлення<sup>14</sup>. Водночас, активність латеральних відділів тім'яної кори<sup>15</sup>, котрі суттєво пов'язані з функцією аутореференції<sup>16</sup>, зменшується при відтворенні автобіографічної інформації<sup>17</sup> (*Ibid.*).

<sup>1</sup> Як усвідомленого, доктринального цілісного світоглядно-духовного концепту з різним, часто неартикульованим, підґрунтям.

<sup>2</sup> Поведінкового атрибуту психіки, котрий не завжди інтегрується саме у якісь чіткі, систематизовані релігійно-світоглядні переконання суб'єкта.

<sup>3</sup> "A potential challenge in studying spiritual experiences involves the vast variety of spiritual experiences that may have varying degrees of relevance or meaning to different individuals."

<sup>4</sup> "A potential solution to this situation involves the generation of personally-relevant, individually-tailored scripts that relate to spiritual experiences." Від себе додамо, що іншим засобом вирішення цієї проблеми слід вважати врахування рис особистості при обрахунку частки її даних у статистичному узагальненні, тобто розробки системи статистичного "зваження" отриманих індивідуальних результатів на особливості психіки індивіда.

<sup>5</sup> При порівнянні з активністю на тлі відтворення добровольцем у своїй уяві стану релаксації.

<sup>6</sup> При порівнянні з активністю на тлі відтворення добровольцем у своїй уяві стресогенної ситуації.

<sup>7</sup> Йдеться про описані текстуально вказівки для викликання в уяві образів, котрі активують спіритуальні відчуття, стресові чи релаксаційні переживання, наприклад: "For the spiritual script, participants were given the following instructions: "We would like you to describe a situation in which you felt a strong connection with a higher power or a spiritual presence. Spiritual states are those that through a felt-sense connect you to something bigger than oneself, a oneness, or strong force which may be experienced as an energy, force, higher power, G-d, deity or transcendent figure or consciousness. Such states may be experienced in places of worship, at home, in your daily life, or outdoors in nature. Choose a personal lived situation that you directly experienced, whether others were present or not. Also, include in your description the bodily sensations you have experienced in these situations. Some common experiences of transcendent connection include a two-way relationship with a higher power, a felt-sense of oneness in nature by the ocean or atop a mountain, being in a zone of intense physical activity (such as sports or yoga), sudden awareness, bodily felt connectivity or buoyancy, meditation or prayer. These may be extremely vivid or intense experiences, or these relatively accentuated experiences may filter into an ongoing felt transcendent connection or daily way of being connected to something more. Sometimes it is difficult to think of a positive transcendent or spiritual experience "on the spot." It may help to close your eyes and try to imagine yourself in the situation. While you are imagining the situation, try to generate the same sensations and feelings you would experience if you were actually in the situation. Describe the situation as though you are helping me see it as if I was there with you. (Please include such details as who was there; what you were doing; where you were; how things looked; what bodily sensations you experienced)." Важливо також, що фанор релігійності (а не спіритуальності) у цих осіб не вивчали. Демографічний зріз групи: "Twenty-seven English-speaking young adults (mean age: 22 ± 2.2 years, range 18–27 years; 12 female)."

<sup>8</sup> L. Miller та співавторів (2019): "Using electroencephalography (EEG), posterior alpha has been associated with aspects of religiosity and spirituality (Travis 2001; Tenke et al. 2017), again implicating the parietal region. Some research has identified exceptional spiritual perceptions and mystical experiences in clergy (Beauregard and Paquette 2006), also showing associations with parietal cortical function. Neuroimaging studies of meditation and meditative prayer suggest an inverse relationship between parietal lobe activity and religious/spiritual beliefs (Herzog et al. 1990; Newberg and Iversen 2003; Newberg et al. 2003; Cahn and Polich 2006; BrefczynskiLewis et al. 2007), with complementary findings observed in clinical populations (Johnstone and Glass 2008; Johnstone et al. 2012)."

<sup>9</sup> L. Miller та співавторів (2019): "In two reports from the same group, excitatory stimulation of the inferior parietal lobule (IPL) using intermittent theta burst stimulation was associated with decreases in implicit religiousness and spirituality (Crescentini et al. 2015), whereas a virtual lesion of the IPL using repetitive transcranial magnetic stimulation induced rapid increases in implicit religiousness and spirituality (Crescentini et al. 2014). Together, these findings provide strong support for the IPL in governing aspects of religiousness and spirituality."

<sup>10</sup> "Impulse control".

<sup>11</sup> "Planned reasoning".

<sup>12</sup> "Spatial reasoning".

<sup>13</sup> Ймовірно, L. Miller та співавторів (2019), посилаючись на ряд першоджерел, у тому числі на Н. С. Lou та співавторів (2017), мають на увазі праву тім'яну частку.

<sup>14</sup> Див. с. 22 і 23 цього тому.

<sup>15</sup> Знову ж таки, ймовірно, L. Miller та співавторів (2019), посилаючись на ряд першоджерел, у тому числі на Н. С. Lou та співавторів (2017), мають на увазі передусім праву тім'яну частку.

<sup>16</sup> *Ibid.*, з посиланням на Н. С. Lou та співавт., 2004.

<sup>17</sup> За таких умов (спогади про себе, порівняно зі спогадами про найкращого друга чи про Датську Королеву) спостерігали (позитронна емісійна томографія) зменшення активації у правій тім'яній часточці і збільшення у лівій латеральній скроневій корі (передні відділи

Ймовірно, трансцендентальні переживання супроводжуються “деаферентацією” задніх відділів верхньої тім’яної часточки<sup>1</sup> у контексті виведення з фокусу уваги стану власної тілесності (A. Finisguerra та співавт., 2019<sup>2</sup>). Вірогідність такого сценарію спробували з’ясувати на тлі стимуляції вушної гілки блукаючого нерва із залученням спеціальних засобів верифікації самоузележення<sup>3</sup> і стану експліцитної<sup>4</sup> та імпліцитної<sup>5</sup> релігійності учасників експерименту (*Ibid.*). З’ясувалося, що стимуляція пригнічує тілесне самоусвідомлення і пов’язану з нею імпліцитну спіритуальність, що узгоджується з даними стосовно ролі блукаючого нерва у функції системи інтероцепції (*див. с. 18–20, 26–29 цього тому*). Ймовірно, за таких умов пригнічується активність острівцевої кори поряд з “деаферентацією” задніх відділів верхньої тім’яної часточки (*Ibid.*). Автори припускають, що реалізація індивідуальних атрибутів імпліцитної спіритуальності пов’язана зі зменшенням активності блакитного місця і збільшенням чутливості мозку до інтероцептивних сенсорних входів, тоді як черезшкірна стимуляція блукаючого нерва потенціює вивільнення норадреналіну нейронами блакитного місця і не сприяє проявам спіритуальності.

Попри можливу провідну роль тім’яної кори у реалізації атрибутів спіритуальності, за даними Y. Nakamata та співавторів (2013), Y. Y. Tang та R. Tang (2013), у осіб з підкресленими самотрансцендентальними рисами характеру, у сенсі збільшеної інтуїтивності, розсудливості, спіритуальності<sup>6</sup>, спостерігають збільшену за відповідних експериментальних умов активність підколінної ділянки АСС і прилеглих частин VMPFC.

Останнім часом у секуляризованих суспільствах зростає кількість носіїв “спіритуального, але не релігійного”, точніше — “утилітарно-спіритуального” світогляду<sup>7</sup>. На значній вибірці<sup>8</sup> А. К. Willard і А. Norenzayan (2017) виявили суттєві відмінності психічного улаштування представників такої групи порівняно з ординарними віруючими і невіруючими особами; для них характерні вищі бали при оцінюванні особистості у шизо-типичній парадигмі<sup>9</sup>, що свідчить про наявність ексцентричнішої, нетипової поведінки<sup>10</sup>. Чи означає це щось

середньої скроневої і нижньопередні відділи верхньої скроневої звивини) при зменшенні самовідношення згадуваної інформації (*див. градацію самовіднесеності серед трьох видів спогадів*). Зазначена скронева ділянка проявляла зв’язність з MPFC, кора нижньої тім’яної часточки — з присерединною тім’яною корою. Причому саме присерединна тім’яна кора відіграє головну роль у мережі самореференції (до якої включають MPFC, латеральну скроневу і кору нижньої тім’яної часточки), оскільки її пригнічення транссканіальним магнітним впливом гальмує аутобіографічні спогади. Така мережа фактично є частиною мережі оперантного спокою, що підтверджується очевидним фактом самозануреності стану оперантного спокою (H. C. Lou та співавт., 2004).

<sup>1</sup> “Posterior superior parietal lobule.”

<sup>2</sup> “Deafferentation from the bodily Self”; з посиланням на: A. B. Newberg, J. Iversen, 2003.

<sup>3</sup> Експериментальна вибірка: 24 студенти Лейденського університету італійського походження (13 — чоловічої статі, середній вік — 24.54 ± 2.93 р.). Критерії включення: “... i) being free from drug use in the last 12 months; ii) having Catholic affiliation; iii) being aged between 18 and 35 years; and iv) having no contraindications to tVNS (such as history of neurological or psychiatric disorders, brain surgery, tumors, presence of intracranial metal implants, chronic or acute medications, pregnancy, susceptibility to seizure, migraine, pacemaker or other devices).” (A. Finisguerra та співавт., 2019). Тест самооцінки — ‘Self-Esteem IAT task’. A. Finisguerra та співавт. (2019): “Explicit self-representations were tested by means of the Italian version of the INSPIRIT questionnaire (Kass et al., 1991) and of the ST scale (Cloninger, 1994). The INSPIRIT questionnaire is a seven-item scale measuring intrinsic religiousness and subjective beliefs, including the occurrence of experiences proving that God exists or evoking closeness to a transcendental entity. By making explicit reference to belief in God and to community practices, the INSPIRIT questionnaire tends to measure explicit religiousness. Albeit not recent, this questionnaire has been continuously used in several studies assessing RS (Crescentini et al., 2014a, 2014c, 2015; Matiz et al., 2018). Moreover, changes in INSPIRIT questionnaire scores after spiritual practice (Matiz et al., 2018) and positive correlations between this explicit measure of Rel and implicit RS representations (Crescentini et al., 2014c, 2015) have been recently found, thus providing indirect support to the long lasting validity of this measure.” Використовували також ‘Implicit Association Test’, модифікований для оцінки релігійного чи спіритуального виміру. A. Finisguerra та співавт. (2019): “In more details, 100 Italian words were selected from the Italian version of the tests included in the Measures of Religiosity volume (Hill, 1999). The words were a-priori selected to refer to either the RS or the non-RS polarity of the dimension (i.e., words referring to both high and low levels of RS were selected). The selected words were rated by a group of 50 Italian students, aged 19–40 years and having Catholic affiliation, on five dimensions related to RS by using a seven-point Likert scale. None of the pilot study participants took part in the main experiment. Three of the evaluated dimensions referred to the Glock’s multidimensional model of RS (Glock, 1962) and included: i) the Ritualistic dimension, defined as the relevant time spent to practice/take part in rites, and the whole body of religious/spiritual practices; ii) the Experiential dimension, defined as the religious/spiritual emotional component and understanding of the meaning of life; iii) the Cognitive dimension, which conflated the Glock’s ideological, intellectual, and consequential dimensions, defined as the set of descriptions, characteristics, beliefs and rules associated with a religious/spiritual faith and guiding to abide to the religious/spiritual faith. In addition to these three dimensions, which were accompanied by brief descriptions of the defining features, participants of the pilot experiment rated each word on their personal view of Religiousness and Spirituality.” Оцінювали правильність віднесення запропонованих термінів до тематичної рубрики учасниками і швидкість цієї операції.

<sup>4</sup> Доктринальної, усвідомленої, такої, котру можна вивістити.

<sup>5</sup> Спіритуальної, прихованої, неусвідомленої.

<sup>6</sup> “Self-transcendence a character trait, i.e., intuitive, judicious, spiritual.”

<sup>7</sup> Фактично, йдеться про сучасний варіант марновірства, для якого характерне сформоване маскультом переконання в існуванні “звичайних” паранормальних явищ, однак у переважній більшості відсутня хоч яка-небудь цілісна доктринальна складова.

<sup>8</sup> Величина генеральної сукупності — більше тисячі осіб, з них віруючі — 25 %, невіруючі — 41 %, “духовні, але не релігійні” (“spiritual but not religious”) — 34 %; жінки — 58 %.

<sup>9</sup> Використовували шкалу “Schizotypal Personality Disorder scale”; *див. також* <https://en.wikipedia.org/wiki/Schizotypy>.

<sup>10</sup> “They also scored significantly higher on what is classified as odd behavior, suggesting that [spiritual but not religious subjects] report more un-

у психіатричній перспективі — незрозуміло, зважаючи на вкрай обережний характер концепту "шизофренії"<sup>1</sup>. Однак вповні очевидна необхідність урахування цього факту у формуванні вибірок та інтерпретації фактів, отриманих під час досліджень мозкових корелятивів релігійності.

Відомо також, що під час формування шизофренії можлива маніфестація розладів так званого метапізнання<sup>2</sup>, і саме цей аспект психіки є одним із ключових для медитативної практики<sup>3</sup> (*P. Vob та співавтор, 2016*). С. Urgesi та співавтори (2010) з'ясували, що після хірургічного ушкодження правої чи лівої нижньої задньої ділянки тім'яної кори<sup>4</sup> і зменшення їхньої функціональної активності спостерігається збільшення самотрансценденції<sup>5</sup>. Автори припускають, що пов'язані з різноманітними духовними практиками варіанти самотрансценденції обумовлюються зменшенням тілесного самоусвідомлення<sup>6</sup> за участю задньої тім'яної кори. Обмеження цієї функції<sup>7</sup>, на їхню думку, сприяє зверненню уваги на абстрактні елементи внутрішнього світу, самозануренню, виходу за межі актуальної просторовості й темпоральності, що є неодмінним атрибутом найрізноманітніших духовних переживань<sup>8</sup>.

### релігійні почуття, містичний досвід і доктринальна складова

**Функціональні кореляти.** Одне з піонерських нейровізуалізаційних досліджень мережевих корелятивів релігійних почуттів було виконане за допомогою позитронно-емісійної томографії у 6-ти членів Вільної спільноти євангельських фундаменталістів Німеччини<sup>9</sup> (*N. P. Azari та співавтор, 2001*). При прочитанні першої строфи 23-го псалма<sup>10</sup> у релігійних осіб спостерігали більшу активність DLPFC (*поле BA 9, виразніше праворуч*), дорзомедіальної премоторної кори<sup>11</sup> (*поле BA 6 двобічно*), медіальної тім'яної кори<sup>12</sup> (*поле BA 7 праворуч*) і мозочка<sup>13</sup>.

*conventional behaviors on average than the rest of the population."*

<sup>1</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Schizotypy>.

<sup>2</sup> Метакогніція — одночасне контекстуальне уявлення про власний внутрішній світ, тобто про себе, і про оточуючий світ, тобто про інших: "Conscious experience of the self and others requires reflection of what is happening in the moment within one's own body and in the world around which is called metacognition (Dimaggio and Lysaker, 2015). Metacognition as a psychological process represents a spectrum of mental activities that involves thinking about thinking, ranging from more discrete acts in which people recognize specific thoughts and feelings to more synthetic acts in which context of intentions, thoughts, feelings, and connections between events, are integrated into larger complex representations (Dimaggio et al., 2009; Lysaker et al., 2013c; Dimaggio and Lysaker, 2015). Metacognition describes a range of mental activities ranging from discrete to synthetic. (Pinkham et al., 2013; Lysaker et al., 2013c). Synthetic forms of metacognition act in a different manner than do specific beliefs or singular judgments that also affect life. Synthesized understandings lend meaning to events, and thus, supply reasons why to carry out a certain act and to decide what is best done to resolve dilemmas given the unique psychology of oneself and the others in one's life (Dimaggio et al., 2009; Lysaker et al., 2013c; Dimaggio and Lysaker, 2015). Metacognition is related to the construct of mentalizing and both are characterized by an ability to think about oneself and others, though the latter considers disruptions of these processes happen in the context of disturbed attachment (Dimaggio and Lysaker, 2015). Both discrete and synthetic metacognitive activities allow persons to form evolving and flexible representations for themselves and others and thus are a cornerstone of the ability to regulate affect and behavior (Dimaggio et al., 2009; Lysaker et al., 2013c)."

<sup>3</sup> "Based on these findings metacognition, as a most prominent aspect of meditation increasing self-reflective attentional functions, most likely may be described as a highly integrated state of consciousness (Jankowski and Holas, 2014) related to high neuronal connectivity and integration (Fell et al., 2010; Travis and Shear, 2010)."

<sup>4</sup> "Left and right inferior posterior parietal regions"; видалення здійснювали у зв'язку з видаленням гліоми.

<sup>5</sup> Самопозамажності, самоунезалежнення; англ. — *self-transcendence*; верифіковано спеціальними опитувальниками.

<sup>6</sup> "Bodily knowledge".

<sup>7</sup> Йдеться про тілесне самоусвідомлення.

<sup>8</sup> Цікаво, однак L. Miller та співавтори (2019) пов'язують виявлений С. Urgesi та співавторами (2010) ефект з регенерацією (*і, ймовірно, збільшенням активності*) мережі навколо зони ураження: "Spontaneous immersion of spiritual awareness, perception, and relationship to the transcendent was associated with regeneration around lesions in the parietal cortex ...." Можливо, автори у такий спосіб відрефлектували на фразу з першоджерела "This would carry out the fundamental implication that novel approaches aimed at modulating neural activity, e.g., repetitive transcranial magnetic stimulation, may up- or downregulate brain plasticity and ultimately pave the way to new treatments of personality disorders." (виділено нами — В. М.), однак її смисл у полягає у пропозиції збільшувати пластичність задля компенсації втрати функції ушкоджених ділянок кори й тим самим обмежувати пов'язані з ушкодженням зміни психічної сфери. Концепція С. Urgesi та співавторами (2010) стосовно конкуренції між абстрактним внутрішнім світом і тілесною самоусвідомленістю, на наш погляд, помилкова, однак вона влучно відображає інтуїцію стосовно конкурентності між інтероцептивним фундаментом суб'єктності і спиритуальною трансценденцією. Хоча й це не вповні вірне твердження: подолання суб'єктності є самоціллю лише у духовних практиках Південної і Східної Азії, тоді як християнська традиція у її ісихастських практиках глибоко особистісна.

<sup>9</sup> Правші, переконані віруючі; референтна група — 6 нерелігійних осіб із середніми здібностями у сфері уяви і мови.

<sup>10</sup> Порівняно зі змінами на тлі читання відомого німецького дитячого віршика чи інструкції з користування телефонною картою.

<sup>11</sup> Pre-supplementary motor area, pre-SMA.

<sup>12</sup> Precuneus.

<sup>13</sup> Точну анатомічну ділянку не зазначено.

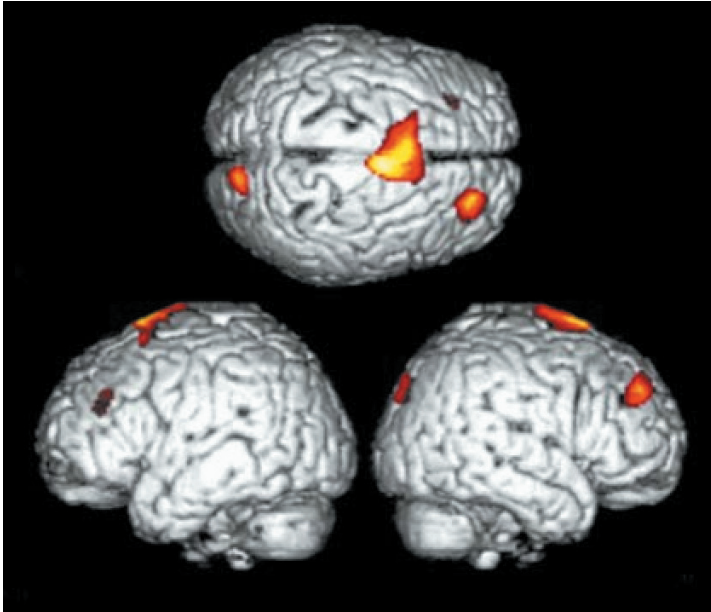


Рис. 69. Ділянки преферентної для релігійних почуттів активності кори головного мозку за N. P. Azari та співавторами (2001). Дані позитронно-емісійної томографії

Відоме фМРТ-дослідження M. Beauregard й V. Paquette (2006) активності мозку на тлі спогадів найбільш значимого індивідуального містичного досвіду у монахинь Чину Кармелітів<sup>1</sup> виявило наступний перелік преферентних ділянок мозку<sup>2</sup>: праворуч — медіальна орбітофронтальна кора (поле BA 11), MPFC (поле BA 10), дорзальна частина АСС (поле BA 32), присерединна скронева кора (поле BA 20), ліворуч — кора нижньої і верхньої тім'яної часточки (поля BA 40 і BA 7, відповідно). Порівняно з базовим станом<sup>3</sup> на тлі спогадів про найістотніше містичне переживання відзначали більшу активність у ділянці медіальної орбітофронтальної кори (поле BA 11), кори середньої скроневої звивини (поле BA 21), кори нижньої і верхньої тім'яних часточок (поля BA 40 і BA 7, відповідно), хвостатого ядра — праворуч, а також MPFC (поле BA 10), дорзальної частини АСС (поле BA 32), кори нижньої тім'яної часточки (поле BA 7), острівця (поле BA 13), хвостатого ядра і стовбура мозку<sup>4</sup> — ліворуч, кори середньої потиличної звивини — двобічно. На тлі референтного стану порівняно з базовим виявляли більшу активність кори верхньої тім'яної часточки (поле BA 7) і нижньої потиличної кори (поле BA 18) праворуч, а також дорзальної частини АСС (поле BA 32), кори верхньої тім'яної часточки (поле BA 7), хвостатого ядра і стовбура мозку — ліворуч. На тлі референтного стану порівняно зі станом спогадів містичного досвіду виявляли більшу активність лущини ліворуч. За аналогічної процедури експерименту автори описали також значимі для відтворюваного у пам'яті містичного переживання зміни ЕЕГ-активності над певними ділянками мозку (M. Beauregard, V. Paquette, 2008).

На тлі споглядання різдвяних світлин<sup>5</sup> у жителів Копенгагена, котрі зазвичай святкують Різдво Христове<sup>6</sup> і демонструють значну чутливість до використаних у дослідженні стимулів, супроводжуються фМРТ-виявленою преферентною активацією кори лівої верхньої тім'яної часточки, дорзальної премоторної кори ліворуч і дорзальної соматосенсорної кори двобічно (A. Hougaard та співавт., 2015; рис. 70)<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Повна офіційна назва Чину: *Ordo Fratrum Beatissimæ Virginis Mariæ de Monte Carmelo* — Орден братів Пресвятої Діви Марії з гори Кармель; <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кармеліму>; <https://en.wikipedia.org/wiki/Carmelites> (14.08.2019 р.).

<sup>2</sup> Кількість осіб, залучених у дослідження, — n = 15; у якості референтного стану відтворювали спогади найістотнішого переживання єдності з іншою людиною; активність перелічених далі ділянок вища, ніж на тлі референтного стану.

<sup>3</sup> Стан оперантного спокою, очі закриті.

<sup>4</sup> Ділянка переходу між мостом і довгастим мозком.

<sup>5</sup> Порівняно з нейтральними стосовно теми Різдва.

<sup>6</sup> Величина вибірки — n = 10, аналогічною була кількість осіб референтної групи — громадян того ж міста, котрі не святкують Різдво і в силу цього не мають до цієї події особливих сентиментів. Суму почуттів, провокованих в експерименті, можна описати ідіомою "дух Різдва" — "Christmas spirit"; "The Christmas spirit has been a widespread phenomenon for centuries, commonly described as feelings of joy and nostalgia mixed with associations to merriment, gifts, delightful smells, and copious amounts of good food."

<sup>7</sup> Результати цієї роботи спотворено до гротескної вульгарності науково-популярними виданнями посереднього ґатунку, згідно з повідомленнями яких "у мозку було виявлено центр Різдва" (як варіант — "Дух Різдва"). Посилання читач може без особливих труднощів знайти сам.

Під час одногодинної аудіовізуальної інсталяції, перерваної короткими опитувальними сесіями, котра відтворювала атмосферу духовного світу для послідовників мормонізму<sup>1</sup>, М. А. Ferguson та співавтори (2016) описали преферентну активацію ділянки вентрального стріатума, VMPFC і лобових частин мережі керування увагою<sup>2</sup>. Причому активація у ділянці вентрального стріатума на 1–3 с передувала піку духовних почуттів; пов'язана з увагою активація АСС і очного лобового поля була виразнішою праворуч. Отримані дані свідчать про ймовірне поєднання мереж, відповідальних за рецепцію доктринальної релігійної інформації<sup>3</sup>, мережі підкріплення, мережі керування увагою і мережі значимості (*сальєнтності*), що загалом обумовлює інкорпорацію цього виду релігійної інформації у сферу мотивації поведінки (*Ibid.*).

На тлі контролю власних намірів і надприродного<sup>4</sup> контенту внутрішнього світу у осіб з релігійним світоглядом виявляють преферентну активацію шляху від нижньолатеральних до дорзомедіальних відділів префронтальної кори (*D. Karogiannis та співавт., 2014*). Згідно з цими ж даними, на думку дослідників, відслідковування надприродних складових чи інтенцій внутрішнього контенту здійснюється мережевими елементами, котрі залучені у формуванні корелятивів страху та емоційних атрибутів розуміння іншого<sup>5</sup>. Доктринальна<sup>6</sup> релігійна інформація, ймовірно, акцептується за участю шляху від так званого рухового центру мови<sup>7</sup> до сенсорного<sup>8</sup> (*Ibid.*). Відтворення релігійних переконань, ґрунтованих на власному повсякденному досвіді, здійснюється на тлі активності мереж, котрі беруть участь у формуванні мозкових корелятивів уяви, — шляху від зони Верніке до лівої веретеноподібної звивини (*Ibid.*). Доктринальна релігійно-світоглядна інформація у нерелігійних осіб сприймається й опрацьовується за участю внутрішніх візуальних образів на тлі преферентної активності шляху від середньої скроневої кори до кори шпорної борозни<sup>9</sup> праворуч (*Ibid.*).

Не можемо не зазначити, що доктринальні уявлення і містичний досвід у межах християнської традиції різноманітний, суттєво відрізняється в ортодоксальних і католицьких напрямках, не кажучи про новітні харизматичні течії. Отже, поле досліджень навіть у цьому аспекті — широке.

**Морфологічні кореляти.** R. D. Hayward та співавтори (2011) повідомляють про кореляцію вікової МРТ-виявної атрофії гіпокампа і досвіду тривалого християнського життя, з певною деномінаційною специфікою<sup>10</sup>. Ці ж автори провели порівняльне дослідження, тривалістю від 2-х до 8-ми років, під час якого за допомогою множинного регресійного аналізу МРТ-метричних показників показали, що у віруючих осіб<sup>11</sup>, котрі свідчили про пов'язані з релігійним досвідом зміни власного життя протягом експерименту<sup>12</sup>, вікова атрофія орбітофронтальної кори ліворуч істотно менша. Згідно з цими ж даними, частіше відвідування публічних богослужінь корелює з більшою атрофією лівої орбітофронтальної кори. Зміни об'єму правої орбітофронтальної кори не корелювали з жодним із досліджених атрибутів індивідуальної релігійності; жодної відмінності між особливостями релігійного життя осіб і початковим об'ємом орбітофронтальної кори не виявлено. Автори визнають спекулятивність будь-яких інтерпретацій отриманих даних, однак натякають, що одним з важливих факторів, котрий слід враховувати, може виявитися вища соціальна інтегрованість<sup>13</sup> осіб

<sup>1</sup> Вік — 27.4 ± 3.6 р., жінки — n = 7, чоловіки — n = 12.

<sup>2</sup> Прероландова ділянка двобічно, лівий мозочок, ліва енторіальна кора, права передня темпоральна кора, вентральний стріатум ліворуч, полюс лобової частки ліворуч — на початковій фазі експерименту; верхня скронева звивина праворуч, мозочок двобічно, прероландова кора праворуч, передня частина середньої лобової звивини ліворуч, АСС праворуч, задня частина верхньої лобової звивини ліворуч, лущина ліворуч, вентральний стріатум ліворуч — фаза читання духовних писань; мозочок двобічно, центральна частина мосту, середній мозок ліворуч, задня частина верхньої і нижньої лобової звивини ліворуч, вентральний стріатум праворуч, верхня скронева звивина праворуч, РСС праворуч, прероландова ділянка праворуч, премоторна кора праворуч — завершальна фаза експерименту.

<sup>3</sup> Почерпуваної з Духовного Писання.

<sup>4</sup> "To monitor the intent and involvement of supernatural agents."

<sup>5</sup> "Affective theory of mind".

<sup>6</sup> Вербалізована.

<sup>7</sup> Центру Брока.

<sup>8</sup> Центру Верніке.

<sup>9</sup> В оригіналі — шпорної звивини.

<sup>10</sup> З наявних у статті даних можна зробити висновок, що суттєво інтенсивнішу атрофію протягом періоду у 2–8 років спостереження виявляли у осіб, котрі відзначали про наявність релігійного досвіду, котрий змінив їхнє життя, духовно новонароджених протестантів ("born-again Protestants"; "народжених згори [звище]"), католиків чи осіб без деномінаційної прив'язки порівняно з протестантами, котрі протягом періоду спостереження не переживали моменту духовного народження.

<sup>11</sup> Генеральна сукупність складалася в основному з протестантів, особи нехристиянського віросповідання не включались; вік залучених осіб — більше 58 років.

<sup>12</sup> І "духовне народження" ("народження згори") на початку експерименту — "being born-again".

<sup>13</sup> У тому числі і через соціальний вимір релігійності.

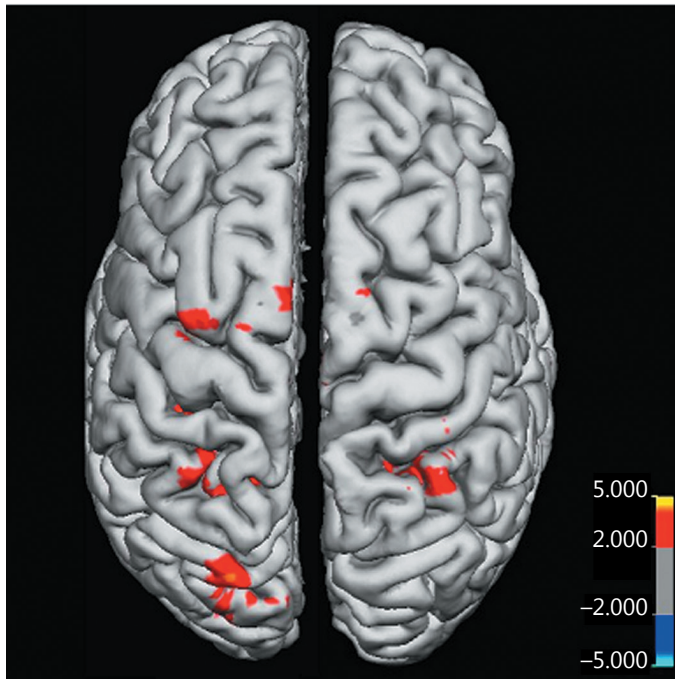


Рис. 70. Ділянки мозку, преферентно активні на тлі тригерованих візуальними стимулами спогадів Різдва. А. Hougaard та співавторами (2015). Кольорова гама демонструє значущість різниці фМРТ-виявної активності порівняно з даними референтної групи<sup>1</sup>

<sup>1</sup> "The color scale is of z values representing response of "Christmas group" relative to "non-Christmas" as a control group."

з менш вираженим атрофічним процесом у лівій орбітофронтальній корі. А. D. Owen та співавтори (2011) описали істотно виразнішу двобічну атрофію гіпокампа протягом декади спостереження<sup>1</sup> у літніх віруючих осіб<sup>2</sup>, котрі на момент початку дослідження повідомляли про досвід зміни життя під дією релігійного фактора чи про пережите раніше "народження згори". Така особливість, на думку авторів, не має психосоціальних, демографічних чи початкових нейрометричних корелятів<sup>3</sup>.

За даними D. Karogiannis та співавторів (2009), у осіб зрілого віку<sup>4</sup> наявність досвіду переживань близьких відносин з Богом і типових форм релігійної поведінки позитивно корелює з об'ємом<sup>5</sup> середньої скроневої кори праворуч<sup>6</sup>. Присутність у релігійному досвіді переживань страху перед гнівом Божим негативно корелює з об'ємом<sup>7</sup> кори прекіна (поле BA 7) й орбітофронтальної кори (поле BA 11) ліворуч. Сукупність рис, характерних для світоглядного прагматизму<sup>8</sup>, позитивно корелює з об'ємом<sup>9</sup> кори прекіна (поле BA 7) і шпорної звивини (поле BA 17) праворуч. Цікаво, що жодних морфологічних корелятів варіативності релігійного досвіду виявлено не було (*Ibid.*).

Висока значимість духовності у житті людини, але не частота відвідування богослужінь, незалежно від спадкової схильності до депресії, позитивно корелює з товщиною кори клина і прекіна ліворуч, присерединної кори лобової частки праворуч, кори латеральної і задньої поверхні потиличної частки, а також кори верхньої тім'яної часточки — двобічно (*L. Miller та співавт., 2014*).

<sup>1</sup> ~10 років.

<sup>2</sup> Вік — більше 58-ми років; релігійна приналежність: більшість — християни (в основному протестанти, а також католики).

<sup>3</sup> Йдеться про "baseline cerebral volume".

<sup>4</sup> Деномінаційна належність не розкрита.

<sup>5</sup> Тобто асоційоване зі збільшеним об'ємом.

<sup>6</sup> Поле BA 21 упоширенні до полюса скроневої частки. У літературі наявне цікаве спостереження об'ємного новоутворення (нейроепітеліальна пухлина або кавернозна мальформація), локалізованого у задньому таламусі і внутрішній капсулі жінки 48-ми років, котре супроводжувалося періодичними спалахами хворобливої релігійності (з артикулюванням відчуття зв'язку з Богом) з фізичними самоушкодженнями, слуховими галюцинаціями і ритуалізмом; зазначені симптоми зникали на тлі антипсихотичних препаратів і відновлювалися при зменшенні їх дози ("paliperidone (less than 6 mg)"; *L. L. Dutschke та співавт., 2017*). Променева терапія/хірургія або звична хірургія пухлини не використовувалася, зважаючи на стабілізацію її об'єму і невролого-психічного стану (*Ibid.*).

<sup>7</sup> Тобто асоційоване зі зменшеним об'ємом.

<sup>8</sup> Тобто наявність сумнівів у існуванні Бога.

<sup>9</sup> Тобто асоційоване зі збільшеним об'ємом.

## віра, переконання і зміна переконань

Семантична близькість понять довіри і віри<sup>1</sup> — очевидна, обговорюється у сучасних нейропсихологічних працях<sup>2</sup>. Довіра до тих чи інших фактів є рутинною основою найрізноманітніших форм психічного процесу. R. J. Seitz та співавтори (2017, 2018, 2019) розглядають явище епістемологічної довіри<sup>3</sup> як важливий, залежний від дофамінергічної системи фактор, котрий уможливує ймовірнісний баєсовий характер психічного процесу, зокрема архітектуру сфери дій. Враховуючи, що процес прийняття рішення, котрий з такої точки зору залежить чи навіть є одним із проявів віри, як рутинної психічної функції конституювання ймовірності того чи іншого результату<sup>4</sup>, автори звертають увагу на схожість мережевих корелятив обох психічних явищ<sup>5</sup>; прийняття рішення відбувається із залученням MPFC<sup>6</sup>, DLPFC<sup>7</sup> і префронтальної кори загалом<sup>8</sup>.

Мабуть, не потребує деталізації твердження, що довіра і віра є осьовими стержнями будівлі переконань людини. Це певною мірою знаходить відбиток і у наявному експериментальному нейропсихологічному матеріалі. Згідно з даними D. Prochnow та співавторів (2015)<sup>9</sup>, мережа, котра формує кореляти прийняття рішення на основі логічних висновків щодо атрибутів певних переконань — підсвідомої, ірраціональної інформації<sup>10</sup>, — включає DMPFC й DLPFC<sup>11</sup>, передню частину острівця і нижню тім'яну часточку ліворуч. Міркування суб'єкта під час споглядання ним реалізації правильного чи помилкового переконання віртуального героя експериментальної мультиплікації супроводжується активацією правої ділянки TPJ, що не дивно у контексті ролі цієї ділянки у функції розуміння іншого (K. Döhnell та співавт., 2012). Різниця активності при спогляданні цих двох варіантів реалізації переконань уявного героя відмічена для MPFC, нижньої лобової кори і кори прекіна, причому більша активність при спогляданні помилкового переконання спостерігалася для задньої частини MPFC (*Ibid.*). Ці дані уточнюються результатами L. Vardi та співавторів (2017): у схожих експериментальних умовах активність передньої частини MPFC досліджуваних була найбільшою на етапі перегляду ними моменту ознайомлення вигаданим героєм з правильною відповіддю, тобто виявлення ним помилковості свого попереднього переконання.

Применшення значимості аргументів, котрі суперечать усталеним політичним переконанням суб'єкта<sup>12</sup>, не очікувано відбувається на тлі преферентної активації мережі оперантного спокою, причому за умови значної стійкості переконань спостерігають збільшення активності DMPFC і зменшення активності орбітофронтальної кори (J. T. Kaplan та співавт., 2016). Натомість у осіб, більше розташованих до зміни переконань, спостерігають меншу активність у ділянці острівця і мигдалеподібного комплексу (*Ibid.*). Останнє, на думку авторів, свідчить про визначальну роль емоційної, фактично — ірраціональної складової у підвалинах спротиву до зміни

<sup>1</sup> У її релігійному вимірі.

<sup>2</sup> Див. J. R. Howlett, M. P. Paulus, 2015; R. J. Seitz та співавт., 2017.

<sup>3</sup> Саме такий термін нам видається найбільш влучним для найменування переконаності у вірності, правильності тієї чи іншої рутинної, не пов'язаної зі сферою релігійності, інформації; автори ж використовують лексичну діаду "belief and believing", дослівно — віра і вірування (як процес); також вони очікувано диференціюють "believing" і "knowing": "Our basic hypothesis is that brain activity constituted by neural circuits that enable believing results in meaningful probabilistic representations, or putative brain products, called beliefs." (R. J. Seitz та співавт., 2018).

<sup>4</sup> Прийняття рішення стосовно подальшої дії пов'язане з урахуванням ймовірності винагороди (R. J. Seitz та співавт., 2017, з посиланням на: F. Grabenhorst, E. T. Rolls, 2011) і витрат (їдеться про триаду "дія — сприйняття — оцінка" — "action-perception-valuation triad") та інтуїтивним, підсвідомим вибором (триває менше 400 мс; R. J. Seitz та співавт., 2017, з посиланням на: X. Chen та співавт., 2010; T. Kahnt та співавт., 2010; M. Schultze-Kraft та співавт., 2016).

<sup>5</sup> Посилаючись на: J. R. Howlett, M. P. Paulus, 2015; M. Ninaus та співавт., 2013. При відтворенні системи асистованого комп'ютером зворотного зв'язку ("neurofeedback paradigm") демонстрація учасникам (здорові добровольці) ніяк не пов'язаних з їхньою реальною мозковою активністю результатів (відтворення неправдивих, шахрайських результатів) спричиняла активацію системи виконавчого контролю мозку (острівець двобічно, ACC, SMA, DLPFC) задля "самовиправлення" і досягнення бажаного результату; у випадку пасивного спостереження, без наміру "самокорекції" спостерігали преферентну активацію кутової звивини (M. Ninaus та співавт., 2013). Чи можна ці результати інтерпретувати у контексті опису мережевих корелятив рутинних переконань (віри у правдивість реалізованої процедури, впевненості і потреби корекції власних дій у межах експерименту) — незрозуміло, оскільки за такого експериментального дизайну стан переконаності у правдивості отримуваної інформації і зусилля щодо корекції власної поточної активності не диференційовані.

<sup>6</sup> Функція оцінки отримуваної інформації та її репрезентація у сфері свідомості суб'єкта; "Valuation of perceived information and making attributions intimately involves the medial frontal cortex."

<sup>7</sup> Забезпечення уважного прийняття рішення — making attentive decisions.

<sup>8</sup> Оцінювання відтермінованої винагороди.

<sup>9</sup> Наводимо за: R. J. Seitz та співавт., 2017.

<sup>10</sup> Тобто переконань; "decisions based on inferential beliefs about subliminal information."

<sup>11</sup> Двобічно; праворуч — передні і задні ділянки.

<sup>12</sup> Вивчали вплив аргументів, котрі суперечать соціально-політичній парадигмі носіїв ліберального світогляду.



власних переконань — факт, добре відомий з реального життя<sup>1</sup>. У той же час, на думку R. J. Seitz та співавторів (2018), стійкість різних переконань у широкому сенсі слова<sup>2</sup> пов'язана з активністю саме MPFC.

Як уже зазначалося, функція апарату переконань може бути тісно пов'язана з дофамінергічною системою мозку (див. R. J. Seitz та співавт., 2017, 2018, 2019); усвідомлення нової епістемологічно якісної інформації, котра змінює певні уявлення особи, супроводжується збільшенням активності ділянок середнього мозку, відповідальних за продукцію дофаміну, тоді як інформація, котра, попри новизну, не має змінювального потенціалу, призводить до активації ділянок префронтальної кори, переддодаткового рухового поля<sup>3</sup> і дорзальної частини поясної кори (P. Schwartenbeck та співавт., 2017). На тлі гіподофамінергічних психозів різної природи можливе порушення механізму оновлення й формування епістемологічно довершених уявлень, що зумовлює консервацію невірних переконань (*Ibid.*). Під впливом неочікуваної нової сенсорної інформації<sup>4</sup> відбувається активація не лише дофамінергічних ділянок середнього мозку, а й вентрального стріатума, причому інтенсивність внутрішньої маніфестації субклінічних параноїдних ідецій негативно корелює із чутливістю до нової, значимої стосовно зміни уявлення, інформації<sup>5</sup> (M. M. Nour та співавт., 2018). Ймовірно, активація дофамінових рецепторів D<sub>2</sub> і D<sub>3</sub> пригнічує дофамінергічні нейрони чорної речовини, зменшує продукцію дофаміну і цим самим послаблює механізм оновлення уявлень (*Ibid.*); амфетамінова стимуляція вивільнення дофаміну у стріатумі теж негативно впливає на трансформацію уявлень (*Ibid.*). Автори нагадують, що середньомозкова дофамінергічна система разом з орбітофронтальною корою відіграє суттєву роль у сигналізації помилки передбачення й у формуванні мережевого кореляту очікування результату дії (*Ibid.*<sup>6</sup>). У цьому сенсі варто зазначити, що мережеві кореляти оновлення уявлень<sup>7</sup> і оновлення уявлень про значимість інформації<sup>8</sup> відмінні від кореляту порушення актуальних очікувань суб'єкта<sup>9</sup>, тобто від мережі кореляту простого подиву<sup>10</sup> (K. Kobayashi, M. Hsu, 2017)<sup>11</sup>. За версією Н. F. Angel і R. J. Seitz (2017), у формуванні мережевого кореляту усвідомлення невідповідності уявлень чи очікувань поточної інформації можуть брати участь кора середньої лобової звивини, медіальні відділи кори лобової частки, MPFC і LPFC, SMA і пре-SMA<sup>13</sup>, передня частина острівця і дорзальна частина ACC, кора тім'яної частки і базальні ядра.

<sup>1</sup> Цікаво, що цей убивчий своєю тривіальністю висновок отримано саме на вибірці з носіїв ліберального світогляду — одвічних борців з усілякими "дрімучими упередженнями".

<sup>2</sup> Тобто, ймовірно, і релігійно-світоглядних переконань. Про те, що автори мають на увазі "переконання у широкому сенсі слова", свідчить відповідний фрагмент, особливо посилання на S. Han та співавторів (2008): "The psychophysical and neurophysiological processes that underpin the expression of beliefs have been found to involve the medial dorsal pFC (Kaplan et al., 2016; Krueger & Grafman, 2013; Seitz & Angel, 2012). In a cross-cultural comparison, narratives about individuality and belonging to a social group were shown to be associated with activation of the dorsal medial frontal cortex (Han et al., 2008), supporting the idea that the medial dorsal frontal cortex plays a critical role in maintaining a stable belief."

<sup>3</sup> Pre-supplementary motor area, pre-SMA.

<sup>4</sup> "Pure sensory surprise".

<sup>5</sup> Із матеріалу статті важко зрозуміти, яким чином квантифікували параноїдні ідеї та яким інструментом встановлювали заявлену кореляцію: "Finally, we show that participants who displayed the least sensitivity to the meaningful content of observations also reported greater subclinical paranoid ideation."; "Trial-by-trial analysis of task performance indicated that subclinical paranoid ideation is negatively related to behavioral sensitivity to observations carrying meaningful information about the task structure." "... we demonstrate that dopamine is strongly related to neural signals encoding belief updates, and that belief updating itself is closely related to the expression of individual differences in paranoid ideation."

<sup>6</sup> З посиланням на: J.D. Howard, T. Kahnt, 2018.

<sup>7</sup> "Belief updating"; у порівнянні з патерном активності на тлі оновлення уявлень про значимість отримуваної інформації ("adjusted for expectancy violation") виявлено істотні особливості змін активності у ділянці кори середньої лобової звивини, верхньої лобової борозни і міжтім'яної борозни двобічно, а також у ділянці кори прекіна.

<sup>8</sup> "Value updating"; включає VMPFC праворуч, MPFC і поясну кору, підколінну ділянку (поле BA 25), кору верхньої скроневої звивини ліворуч, кору нижньої тім'яної часточки ліворуч.

<sup>9</sup> "Expectancy violation"; значимі зміни на тлі такого стану виявлено лише у ділянці переднього острівця двобічно, навіть з поправкою на результати моніторингу (тобто фактично при порівнянні з результатами моніторингу) кореляту оновлення уявлень: "We found that activation in bilateral AI [anterior insula] was correlated with expectancy violation, even when the correlation with belief updating was adjusted for (Fig. 3d; Table 2)."

<sup>10</sup> "Mere surprise".

<sup>11</sup> При цьому стратегія людини у цілому спрямована на зменшення невизначеності, непередбачуваності, і цей процес залежить від уявлень про можливість такого зменшення, а також може зумовлювати ігнорування простого подиву як реакцію на непередбачуваність.

<sup>12</sup> Слід враховувати, що усвідомлення відхилення результату від очікуваного або сприйняття нової інформації, котра суперечить усталеним уявленням, обумовлює суттєві психоемоційні реакції — сум'яття, внутрішній конфлікт, тривогу, невпевненість у собі тощо, котрі теж мають складні мережеві кореляти.

<sup>13</sup> Переддодаткове рухове поле; pre-supplementary motor area, pre-SMA.

Цікаво, що при оцінці суб'єктом тверджень<sup>1</sup>, котрі вповні можна верифікувати<sup>2</sup>, відзначають преферентну активацію DLPFC і РСС, натомість при оцінці тверджень<sup>3</sup>, котрі з точки зору раціонального світогляду верифікувати неможливо<sup>4</sup>, спостерігають преферентну активацію нижньої лобової звивини, верхньої скроневої звивини і передніх відділів верхньої лобової звивини (J. R. Howlett, M. P. Paulus, 2015). Причому у випадку, коли суб'єкт погоджується із запропонованим твердженням, жодного патерну преферентної активації мозку не виявляють, якщо вважає його хибним — спостерігають преферентну активацію дорзальної частини АСС (Ibid.).

Нарешті, J. Xu та співавтори (2018) вважають, що стан світоглядно-релігійного пошуку включає формування суб'єктом засадничих питань на тлі відкритості до зміни наявних релігійних переконань; вони описують<sup>5</sup> морфометричні кореляції схильності до такої поведінки у вигляді істотної цілності білої речовини<sup>6</sup> коліна, стовбура і валика мозолистого тіла, а також верхнього поздовжнього пучка<sup>7</sup>, малих щипців<sup>8</sup>, зовнішньої капсули<sup>9</sup> і нижнього потилично-лобового пучка<sup>10</sup>. З іншого боку, дослідження осіб, що перенесли проникну черепно-мозкову травму з ураженням тих чи інших ділянок префронтальної кори, демонструють істотну роль у функції релігійної гнучкості DLPFC і VMPFC (W. Zhong та співавт., 2017).

## мозкова мережа релігійності

M. van Elk і A. Aleman (2017) сформулювали перелік ділянок мозку, для котрих описано участь у формуванні мережових корелятивів відомих атрибутів релігійності людини. Автори виокремлюють відомі функціональні комплекси і мережі: **комплекс скроневої частки**<sup>11</sup> — кора верхньої скроневої борозни, кора присередньої поверхні скроневої частки і веретенноподібна ділянка розпізнавання обличч<sup>12</sup>; **комплекс мультисенсорної інтеграції**<sup>13</sup> — ділянка TPJ, кора верхньої і нижньої частини тім'яної часточки; **мережа виконавчого контролю**<sup>14</sup> — РСС, кора прекліна, кора нижньої частини тім'яної частки, кора бічної поверхні скроневої частки; **мережа розуміння іншого**<sup>15</sup> — MPFC, кора верхньої скроневої борозни, кора TPJ; **мережа моніторингу помилки**<sup>16</sup> — АСС, MPFC, елементи дофамінергічної системи мозку.

<sup>1</sup> І формулюванні ступеня впевненості у своїй оцінці. Дослівний опис дизайну цієї частини експерименту: "While in the scanner, subjects were presented with a series of 56 statements. Each trial lasted 12 seconds and began with the presentation of the statement "I believe" with a propositional statement below, which was presented for 1 second, and followed by presenting the available options: "Definitely", "Possibly", "Possibly Not", and "Not at all." The subject was able to select one of these options once these options were presented on the screen until the end of the trial (12 seconds) by pressing one of four buttons. Once a selection had been made the statements and options were removed and a fixation cross was presented for the remainder of the trial. The list of statements presented was developed for this study [see Appendix]. Statements were divided into two categories: testable statements, which consist of propositions which are either true or false and which can be evaluated by examining existing evidence (e.g. "Hamsters are more common as pets than Turtles"). However, these statements were selected to be relatively idiosyncratic so as to minimize memory and episodic knowledge influences. A second group of statement was denoted as non-testable (e.g. "Giving love to others is the most important thing in my life"). These statements were selected based on ethical, religious, or aphoristic sentiments, which have been used as propositions to guide an individual's behavior. Each subject was presented with the list of statements in the same order. The list of statements used in this task is included in the appendix." (J. R. Howlett, M. P. Paulus, 2015).

<sup>2</sup> Як правило, твердження із звичайної науково-практичної пізнавальної сфери.

<sup>3</sup> І формулюванні ступеня впевненості у своїй оцінці.

<sup>4</sup> Як правило, твердження аксіологічного, етичного, релігійного чи афористичного характеру.

<sup>5</sup> З урахуванням поправки Бонфероні чи без неї — для тих чи інших показників.

<sup>6</sup> "Better white-matter integrity".

<sup>7</sup> Fasc. longitudinalis superior.

<sup>8</sup> Forceps minor.

<sup>9</sup> Capsula externa.

<sup>10</sup> Fasc. occipitofrontalis inferior.

<sup>11</sup> Характерні функції, котрі можуть долучатися до формування феноменів релігійної сфери (мовою оригіналу): "memory retrieval, emotional coloring of experience, biological motion perception, face perception, visions, hallucinations, déjà-vu experiences."

<sup>12</sup> "Fusiform face area"; g. fusiformis, нижня скронева кора, поле BA 37; [https://en.wikipedia.org/wiki/Fusiform\\_face\\_area](https://en.wikipedia.org/wiki/Fusiform_face_area).

<sup>13</sup> Характерні функції, котрі можуть долучатися до формування феноменів релігійної сфери: "bodily self-consciousness; multisensory integration; mystical experiences; self-transcendence; out-of body experiences; feeling of a presence."

<sup>14</sup> Характерні функції, котрі можуть долучатися до формування феноменів релігійної сфери: "self-referential processing; mind-wandering; mystical experiences; ego-dissolution; reflective religious beliefs."

<sup>15</sup> Характерні функції, котрі можуть долучатися до формування феноменів релігійної сфери: "theory-of-mind network; social cognition; communication; intentionality perception; prayer; belief in personal God; over-attribution of agency."

<sup>16</sup> Характерні функції, котрі можуть долучатися до формування феноменів релігійної сфери: "error-monitoring mechanisms; prediction error-monitoring; belief-maintenance and updating; openness to religious authority and rituals."

На сьогодні накопичено доволі об'ємний матеріал стосовно зв'язків між релігійністю/спіритуальністю і показниками психічного й соматичного здоров'я<sup>2</sup>.

Приміром, метааналітичні огляди демонструють позитивні реляції між релігійністю/спіритуальністю людини і перебігом фізичної й психічної патології<sup>3</sup>, якістю життя<sup>4</sup>, оптимальністю харчової поведінки, здоровим способом біологічного життя загалом<sup>5</sup>. З'ясовано, що рівень доктринальної релігійності і/або спіритуальності людини позитивно корелює з рівнем якості життя у пацієнтів з серцево-судинною патологією<sup>6</sup>, з кращим перебігом хронічного обструктивного захворювання легень<sup>7</sup>, онкологічної патології<sup>8</sup>, захворювань нирок, СНІДу<sup>9</sup>, імунної та ендокринної патології<sup>10</sup>.

Чи не найцікавішими є дані щодо оберненої кореляції між соціальним фактором релігійності/спіритуальності і рівнем загальної чи пов'язаної з певними класами нозологічних форм смертності у популяціях (оглянуто R. L. Page та співавт., 2018), а також значущої асоціації між практикою регулярного відвідування богослужінь у молодому віці<sup>11</sup> і/або наявністю регулярної особистої духовної практики й рядом позитивних психологічних, фізичних чи соціальних атрибутів<sup>12</sup>, меншою ймовірністю венеричних захворювань в анамнезі, а також, ймовірно, меншою частотою виявлення аномалій епітелію шийки матки<sup>13</sup> (Y. Chen, T. J. Vander Weele, 2018). До можливих причин таких кореляцій відносять соціальні реляції релігійності<sup>14</sup>, позитивний міжіндивідуальний психологічний вплив, формування "здорового способу життя" (Ibid.).

У цьому ключі — практично виявна релігійність<sup>15</sup> може бути чинником, котрий зменшує ризик маніфестації депресивного розладу у віковій групі старше 50-ти років; автори схильні тлумачити цей факт щонайменше у ключі позитивного соціалізуючого впливу такої поведінкової особливості (J. Orr та співавт., 2019). L. Lorenz та співавтори (2019) свідчать, що відвідування богослужінь має позитивний вплив і обмежує тригеровану стресом маніфестацію депресивного розладу на стадії ініціації патологічного процесу; внутрішня релігійність людини<sup>16</sup> впливає на перебіг депресивного розладу на триваліших часових відтинках<sup>17</sup>. Соціальна підтримка, зазвичай пов'язана з інтеграцією у релігійні громади, мала значимий ефект лише на початкових етапах стрес-провокованого депресивного розладу (Ibid.).

Цікаво, що у осіб з підвищеним спадковим ризиком розвитку депресивного розладу переконання у життєвій важливості фактора релігійності/спіритуальності<sup>18</sup> асоціюється із двобічним збільшенням товщини ділянок тім'яної і потиличної кори, передусім клина і прекина (оглянуто X. Li та співавт., 2019)<sup>19</sup>. У осіб

<sup>1</sup> Гра слів.

<sup>2</sup> Див., приміром, метааналітичні дослідження: P. Mueller та співавт., 2001; H. G. Koenig, 2012.

<sup>3</sup> Оглянуто у: H. G. Koenig, 2012; J. P. B. Goncalves та співавт., 2015; L. Hilton та співавт., 2017.

<sup>4</sup> "Quality of life".

<sup>5</sup> Оглянуто у: H. G. Koenig, 2012; J. P. B. Goncalves та співавт., 2015, 2017.

<sup>6</sup> H. G. Koenig, 2012; H. O. Abu та співавт., 2019.

<sup>7</sup> I. Gergianaki та співавт., 2019.

<sup>8</sup> Оглянуто H. G. Koenig, 2012. Приміром, спіритуальність може впливати на нейроендокринну продукцію кортизолу у пацієнток з раком молочної залози (J. M. Hulett та співавт., 2017), що розглядають як одну з умов холистичного напрямку у медицині (R. L. Page та співавт., 2018).

<sup>9</sup> Оглянуто I. Gergianaki та співавт., 2019, з посиланням на: G. G. Aho, E. B. Vasconcelles, 2005; M. Saffari та співавт., 2013; P. M. Kane та співавт., 2013; H. Kremer та співавт., 2015; R. L. Page та співавт., 2018.

<sup>10</sup> Оглянуто H. G. Koenig, 2012.

<sup>11</sup> Хоча б раз на тиждень.

<sup>12</sup> Йдеться про вищий рівень задоволеності життям, наявність соціально позитивних рис характеру (участь у волонтерстві, вміння пробачати іншому тощо), меншу ймовірність маніфестації посттравматичного стресового чи депресивного розладу, меншу ймовірність вживання марихуани, інших наркотичних засобів, меншу ймовірність паління, меншу ймовірність ранньої ініціації статевого життя, меншу кількість статевих партнерів протягом життя.

<sup>13</sup> Тест Папаніколау — *Papanicolaou test*.

<sup>14</sup> У тому числі догляд за хворими, психологічна реабілітація і реадaptaція пацієнтів, соціалізація осіб з розладами психічної сфери.

<sup>15</sup> Йдеться про регулярне відвідування богослужінь.

<sup>16</sup> Система її релігійних переконань; "personal belief system".

<sup>17</sup> "... intrinsic religiousness ( $\beta = -0.15, p = 0.033$ ) interacted significantly with life events in the longitudinal analysis."

<sup>18</sup> Автори не розкривають смислу обох понять; найімовірніше, йдеться про неодноразово згадану нами доктринальну і спіритуальну складову релігійної сфери людини.

<sup>19</sup> За даними С. Svob та співавторів (2016; джерело первинного звернення до цієї праці — X. Li та співавт., 2019), у осіб з підвищеним спадковим ризиком депресивного розладу відзначають збільшену зв'язність поміж елементами мережі оперантного спокою, зменшену зв'язність між нею і мережею виконавчого контролю, однак у осіб цієї категорії, котрі демонструють більшу переконаність у значимості релігійного/духовного фактора у власному житті, зв'язність між елементами мережі оперантного спокою виявилась меншою.

із підвищеним спадковим ризиком розвитку депресивного розладу й низькою вірою у виняткову роль релігійного/духовного фактора<sup>1</sup> виявляли суттєве зменшення індексу анізотропії<sup>2</sup> білої речовини, прилеглої до преклина, верхньої тім'яної часточки, верхньої і середньої лобових звивин, острівця, SMA і постцентральної звивини (*Ibid.*). У осіб з аналогічною схильністю до депресивного розладу, однак з високим рівнем переконання у значимості фактора релігійності/духовності у їхньому житті спостерігали зменшення індексу анізотропії білої речовини навколо лівої верхньої і середньої лобових звивин, лівої верхньої тім'яної часточки і SMA праворуч (*Ibid.*). Зміни у зазначених ділянках можуть бути основою більшої стійкості до депресивного розладу осіб зі спадковою схильністю до нього й вищим рівнем релігійності.

Крім того, зазначимо, що істотні показники духовного благополуччя<sup>3</sup> у осіб<sup>4</sup>, котрі перенесли ХСМТ<sup>5</sup>, та у їхніх доглядачів корелюють з вищими показниками психологічної стійкості<sup>6</sup>, котрі, у свою чергу, демонстрували статистичний зв'язок з позитивним емоційним статусом<sup>7</sup>, нижчою депресивністю<sup>8</sup> і вищою задоволеністю життям<sup>9</sup> (К. F. Jones та співавт., 2019). Висока спіритуальність/релігійність<sup>10</sup>, найімовірніше, корелює з кращим відновленням фізичного і психологічного стану осіб, що перенесли ЧМТ<sup>11</sup> (К. F. Jones та співавт., 2018).

У той же час, конфронтація з власними релігійними переконаннями, як і вольове пригнічення сумнівів у вірі, є фактором, котрий може погіршувати психологічний і фізичний стан особи (*оглянуто у: P. Mueller та співавт., 2001; R. L. Page та співавт., 2018*); долучення до релігійності може мати негативні наслідки також і у зв'язку з потенційною соціальною інконгруентністю<sup>12</sup> (*Ibid.*); у літніх людей психологічний неспокій, пов'язаний з осмисленням власного стану з релігійної перспективи<sup>13</sup>, може збільшувати показники смертності (*Ibid.*). Ймовірність набуття також і негативного соціального досвіду у межах релігійних громад є ще одним фактором, котрий може спотворювати чи нівелювати позитивні ефекти фактора релігійності (*Ibid.*), що потребує окремого ґрунтовного дослідження (H. G. Koenig, 2009).

Окремої уваги заслуговують дані щодо впливу медитативних практик на соматичне і вісцеральне здоров'я<sup>14</sup>, психологічний стан<sup>15</sup>, когнітивні й навчальні здібності<sup>16</sup> і старіння<sup>17</sup>. Найцікавішим у цій площині є дослідження механізмів позитивного впливу. Метааналіз робіт щодо використання медитативних практик на тлі хронічного більшого синдрому<sup>18</sup> виявив типове для такої ситуації<sup>19</sup> збільшення активності DLPFC і VLPFC, орбітофронтальної і соматосенсорної кори, елементів лімбічної системи, що найбільш достовірно корелювало зі зменшенням емоційних атрибутів болю (S. S. Nascimento та співавт., 2018)<sup>20</sup>. На тлі двотижневого

<sup>1</sup> Більшість таких учасників дослідження — номінальні християни, лише 6 % — особи з "персональним" варіантом духовності.

<sup>2</sup> "Ellipsoidal area ratio (EAR, an alternative diffusion anisotropy index comparable to fractional anisotropy)."

<sup>3</sup> Оціненого за розширеною шкалою духовного благополуччя — "spiritual well-being scale — expanded".

<sup>4</sup> "... inclusion criteria: 1) adults (aged 18 years and above), 2) individuals with traumatic or non-traumatic spinal cord injuries and 3) able to speak English fluently."; 50 пар осіб (травмований і доглядач); 58 % вказували релігійну приналежність. Інші демографічні показники генеральної сукупності детально наведено у першджерелі (К. F. Jones та співавт., 2019).

<sup>5</sup> Йдеться про 9 міс. після отриманої травми.

<sup>6</sup> "Resilience".

<sup>7</sup> Оціненими шкалою "positive and negative affect scale".

<sup>8</sup> Оцінено шкалою "depression anxiety and stress scale-21".

<sup>9</sup> Оцінено шкалою "satisfaction with life scale".

<sup>10</sup> "Search terms "spirituality", "religion", "beliefs", "faith", "hope", "meaning", "purpose in life", "sense of coherence" and "posttraumatic growth" were combined with search terms related to TBI. Findings were restricted to empirical studies published in English, in peer-reviewed journals and conducted over a 20-year period between 1997 and 2016." (К. F. Jones та співавт., 2018).

<sup>11</sup> "Findings revealed that spirituality was closely related to a number of positive outcomes following TBI including psychological coping, physical health, mental health, productivity, life satisfaction, functional independence and posttraumatic growth." (К. F. Jones та співавт., 2018).

<sup>12</sup> Щонайменше, насилля з боку подружнього партнера, загострення проблем між дітьми і батьками тощо.

<sup>13</sup> Щонайменше, визнання полишеності Богом, сумніви у любові Божій, ув'язування погіршення здоров'я з містичними факторами тощо.

<sup>14</sup> К. A. Rogers, M. MacDonald, 2015; J. M. Hullett та співавт., 2016; L. J. Moraes та співавт., 2017.

<sup>15</sup> Функція фізичної і психологічної релаксації — "physical and mental relaxation" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Relaxation\\_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Relaxation_(psychology))); К. К. Деєрак, 2019; A. Berkovich-Ohana та співавт., 2019; R. Ramirez-Barrantes та співавт., 2019.

<sup>16</sup> К. К. Деєрак, 2019; A. Berkovich-Ohana та співавт., 2019.

<sup>17</sup> R. Ramirez-Barrantes та співавт., 2019.

<sup>18</sup> У контексті когнітивної поведінкової терапії, а також "mindfulness meditation" і "transcendental meditation technique"; пацієнтів з хронічним більшовим синдромом (етіологія не вказана) — 139, загальна референтна сукупність — 148 умовно здорових осіб.

<sup>19</sup> Відтворення аналогічних технік у здорових осіб супроводжується збільшенням активності ACC і передньої кори острівця на тлі зменшення активності у ділянці таламуса (S. S. Nascimento та співавт., 2018).

<sup>20</sup> Див. також: L. Hilton та співавт., 2017.

курсу медитації усвідомленості<sup>1</sup> у пацієнтів після перенесеного церебрального інсульту<sup>2</sup> спостерігали істотне зменшення проявів спастичності<sup>3</sup> на рівні ліктьового і променево-зап'ясткового суглобів (*M. Wathugala та співавт., 2019*), що цікаво, з огляду на залучення<sup>4</sup> первинної і вторинної рухової кори до мережевих корелятив деяких медитативних станів і їхніх МРТ-метричних корелятив (*К. С. R. Fox та співавт., 2014, 2016*).

Механізми такого роду впливів потребують подальших ґрунтовних досліджень<sup>5</sup>. Чи не найперспективнішим, на наш погляд, є підхід, що ґрунтується на уявленнях про систему вегетативної регуляції і функцію блукаючого нерва у частині його впливів на периферичне запалення й стан імунної системи<sup>6</sup>. Беручи до уваги дані щодо впливу медитативних практик на деякі показники імунного статусу людини<sup>7</sup> і повідомлення про транскрипційні кореляти негативних соціальних факторів<sup>8</sup>, D. S. Black та співавтори (2019) пов'язують позитивні впливи медитації з пом'якшенням соціального стресу<sup>9</sup>.

Окремою цікавою темою є феноменологія так званих "заступницьких молитов"<sup>10</sup>, причому не лише у християнському, а й у мусульманському вимірі<sup>11</sup> (*D. Ratnasingam та співавт., 2015*<sup>12</sup>). Незважаючи на загалом низький або й нульовий ефект такого роду практик стосовно фізичної патології<sup>13</sup>, сучасні метааналітичні дослідження свідчать про позитивні їхні кореляти у психологічному вимірі, причому у випадку, коли пацієнт у той чи інший спосіб повідомлений про їхнє здійснення<sup>14</sup> (*К. Jors та співавт., 2015*). Оглядаючи наявні праці з цієї теми, P. R. D. C. de Aguiar та співавтори (2017) розмірковують над удосконаленням методології епідеміологічних досліджень явища, описують дві гіпотези дистантного впливу такої спіритуальної практики — традиційної і моделі так званої "нелокальності"<sup>15</sup>, котра гранично наближається до проблематики<sup>16</sup>, зазвичай окреслюваної на наших теренах терміном "паранормальності". Тим не менш, побажання P. R. D. C. de Aguiar та співавторів (2017) стосовно верифікації досліджуваного феномену в умовах експерименту із залученням тварин — у контексті типових монотеїстичних релігій звучить недоречно<sup>17</sup>.

<sup>1</sup> "Mindfulness meditation"; "... 2 weeks of short mindfulness meditation recordings, adapted from Jon Kabat-Zinn's Mindfulness-Based Stress Reduction course."

<sup>2</sup> Ймовірно, ішемічний інсульт у басейні середньої мозкової артерії; n = 10, чоловіки — 9, жінки — 1; середній вік — 59.8 р., вікова медіана — 58.5 р., вікові межі — 45–76 р.; середня тривалість періоду після перенесеного інсульту — 7.3 р., медіана — 7, межі варіації — 4–13 р.

<sup>3</sup> На ~0.5 бала за модифікованою шкалою Ashworth.

<sup>4</sup> Ймовірно у вигляді активації.

<sup>5</sup> Див., наприклад, O. Climecki та співавт., 2019.

<sup>6</sup> R. J. S. Gerritsen, G. P. H. Band, 2018; див. с. 29–31 цього тому.

<sup>7</sup> Оглянуто D. S. Black, G. M. Slavich, 2016.

<sup>8</sup> Не лише генів ранньої активації, тобто маркерів активності нейронів, а й інших локусів геному клітин мозку чи інших ділянок організму.

<sup>9</sup> І нівелювання його транскрипційних корелятив. Автори, на жаль, на відміну від R. J. S. Gerritsen і G. P. H. Band (2018), обходять увагою значну кількість даних стосовно ролі системи блукаючого нерва у реалізації убіквітарних нейроімунних процесів. Від себе додамо, що, оскільки всі вищі психічні процеси впливають на медіаторні системи мозку (очевидний факт), стан і динаміку ~LCS~ (теж очевидно), а також на нейроімунні процеси (впливає із даних, узагальнених D. S. Black і G. M. Slavich, 2016), ймовірно є їхній вплив на перебіг будь-якої хронічної неврологічної патології, у тому числі хронічного больового синдрому, синдрому спастичності й синдрому вегетативної дисфункції навіть на тлі денервації каудальної частини спинного мозку після перенесеної ХСМТ.

<sup>10</sup> "Проксимальні заступницькі молитви" — "proximal intercessory prayer", рос. — ходатайственные молитвы ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерцессия\\_\(литургия\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерцессия_(литургия))); йдеться про молитви про одужання пацієнта, здійснені за безпосереднього мануального фізичного контакту між хворим і прохаючим (тримання за руку, обіймання; C. Romez та співавт., 2016).

<sup>11</sup> E. M. Hosrik та співавт., 2014.

<sup>12</sup> "The family was informed that the patient had only a 20 percent chance of survival and, if he survived, he would most likely be in a persistent state of unconsciousness. Chances for full recovery were held to be non-existent. On March 19th, the feast of St. Joseph, a friend of the family who worked at Don Guanella School brought two relics of Don Guanella to the family, one of which the mother kept and the other was pinned to the patient's hospital ID bracelet. The friend, the family and the residents, priests, and staff at Don Guanella Village/Cardinal Krol Center prayed for Don Guanella's intercession for the recovery of the patient." Див. також: C. G. Brown та співавт., 2010; J. R. Peteet, 2010; C. A. Roe та співавт., 2015.

<sup>13</sup> L. Leibovici, 2001; K. Masters та співавт., 2006; D. R. Hodge, 2007 — наведено згідно з [https://en.wikipedia.org/wiki/Studies\\_on\\_intercessory\\_prayer](https://en.wikipedia.org/wiki/Studies_on_intercessory_prayer); див. також: L. Roberts та співавт., 2007, 2009; M. I. da Rosa та співавт., 2013; E. M. Hosrik та співавт., 2014; A. R. Struve та співавт., 2016.

<sup>14</sup> Цікаво, але навіть у цьому випадку можливі негативні кореляції: інформування пацієнтів про здійснення заступницьких молитов за їхнє здоров'я у випадку виконання їм операції артеріокоронарного шунтування корелювало зі збільшенням ризику післяопераційних ускладнень (*H. Venson та співавт., 2006*).

<sup>15</sup> У квантовомеханічному розумінні терміна "нелокальність" — з посиланням на: P. E. Tressoldi, 2011; йдеться про "нелокальну свідомість", "нелокальне сприйняття" і "дистантну інтенційність" ("The term "distant intentionality" brings together various forms of spiritual treatments, such as prayers, energy healing, distant healing, and distant mental healing, among others—all adjusted to the concept of non-local influence, i.e., without known sensory connections between donor and receiver" — P. R. D. C. de Aguiar та співавт., 2017, з посиланням на: J. Achterberg та співавт., 2005).

<sup>16</sup> P. R. D. C. de Aguiar та співавт., 2017; див. також: S. A. Schwartz, L. Dossey, 2010.

<sup>17</sup> У всякому випадку, у межах монотеїстичного світогляду прагнення "примусити" особистісний Абсолют брати участь в експериментах, спрямованих на його верифікацію чи виявлення його дій — майже оксюморон (у цьому контексті — див. P. Fosarelli, 2011). Особистість,

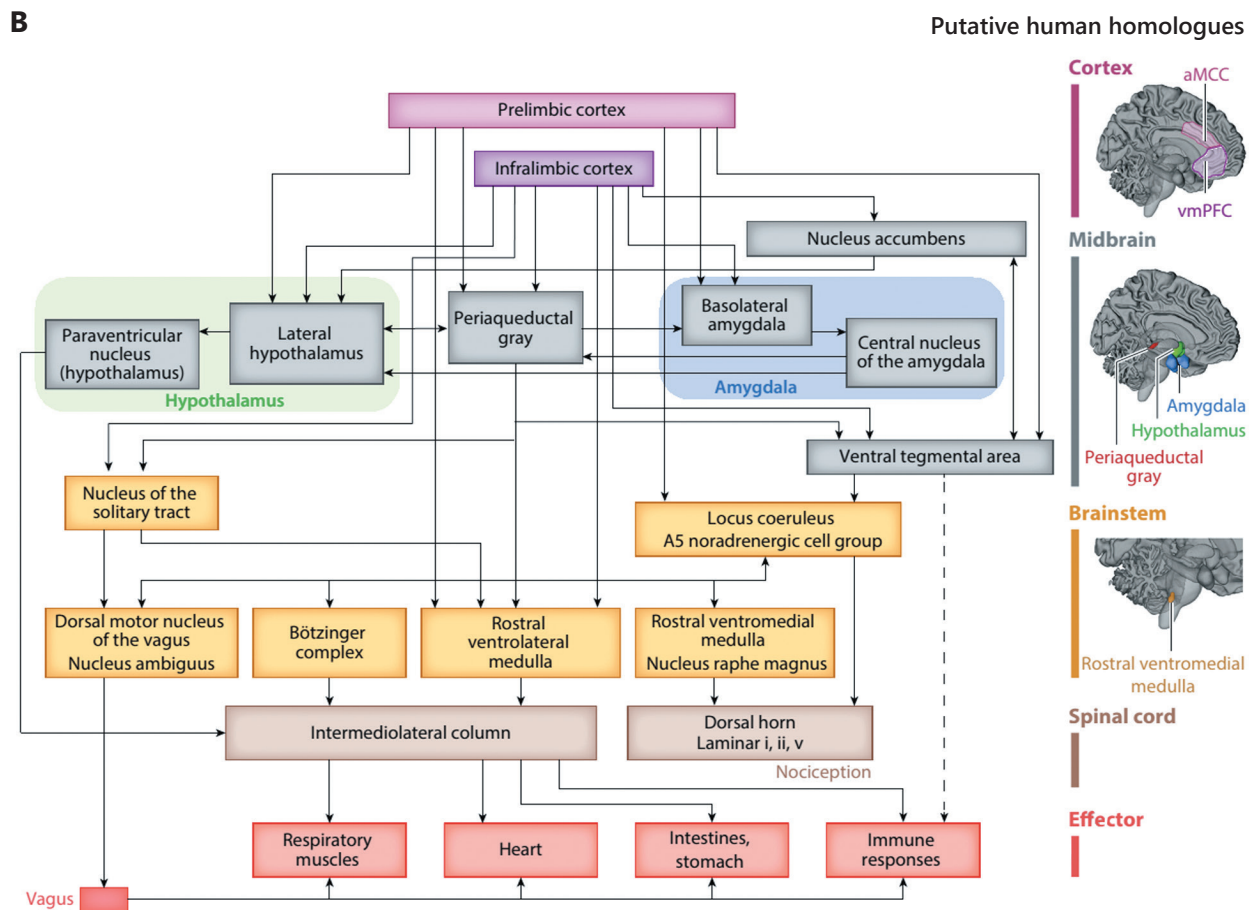
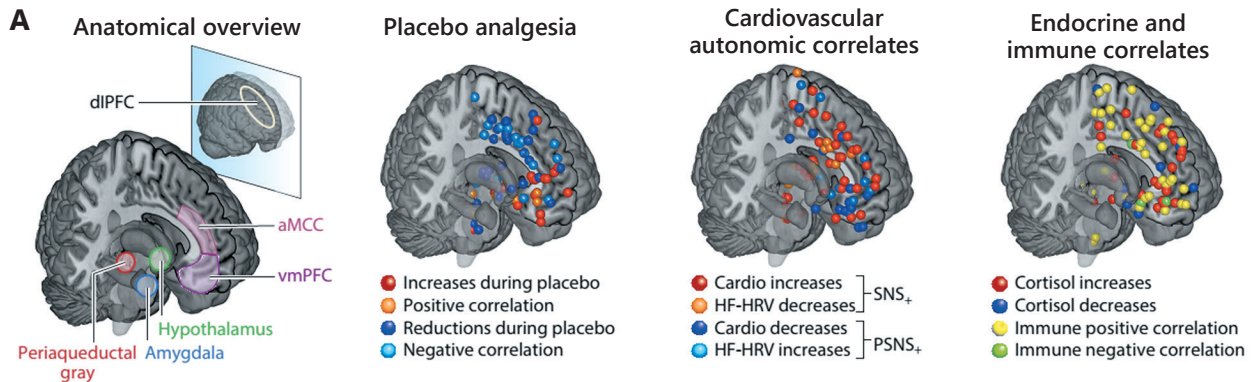


Рис. 71. Нейроанатомія ефекту плацебо за S. Geuter та співавторами (2017). Умовні позначення: aMCC — anterior midcingulate cortex; HF-HRV — high-frequency heart-rate variability; PSNS — parasympathetic nervous system; SNS — sympathetic nervous system; vmPFC — ventromedial prefrontal cortex

ефект вподобайки, або плацебо<sup>1</sup>

Розглядувана тематика близька до наукового осмислення відомих ефектів навіювання — ефекту плацебо<sup>2</sup> й ефекту ноцебо<sup>3</sup>, котрі дехто розглядає як певну паралель чи навіть як протоформу релігійності<sup>4</sup>. Попри гуртування обох явищ (*як і багатьох інших*) навколо феномену (до)віри й очікування<sup>5</sup>, а також навколо релістичного механізму їхніх терапевтичних ефектів, такі паралелі надто відверті й ризиковані. Не вдаючись у психологічну, соціоісторичну й інші аргументації суттєвої дистанції між феноменом релігійності і ефектами навіювання, зупинимось на мозкових мережевих корелятах плацебо, щоб унаочнити його суттєву окремішність.

Мабуть, ми не помилились, якщо скажемо, що в основі ефекту плацебо вбачають механізми гнучкого концептуального пізнання<sup>6</sup> і прекогнітивного асоціативного навчання<sup>7</sup> (*оглянуто S. Geuter та співавт., 2017*). Ймовірно, мережеві кореляти обох входять до складу мозкових корелятів плацебо. Для плацебо-обумовленої анестезії характерна активація DLPFC, VMPFC, латеральної орбітофронтальної кори, передньої частини острівця, вентрального стріатума, ЦСР і, нарешті, нейронів ростровентральної частини довгастого мозку<sup>8</sup> (*Ibid.*). Припускають, що вклад системи концептуального пізнання у формування ефекту плацебо реалізується через VMPFC (*центральна ланка*), VMPFC, латеральну орбітофронтальну кору, кору прекліна і кору TPJ (*Ibid.*). Анальгетичний ефект плацебо реалізується на тлі впливу VMPFC, DLPFC і передньої частини острівця на вищі відділи ноцицептивної системи — передню частину МСС і VMPFC, котрі віддають проєкції у ЦСР<sup>9</sup>; нейрони ЦСР, у свою чергу, впливають на мережі RVM (*Ibid.*). Нейрони RVM реалізують антиноцицептивний вплив через відомі низхідні шляхи (*Ibid.*). Інший можливий механізм ефекту плацебо — опосередкований нейроендокринними взаємодіями імуносупресивний вплив (*Ibid.*). Важливе значення у формуванні плацебо-обумовленої мережевої активності у VMPFC, латеральній орбітофронтальній корі, мигдалеподібному комплексі, вентральному стріатумі і ЦСР має система опіоїдної сигналізації (*Ibid.*).

Вважають, що VMPFC відіграє важливу роль в обробці концептуальної інформації, у формуванні репрезентації зв'язків між концептами у внутрішньому світі суб'єкта й у пригадуванні<sup>10</sup> семантичної інформації на основі таких зв'язків (*Ibid.*). Інші функції VMPFC — відстежування траєкторії поточних станів, репрезентація просторовості й просторової навігації, причому не лише у випадку реальної навігації, а й кінетики концептуальних об'єктів — мислеформ, або семантичних вербалізованих елементів свідомості. VMPFC також бере участь у різноманітних проявах аутореференції, в аутореферентному пізнанні, фокусуванні сприйняття і репрезентації зовнішніх подій<sup>11</sup>, у моніторингу зовнішнього вербального контенту на предмет відношення до сприймаючого (*Ibid.*). Ця функція VMPFC, ймовірно, реалізується у комплексі із системою інтероцепції (*див. с. 19 і 20 цього тому*).

---

тим більше, Та, Котра володіє більшими можливостями, ніж ми, і має резон тримати стосовно нас дистанцію, вповні може “не захотіти” бути “доступною” для “експериментального” осягнення. Тим більше, що у рамках християнського світогляду у цієї Особистості такий досвід уже був і результат добре відомий: “... хоч би хто і з мертвих воскрес, не повірять...” (*див.: Лк. 16:19–31*). І тому з'ясування дівості молитви у вилікуванні бородавок (*Е. М. Hosrik та співавт., 2014*) — формене знуцання над релігійним світоглядом не лише мусульман, а й юдеїв та християн. Отже, досвід зцілення Богом слід розглядати як міжособистісний і тому — неповторний, казуїстичний: стосовно такого досвіду онтологічна сторона є другорядною порівняно з особистісно-аксіологічною. Аналогічно, важливим є духовний стан і мотиви третьої сторони — того, хто просить одужання для хворого (*цей аргумент оглянуто також у P. Fosarelli, 2011, с. 132–133*). Раціональний же світогляд, залишаючись у межах принципу католицького монаха-францисканця Вільяма Оккама ([https://en.wikipedia.org/wiki/Occam%27s\\_razor](https://en.wikipedia.org/wiki/Occam%27s_razor)), не потребує залучення додаткових складових у власну схему світобудови. Однак, зауважте, він принципово нефінітний: ми, маючи обмежені уявлення про світобуття, не маємо підстав відкидати можливість уведення “*особистісного Абсолютного начала*” в якості пояснення отримуваних фактів у майбутньому (*щойно сказане — типовий виклад агностичної позиції*).

<sup>1</sup> <https://en.wiktionary.org/wiki/placebo#Latin>; <https://en.wiktionary.org/wiki/placeo#Latin>; <https://ru.wiktionary.org/wiki/placeo>.

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Placebo#Placebo\\_effect\\_and\\_the\\_brain](https://en.wikipedia.org/wiki/Placebo#Placebo_effect_and_the_brain).

<sup>3</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Nocebo>.

<sup>4</sup> P. Lindenfors (2019); <https://www.newscientist.com/letter/mg18925401-300-is-religion-a-placebo/> та інші.

<sup>5</sup> “Beliefs and expectations”.

<sup>6</sup> Формування очікувань на основі усвідомлення семантичної/концептуальної інформації (*T. Wei та співавт., 2012*) про алгоритм лікування, його принципи, механізми і позитивні наслідки.

<sup>7</sup> У тому числі механізми, схожі до формування умовних рефлексів у відповідь на власні чи спостережені наслідки прийому чимось схожих лікарських препаратів (<https://en.wikipedia.org/wiki/Placebo#Psychology>; *S. Geuter та співавт., 2017*).

<sup>8</sup> “Rostrovventral medulla”, RVM.

<sup>9</sup> VMPFC може впливати на ЦСР і через мигдалеподібний комплекс та гіпоталамус.

<sup>10</sup> Відшуковуванні, “retrieval”.

<sup>11</sup> Сприйняття і відображення світу з точки зору спостерігача.

Нейрофізіологічні кореляти вегетативних складових ефекту плацебо, ймовірно, мають аналогічне кіркове походження, чим пояснюють важливе значення у формуванні вегетативних реакцій фіксованих у вищій психічній сфері рефлексій на ті чи інші впливи (*Ibid.*). VMPFC і рухові ділянки кори через нейрони гіпоталамуса<sup>1</sup>, ЦСР<sup>2</sup> і RVLM<sup>3</sup> проєктуються на ефекторні вегетативні нейрони довгастого мозку (*Ibid.*). У реалізації вегетативних ефектів плацебо бере участь і мигдалеподібний комплекс (*Ibid.*). Вважають, що вісь симпатичних низхідних впливів ініціюється передньою частиною МСС<sup>4</sup>, парасимпатичних — у ділянці VMPFC (*Ibid.*), хоча, найімовірніше, обидва кіркові центри беруть участь у реалізації обох типів вегетативних реакцій.

Іншими стовбуровими елементами вегетативної системи, через які ретранслюються ефекти плацебо, ймовірно, є VTA, норадренергічна група А5 і довгастомозкові ядра шва, котрі проєктуються на елементи ефекторної ланки — ядра блукаючого нерва і нейрони бічних рогів спинного мозку (*Ibid.*).

Імунні кореляти ефекту плацебо<sup>5</sup> формуються на рівні гіпоталамічно-гіпофізарно-адrenalової осі, симпатичної довгастомозкової адrenalової осі<sup>6</sup> і прямими впливами вегетативних нервів на імуніцити<sup>7</sup> (*Ibid.*).

З наведеного матеріалу ясно, що VMPFC-залежна аутореференція є засадничою передумовою ефекту плацебо, котрий з цієї точки зору мислиться як результат автоматичного фокусування мережевих інструментів психічних рефлексій навколо ефекторних ланок антиноцицептивної й вегетативної систем. Однак релігійний і спіритуальний досвід найчастіше має протилежне забарвлення<sup>8</sup>: аутотрансценденцію, сприйняття іншого, тобто зменшення самоцентрованості, "авторитаризованості" психіки. Безперечно, мозкові механізми антиноцицептивного ефекту плацебо і деяких медитативних практик<sup>9</sup> схожі, однак накопичених даних достатньо, щоб стверджувати про істотну нейромережеву різницю між явищами доктринальної релігійності<sup>10</sup> й ефектом плацебо.

## нормальне паранормальне

Нехай це не видасться читачеві маячною, але станом на даний час існує ряд публікацій у рецензованих журналах, котрі висвітлюють результати досліджень типових парапсихологічних явищ, наприклад, прекогніції<sup>11</sup> і психокінезу<sup>12</sup>, відомих поряд з телепатією, "ясновидінням"<sup>13</sup> або "прозорливістю"<sup>14</sup> під збірним терміном "феномену  $\Psi$ "<sup>15</sup>. Прекогніцію вивчають, приміром, як здатність достовірно результативніше, ніж випадково, шляхом вегетативної реакції "передвідобразити"<sup>16</sup> збуджуючий<sup>17</sup> стимул в інтервалі 0,5–10 с перед його появою<sup>18</sup>. Телепатію прагнуть верифікувати шляхом виявлення ЕЕГ-корелятивів зв'язності між особами,

<sup>1</sup> Йдеться про паравентрикулярну і латеральну частину гіпоталамуса.

<sup>2</sup> Передусім, вентролатеральна частина ЦСР (*S. Geuter та співавт., 2017*).

<sup>3</sup> *Rostral ventrolateral medulla*.

<sup>4</sup> І ретранслюється, щонайменше, через ЦСР.

<sup>5</sup> Ряд досліджень вказує на можливість отримання імунних ефектів у відповідь на реалізацію концептуальних уявлень суб'єкта, що може бути асоційовано з функцією VMPFC (*оглянуто S. Geuter та співавт., 2017*).

<sup>6</sup> Ініціюється VMPFC і руховими ділянками кори; *S. Geuter та співавт., 2017*, з посиланням на: *R. P. Dum та співавт., 2016*.

<sup>7</sup> За участю закінчень блукаючого й симпатичних нервів у лімфоїдних органах; наявності у лімфатичних клітин рецепторів до різноманітних модуляторів нейронного походження (*див. с. 31 тому III і виноску 10 на цій сторінці*).

<sup>8</sup> Підкріплене залученням ряду інших асоціативних ділянок кори головного мозку.

<sup>9</sup> Антиноцицептивний ефект когнітивної чи медитативної терапії у пацієнтів з хронічним болем корелює з підвищеною активацією DLPFC, VLPFC, орбітофронтальної кори, соматосенсорної кори і лімбічної системи; у здорових осіб аналогічні впливи спричиняли збільшення активації ACC і передньої частини кори острівця, зменшення активації таламуса (*S. S. Nascimento та співавт., 2018*). Хоча антиноцицептивні ефекти одного з найпоширеніших видів медитації — медитації усвідомленості ("*mindfulness meditation*") — у цілому слабкі (*L. Hilton та співавт., 2017*).

<sup>10</sup> І навіть спіритуальності.

<sup>11</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/Прекогниция>; <https://en.wikipedia.org/wiki/Precognition> (10.09.2019 р.).

<sup>12</sup> Син.: телекінез; <https://en.wikipedia.org/wiki/Psychokinesis> (10.09.2019 р.).

<sup>13</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/Прекогниция> (10.09.2019 р.).

<sup>14</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Clairvoyance> (10.09.2019 р.).

<sup>15</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Parapsychology> (10.09.2019 р.).

<sup>16</sup> У вигляді патернів зміни електропровідності шкіри, ЧСС, зміни діаметра зіниці, ЕЕГ-активності, BOLD-сигналу тощо — *оглянуто J. Mossbridge та співавт., 2012*. Як можна бачити з наявного матеріалу (*див. виноску з переліком цитованих праць*), про "передбачуваність" чи "передчуття" не йдеться: кореляти, котрі вивчали у такого роду роботах, — несуб'єктивні, усвідомленість ("передбачення") чи емоційне передвідображення ("передчуття") суб'єктом майбутніх стимулів не досліджували.

<sup>17</sup> "Arousal".

<sup>18</sup> *L. Storm та співавт., 2010, 2013*; *J. Mossbridge та співавт., 2012, 2014*; *G.M. Duma та співавт., 2017*; *M. Duggan, P. Tressoldi, 2018*; *L. Storm, P. Tressoldi, 2021*. Таке передвідображення, однак, не стосується якості стимула, а торкається лише його появи — *P. E. Tressoldi та співавт., 2015 а*.



позбавленими будь-яких контрольованих фізичних засобів взаємодії<sup>1</sup>. Психокінез на даний час вивчають як здатність змінювати нормальний розподіл можливих станів типових систем з імовірнісною поведінкою — кубиків<sup>2</sup>, монети<sup>3</sup> чи випадкового генератора чисел<sup>4</sup>.

Ясна річ — ставлення до такого роду повідомлень критичне<sup>5</sup>. Попри традиційні позитивістські інтерпретації<sup>6</sup>, існують поки що лиш стилізовані під сучасну наукову лексику, хоча, можливо, й не позбавлені вірної інтуїції, версії. Йдеться про кардіотропну<sup>7</sup> і “квантовомеханічну” інтерпретацію прекогніції з відсиланням до популярної концепції квантової нелокальності<sup>8</sup>. Висуваються й екзотичніші гіпотези, приміром, припущення щодо забезпеченої квантовомеханічною симетрією часу (?) зворотної обумовленості, або ретрокаузації<sup>9</sup>.

У дискусійному ключі D. Bem та співавтори (2016) констатують, що сучасні нейропсихологи послуговуються у цілому анахронічними світоглядно-фізичними концептами; і якщо у середовищі фізиків-теоретиків відсутність несуперечливої теорії улаштування Всесвіту<sup>10</sup> спонукає до пошуку й формулювання нових сміливих ідей — висунення нестандартних, наприклад, квантовомеханічних інтерпретацій психічних феноменів викликає суттєве несприйняття у спільноті нейробіологів і психологів<sup>11</sup>.

<sup>1</sup> W. Giroldini та співавт., 2016; D. Radin, 2017. Цікаві спостереження й стосовно кореляції змін частоти серцевих скорочень та вірним передбаченням (Tressoldi PE, Martinelli M, Massaccesi S, Sartori L. *Heart rate differences between targets and non targets in intuition tasks. Fiziol Cheloveka. 2005;31(6):32–6*). Нещодавно опубліковано оглядову працю (E. Hosseini, 2021), у котрій подано наявні на даний час дані стосовно електромагнітного і магнітного польового механізму прямої взаємодії мозкових нейронних мереж різних осіб (“Brain-to-brain communication ... as one of the multiple kinds of telepathies, is the direct conveyance of feelings from one animal to another without using the common sensory channels of communication” — E. Hosseini, 2021), для чого в організмі людини ймовірно існують необхідні молекулярні засоби рецепції.

<sup>2</sup> кидання кубиків з нумерованими гранями.

<sup>3</sup> Підкидання монети.

<sup>4</sup> На даний час такі дистантні впливи означають терміном “мікропсихокінез” (M. A. Maier та співавт., 2018; H. Bösch та співавт., 2006; коментарі на статтю — <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16822162>); один з варіантів традиційного пояснення даних, котрі могли б підтверджувати реальність мікропсихокінезу, надають M. A. Maier та співавтори (2018), підхід авторів у цілому схвалює H. Grote (2018).

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Precognition#Lack\\_of\\_evidence](https://en.wikipedia.org/wiki/Precognition#Lack_of_evidence).

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Precognition#Alternative\\_explanations](https://en.wikipedia.org/wiki/Precognition#Alternative_explanations).

<sup>7</sup> Роль серця чи відповідного інтероцептивного входу на мозок у реалізації феномену інтуїції — R. McCraty та співавт., 2004.

<sup>8</sup> P. E. Tressoldi, 2011; D. Bem та співавт., 2016; див. також P. E. Tressoldi та співавт., 2015 b.

<sup>9</sup> “Retrocausation”. J. A. Mossbridge та співавтори (2014): “A potentially more viable way to understand PAA effects is that they might reflect an epiphenomenon associated with quantum processing in biological systems. Aharonov et al. (1964, 1988) suggested that one way to explain quantum effects is via interactions between future and past events. This idea has recently been supported by advances in quantum measurement, so-called “weak measurements,” which demonstrate that observations in the future do indeed affect observations in the past (Aharonov et al., 1964, 1988; Hosten and Kwiat, 2008; Dixon et al., 2009). Further support of a similar “retrocausal” phenomenon in physics is provided by experimental verification of delayed-choice entanglement (Ma et al., 2012). Finally, because quantum effects have been shown to manifest in biological systems at physiological temperatures, e.g., in photosynthetic reactions (e.g., Scholes, 2011; Dawlaty et al., 2012; Olaya-Castro et al., 2012), it is no longer inconceivable that retrocausal quantum effects can occur in the human nervous system. However, one problem with a quantum biological explanation for PAA is that retrocausal effects on the order of seconds would have to be explainable via quantum processes, and we know of no evidence so far that these effects can occur at that time scale. Nevertheless, exploration into biological quantum effects is in its infancy, and most biological models have yet to entertain the consequences of retrocausation. Thus, the idea that PAA may be related to quantum effects is speculative and currently difficult to test. However, the quantum biology hypothesis demonstrates the value of anomalous phenomena in driving science forward by motivating scientists to search for novel explanations based on emerging scientific concepts. For further discussion of the philosophical and quantum mechanical arguments for time symmetry and retrocausation the reader is referred to an article on backward causation in the Stanford Encyclopedia of Philosophy and to Bierman (2010).”

<sup>10</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\\_всього](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія_всього).

<sup>11</sup> D. Bem та співавтори (2016): “We would argue, however, that this is still not a legitimate rationale for rejecting proffered evidence a priori. Historically, the discovery and scientific exploration of most phenomena have preceded explanatory theories, often by decades (e.g., the analgesic effect of aspirin; the anti-depressant effect of electroconvulsive therapy) or even centuries (e.g., electricity and magnetism, explored in ancient Greece as early as 600 BC, remained without theoretical explanation until the Nineteenth Century). The incompatibility of psi with our current conceptual model of physical reality may say less about psi than about the conceptual model of physical reality that most non-physicists, including psychologists, still take for granted—but which physicists no longer do. As is widely known, the conceptual model of physical reality changed dramatically for physicists during the 20th Century, when quantum theory predicted and experiments confirmed the existence of several phenomena that are themselves incompatible with our everyday Newtonian conception of physical reality. Some psi researchers see sufficiently compelling parallels between certain quantum phenomena (e.g., quantum entanglement) and characteristics of psi to warrant considering them as potential mechanisms for psi phenomena (e.g., Broderick, 2007; Radin, 2006). Moreover, specific mechanisms have been proposed that seek to explain psi effects with theories more testable and falsifiable than simple metaphor (e.g., Bierman, 2010; Maier & Buechner, 2015; Walach et al., 2014). A recent collection of these theories is presented in May & Marwaha (2015). Although very few physicists are likely to be interested in pursuing explanations for psi, the American Association for the Advancement of Science (AAAS) has now sponsored two conferences of physicists and psi researchers specifically organized to discuss the extent to which precognition and retrocausation can be reconciled with current or modified versions of quantum theory. The proceedings have been published by the American Institute of Physics (Sheehan, 2006; Sheehan, 2011). A central starting point for the discussions has been the consensus that the fundamental laws of both classical and quantum physics are time symmetric: They formally and equally admit time-forward and time-reversed solutions.... Thus, though we began simply desiring to predict the future from the present, we find that the best models do not require—in fact, do not respect—this asymmetry.... [Accordingly,] it seems untenable to assert

Що й казати, тема варта окремого детального розгляду, тим більше, що квантовомеханічні гіпотези все наполегливіше стукають у двері сучасної нейробіології. Але про це — трохи згодом.

## н р о і в т е о г т і и а й к н и с к

### креативність

Напевне, важко сперечатися з твердженням про центральне місце креативності у найскладніших видах когнітивного процесу. Мабуть, без створення нових знань на ґрунті емпірії людське буття було б нікчемним. Виявляється, цей аспект психіки активно досліджується і його мережеві кореляти чимось схожі на оглянуті нами вище.

Почати б з того, що креативність (*цонправда, доволі примітивні її атрибути*) квантифікують, залучаючи різноманітні хитромудрі тести<sup>1</sup>. І ось, за особливостями мозкової активності на тлі генерування пропозицій стосовно можливого вжитку двох довільно обраних постановниками тесту предметів<sup>2</sup> виявляють бінарний розподіл людської популяції<sup>3</sup> (*R. E. Beaty та співавт., 2018*). Перша група — особи з високим рівнем креативності, для котрих характерна істотна функціональна зв'язність РСС, DLPFC (*праворуч*) і переднього острівця (*ліворуч*), тобто елементів мережі оперантного спокою, виконавчого контролю і салієнтності, відповідно<sup>4</sup> (*Ibid.*). Схожі патерни синхронної активності перелічених ділянок мозку описано для моментів творчої активності (*Ibid.*<sup>5</sup>) і творчого пізнання<sup>6</sup> (*R. E. Beaty та співавт., 2016*). Друга група — особи з низькою креативністю, для котрих на тлі виконання тесту відзначали преферентні зміни активності сенсомоторних ділянок любової й тім'яної часток, прилеглих ділянок скроневої частки, підкіркових ядер, стовбурових структур і мозочка; місце острівця у цій мережі — міноритарне, залучення складових мережі оперантного спокою — несистемне. Складові мережі низької креативності відомі другорядною роллю у реалізації творчого пізнання<sup>7</sup> (*Ibid.*<sup>8</sup>), їхня преферентна активність спостерігається на тлі реалізації шаблонних, завчених раніше відповідей (*Ibid.*<sup>9</sup>). Автори валідували отримані дані, виявивши слабку, однак статистично значущу<sup>10</sup> додатну кореляцію між роз-

*that time-reverse causation (retrocausation) cannot occur, even though it temporarily runs counter to the macroscopic arrow of time (Sheehan, 2006, p. vii). Ironically, even if quantum-based theories of psi eventually do mature from metaphor to genuinely predictive models, they are still not likely to provide intuitively satisfying descriptive mechanisms for psi because quantum theory itself fails to provide such mechanisms for physical reality. Physicists have learned to live with that conundrum in several ways. Perhaps the most common is simply to ignore it and attend only to the mathematics and empirical findings of the theory—derisively called the “Shut Up and Calculate” school of quantum physics (Kaiser, 2012). As physicist and Nobel Laureate Richard Feynman (1994) advised, “Do not keep saying to yourself... “but how can it be like that?” because you will get...into a blind alley from which nobody has yet escaped. Nobody knows how it can be like that (p. 123).” Meanwhile the data increasingly compel the conclusion that it really is like that. Perhaps in the future, we will be able to make the same statement about psi.” Від себе додамо, що у біології існує не менш демонстративний приклад описаної щойно епістемологічної ситуації, і він теж стосується відомого світоглядного наріжнього каменя — це теорія еволюції.*

<sup>1</sup> <http://provensal.com/lbb/tag/alternative-uses-task/>.

<sup>2</sup> *“Classic divergent thinking task”; ступінь нестандартності запропонованих добровольцями рішень, тобто квантифікаційний елемент креативності у такій модельній парадигмі оцінюється за певними критеріями чотирма спеціально навченими особами за п'ятибальною шкалою: “Consistent with conventional procedures, participants were given 2 min to continuously generate alternate uses for each of two objects (i.e., box and rope), which were subsequently coded for creative quality by four trained raters along with the in-scanner responses, using a 1 (not at all creative) to 5 (very creative) scale; raters were instructed to consider uncommonness, remoteness, and cleverness when coding responses, but to provide a single holistic score for each (11, 19, 34, 35). The raters scored all in-scanner responses (23 trials) and laboratory-based responses (two tasks).” (R. E. Beaty та співавт., 2018).*

<sup>3</sup> Кількість досліджених добровольців —  $n = 163$ .

<sup>4</sup> Що, на думку авторів, свідчить про поєднання елементів мережі оперантного спокою і мереж, активність котрих характерна для виконання мнестичних завдань, у тому числі — для когнітивного процесу (*Ibid.*, з посиланням на: A. Anticevic та співавт., 2012).

<sup>5</sup> *“Artistic performance”*; з посиланням на: A. L. Pinho та співавт., 2014; S. Liu та співавт., 2015; M. Ellamil та співавт., 2012.

<sup>6</sup> *“Creative cognition”*.

<sup>7</sup> *“Creative cognition”*.

<sup>8</sup> Із посиланням на: G. Gonen-Yaacovi та співавт., 2013; X. Wu та співавт., 2015.

<sup>9</sup> З посиланням на: A. Dezfouli, B. W. Balleine, 2012.

<sup>10</sup>  $r = 0.30$  й  $p = 1.29 \times 10^{-4}$  — для висококреативних осіб,  $r = 0.22$  й  $p = 0.004$  — для низькокреативних осіб; методика кореляційного аналізу — див. першоджерело.

рахованими на основі даних фМРТ і виявленим за допомогою психологічного тестування значеннями креативності досліджуваних осіб. Цікаво, що прогностична вага фМРТ-залежного алгоритму з'ясування рівня креативності вища для випадків значної маніфестації цієї риси особистості; іншими словами, активність мережі низької креативності менш достовірно відображає реальний рівень цього атрибуту психічного процесу.

Отримані результати утвердили авторів у вірності моделі творчого процесу<sup>1</sup>, котра у нашому, дещо уточненому переказі виглядає таким чином: **1)** за участю мережі виконавчого контролю окреслюється завдання для творчого процесу й формується матриця доречних знань та вмінь суб'єкта; **2)** за участю мережі оперантного спокою реалізується механізм спонтанного долучення елементів свідомості й пам'яті у ментальне моделювання задля отримання нового<sup>2</sup>; **3)** система оцінки значимості<sup>3</sup> "відбирає" найвдаліші з конструйованих у такий спосіб рішень і "надсилає" їх виконавчій системі для оцінки влучності й доладності. Важливе уточнення: напрям спонтанного генерування варіацій, імовірно, народжується у взаємодії між мережею виконавчого контролю й оперантного спокою (*Ibid.*<sup>4</sup>).

Транскраніальна пряма електрична стимуляція<sup>5</sup> ділянок кори, котрі входять до складу мережі оперантного спокою, може збільшувати креативність (*оглянуто С. Lucchiarі та співавтор, 2018*), ймовірно, обумовлюючи самозанурення й звернення уваги у себе<sup>6</sup>, нівелювання гальмівних механізмів, збільшення когнітивного<sup>7</sup> і/або художнього<sup>8</sup> компонента творчого процесу. Припускають (*Ibid.*), що кореляція активності МРФС і РСС в рамках мережевого відповідника стану спокою<sup>9</sup> характерна для дивергентного мислення<sup>10</sup>; у осіб з високими показниками креативності за таких умов відмічають збільшення функціональної зв'язності між елементами мережі оперантного спокою і лівою нижньою лобовою звивиною (*Ibid.*<sup>11</sup>); збільшення темпоральної кореляції активності МРФС і кори середньої скроневої звивини у рамках цього психічного стану є ще одним важливим корелятом креативності (*Ibid.*<sup>12</sup>). Ймовірно, функціональна топологія когнітивної мережі мозку<sup>13</sup> у осіб з високим рівнем креативності характеризується коротшими зв'язками на рівні локальних ме-

<sup>1</sup> "According to this framework, the default network contributes to the generation of ideas via flexible and spontaneous combinatory mechanisms involved in memory retrieval and mental simulation. The salience network, in turn, functions to identify candidate ideas—potentially useful information generated via the default network — and forward such information to frontoparietal executive systems for high-order processing (e.g., idea evaluation, elaboration, or revision)." (R. E. Beaty та співавтор, 2018, з посиланням на: R. E. Beaty та співавтор, 2016).

<sup>2</sup> Ймовірно, такий підхід щодо ролі мережі оперантного спокою у творчому процесі й у творчому пізнанні є мейнстрімним. Приміром, С. Lucchiarі та співавтори (2018) пишуть: "The interaction between creativity and the DNM refers to spontaneous imagination and self-generated thought (J. R. Andrews-Hanna, 2012; J. R. Andrews-Hanna et al., 2014)." Однією з основних функцій мережі оперантного спокою С. Lucchiarі та співавтори (2018) вважають формування внутрішнього ментального процесу, здатного атракувати цілком і повністю увагу суб'єкта. Мережа може виявитися лише однією з виконавчих ланок системи організації внутрішнього ментального процесу, однак такою, що забезпечує ліквідність процесу, тобто генезу спонтанності й (тому) самоплинності.

<sup>3</sup> Салієнтності. Основою мережі салієнтності, як уже зазначалося на початку цієї глави, є передня частина кори острівця і дорзальна частина АСС, серед функцій — перемикання уваги на важливіший стимул чи об'єкт, якщо такий стимул зовнішній — гальмування мережі оперантного спокою і припинення "мрійництва"; стосовно перемикання на внутрішній салієнтний стимул, наприклад, за участю РСС, тобто вмикання мережі оперантного спокою чи її елементів — роль мережі салієнтності невідома; J. R. Andrews-Hanna та співавтори (2014): "The salience network encompasses the dACC, the anterior insulae (aINS), the supramarginal gyrus extending ventrally into the superior temporal sulcus, and the posterior dorsal cingulate sulcus<sup>51</sup>. Evidence suggests that the salience network is involved in the detection of behaviorally significant stimuli in the external environment<sup>243</sup> and plays a key role in dynamically switching between external and internal modes of attention. The right aINS has previously been identified as a critical node for suppressing DN activity and reallocating attentional resources to salient events<sup>244, 245</sup>. In a compelling study of traumatic brain injury, the structural integrity of the white matter tracts linking the dACC and the aINS predicted the degree of suppression of the DN during a stop-signal task, a measure of inhibitory control<sup>246</sup>. To date, the evidence in favor of the salience network's role in dynamic switching and reorienting of attention comes from salient external tasks that lead to the suppression of the DN. It is therefore an open question whether this system can enhance activity in the DN, potentially in response to a salient internal thought. However, there is little positive RSFC between the default and salience networks, and key regions of the salience network are more aligned with the DAN (Fig. 5B–C). It is possible that the ventral PCC subserves this function for salient internal representations."

<sup>4</sup> "Although the model implies a serial progression of idea generation and evaluation, recent evidence suggests that executive systems may interact with ongoing generative processes within the default network by imposing constraints on performance and maintaining higher order goals (1). Goal maintenance may thus benefit creative performance by guiding and constraining spontaneous cognition to meet specific creative goals (31)." (R. E. Beaty та співавтор, 2018, з посиланням на: E. G. Chryssikou та співавтор, 2014; R. E. Beaty та співавтор, 2016).

<sup>5</sup> Тут і надалі йтиметься про відомий метод "Transcranial Direct Current Stimulation" — tDCS.

<sup>6</sup> "Self-focused attention".

<sup>7</sup> "Creative thinking".

<sup>8</sup> "Artistic enactment".

<sup>9</sup> "Resting-state functional connectivity", RSFC; одним із варіантів є мережа оперантного спокою.

<sup>10</sup> Один із видів творчого пізнання; Н. Takeuchi та співавтор, 2012; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дивергентное\\_мышление](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дивергентное_мышление); [https://en.wikipedia.org/wiki/Divergent\\_thinking](https://en.wikipedia.org/wiki/Divergent_thinking).

<sup>11</sup> З посиланням на: R. E. Beaty та співавтор, 2014.

<sup>12</sup> З посиланням на: D. Wei та співавтор, 2014.

<sup>13</sup> Мережі, характерної для когнітивного процесу.

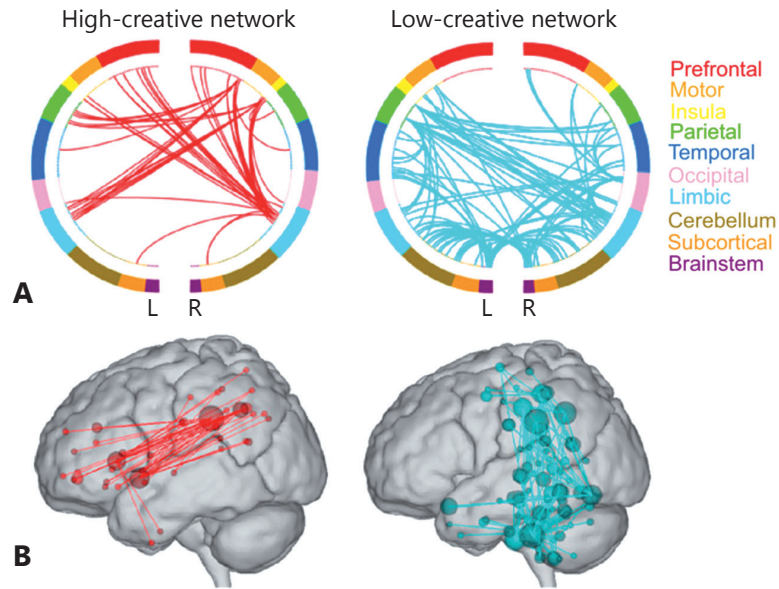


Рис. 72. Мережа високої і низької креативності, представлена у вигляді циркулярного графу (А) і натурно (В). В останньому випадку значимість елемента<sup>1</sup> у функціональній мережі досліджуваних за допомогою фМРТ ділянок відповідає діаметру символа-кола. R. E. Beaty та співавтори (2018). Умовні позначення: R — right; L — left

<sup>1</sup> Найчастіше виражається певною кількісною характеристикою множини зв'язків елемента мережі.

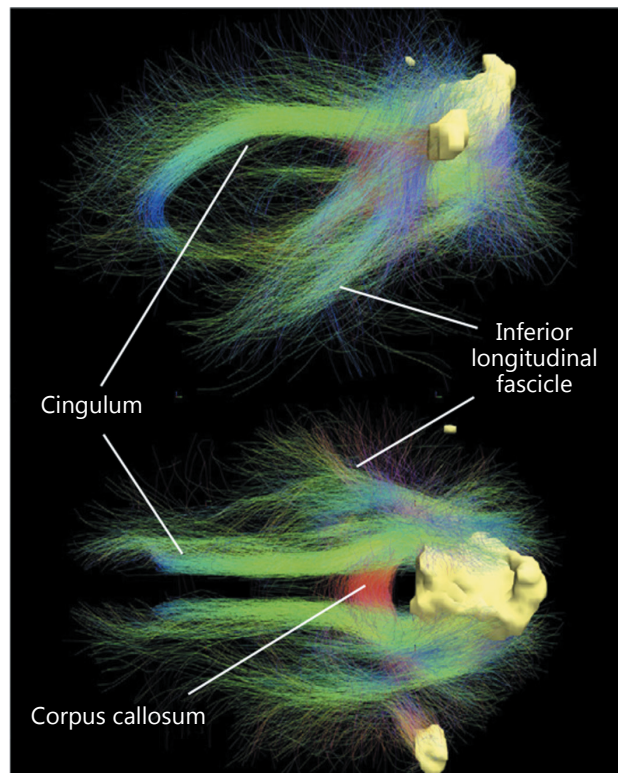


Рис. 73. Мережа мрійництва, або мережа оперантного спокою у реконструйованому функціонально-конектотному й трактографічному представленні. A. Horn та співавтори (2014)

режевих вузлів і міцнішими — поміж віддаленими функціональними елементами, що може сприяти швидкій широкій комунікації (*Ibid.*<sup>1</sup>), гнучкості у формуванні нових ідей, необхідному для цього розширенню поля уваги і доєднанню широких масивів інформації з площини пам'яті (*Ibid.*<sup>2</sup>).

Життєва відкритість<sup>3</sup> у сенсі багатства і складності життєвого досвіду особистості<sup>4</sup> начебто позитивно корелює з креативністю і показниками функціональної спроможності мережі оперантного спокою<sup>5</sup> (*R. E. Beaty та співавт., 2014*). За даними О. Vartanian та співавторів (2018), ця особистісна риса<sup>6</sup> обернено корелює з товщиною і об'ємом кори<sup>7</sup> лівої середньої лобової звивини (*поле ВА б*), середньої скроневої звивини (*поле ВА 21*), верхньої скроневої звивини (*поле ВА 41*), особливо з товщиною кори лівої нижньої тім'яної часточки (*поле ВА 40*), правої нижньої лобової звивини (*поле ВА 45*) і середньої скроневої звивини (*поле ВА 37*). У випадку нівелювання статевого й вікового факторів негативна кореляція між рівнем життєвої відкритості і товщиною кори зникала для лівої середньої скроневої звивини, а кореляція з об'ємом сірої речовини зберігалась лише для середньої лобової звивини ліворуч. І все ж, значиму саме для показника відкритості ділянку кори віднайти не вдалося, як і жодної кореляції між площею, товщиною і об'ємом частин кори й рівнем інтелекту. F. Yasuno та співавтори (2017) відзначили негативну кореляцію між життєвою відкритістю і МРТ-виявним рівнем мієлінізації у присерединній частині кори лобової частки, АСС і РСС — ділянках мережі оперантного спокою, а також у задній частині кори острівця і прилеглий ділянці лушпини<sup>8</sup> — частинах мережі мотивації й значимості (*салієнтності*).

Транскраніальна електрична стимуляція нижньої частини тім'яної частки праворуч і LPFC ліворуч у певних режимних комбінаціях<sup>9</sup> можуть суттєво обмежувати залежний від мережі оперантного спокою стан "блукання думки"<sup>10</sup> і, ймовірно, поточну функціональну зв'язність між MPFC і РСС<sup>11</sup>. Активуюча, анодна транскраніальна електрична стимуляція DLPFC ліворуч збільшує схильність до мислєблукання<sup>12</sup> на тлі виконання завдань, котрі потребують постійної уваги<sup>13</sup>, що прагнуть інтерпретувати як ефект побічної стимуляції мережі оперантного спокою<sup>14</sup>. Можливість впливу транскраніальної електричної стимуляції MPFC на залежну від мережі оперантного спокою функцію мислєблукання й спонтанну зміну фокусу уваги доводять також E. Bertossi та співавтори (2017)<sup>15</sup>, що загалом свідчить про принципову можливість впливу на творчий процес людини (*C. Lucchiari та співавт., 2018*).

<sup>1</sup> З посиланням на: А. М. Hermundstad та співавт., 2013.

<sup>2</sup> З посиланням на: R. E. Jung та співавт., 2013; J. R. Andrews-Hanna та співавт., 2014.

<sup>3</sup> "Openness personality trait".

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Openness\\_to\\_experience](https://en.wikipedia.org/wiki/Openness_to_experience).

<sup>5</sup> З таким припущенням важко погодитись, беручи до уваги біографії багатьох геніїв: більшість із них навряд чи демонстрували значну відкритість до життєвого досвіду чи хоча б до спілкування.

<sup>6</sup> "Openness/Intellect (i.e., openness to experience) is the Big Five personality factor most consistently associated with individual differences in creativity. Recent psychometric evidence has demonstrated that this factor consists of two distinct aspects-Intellect and Openness. Whereas Intellect reflects perceived intelligence and intellectual engagement, Openness reflects engagement with fantasy, perception, and aesthetics."; "Robust evidence in support of this link has emerged based on the Big Five personality factor of Openness/Intellect (i.e., openness to experience) — defined as "the breadth, depth, originality, and complexity of an individual's experiential life" (John, Naumann, & Soto, 2008, p. 120). Openness/Intellect has been shown to be correlated consistently and positively with creativity across tasks, measures, and ages (Batey & Furnham, 2006; Carson, Peterson, & Higgins, 2003; Feist & Barron, 2003; King, Walker, & Broyles, 1996; McCrae, 1987; Silvia, Kaufman, & Pretz, 2009a). Indeed, regardless of whether one is focusing on creative self-beliefs, creative performance (e.g., divergent thinking), or creative achievement, Openness/Intellect has been consistently shown to be the best predictor of creativity compared to the other Big Five traits of extraversion, conscientiousness, neuroticism and agreeableness (Karwowski & Lebeda, 2016; Silvia, Nusbaum, Berg, Martin, & O'connor, 2009b)." (O. Vartanian та співавт., 2018).

<sup>7</sup> Йдеться про МРТ-морфометричні показники.

<sup>8</sup> Putamen.

<sup>9</sup> "... anodal tDCS over the right rIPL and cathode over the left lateral prefrontal cortex (lLPFC) as well as the opposite montage." (C. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: S. Kajimura та співавт., 2016).

<sup>10</sup> Відомий психологічний стан, найбільш виразно схоплюваний словом "задуматися", у сенсі "замріятися", відволіктися від виконуваного у певний момент завдання чи дії на "перегляд" внутрішніх, вміщених у свідомість суб'єкта спогадів стосовно будь-чого — життєвих ситуацій, картин, об'єктів, думок тощо; виведення з цього звичайного для будь-якої людини стану перегляду "внутрішнього кіно" можливе у випадку спровокованого зовні чи спонтанного внутрішнього повернення уваги до виконуваного завдання (*див. https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-wandering*).

<sup>11</sup> C. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: S. Kajimura та співавт., 2016.

<sup>12</sup> Але, що дивно, без шкоди для уваги.

<sup>13</sup> Sustained attention task.

<sup>14</sup> C. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: V. Axelrod та співавт., 2015. Можна припускати, що за таких умов мережа оперантного спокою не лише сприяє спонтанному формуванню внутрішніх стимулів, але, збільшуючи потужність засобів основного психічного процесу, дозволяє (іншим мережевим системам) нівелювати аберантні впливи мислєблукальної варіативності.

<sup>15</sup> Цитуємо за: C. Lucchiari та співавт., 2018.

Завадити творчому когнітивному процесові може також залежне від активності передньої частини острівця і лівої нижньої лобової звивини фокусування уваги на салієнтному стимулові<sup>1</sup>; транскраніальна електрична стимуляція кори нижньої лобової звивини<sup>2</sup> покращує показники дивергентного мислення<sup>3</sup>; активуюча стимуляція цієї ділянки кори ліворуч зменшує креативність, вимірювану за допомогою тесту альтернативного вжитку<sup>4</sup>, гіперполяризаційне пригнічення — збільшує<sup>5</sup>. Цікаво, що рівень візуальної креативності<sup>6</sup> негативно корелює з товщиною цієї ж частини лобової кори, а також кори правої нижньої лобової звивини, SMA праворуч і лівого острівця<sup>7</sup>.

Як уже побіжно зазначалося, префронтальна кора відіграє роль у нівелюванні аберантних сенсорних впливів, що у більшості випадків сприяє виконанню когнітивного завдання; саме завдяки цій ділянці кори відбувається перемикання сенсорного контексту під час виконання завдання<sup>8</sup>. Відомо, що активуюча, анодна стимуляція DLPFC на тлі катодної стимуляції первинної рухової кори полегшує зміну виконуваного завдання<sup>9</sup>. Анодна транскраніальна стимуляція DLPFC покращує як дивергентне<sup>10</sup>, так і конвергентне<sup>11</sup> мислення, натомість катодна транскраніальна стимуляція VLPFC<sup>12</sup> полегшує виконання завдань, що потребують когнітивної гнучкості<sup>13</sup>. Ймовірно, DLPFC відіграє важливу роль у створенні джазових музичних імпровізацій, причому у новачків транскраніальна стимуляція цієї ділянки покращує креативність і оригінальність, у найдосвідченіших — погіршує<sup>14</sup>. Пригнічення<sup>15</sup> кори передньої ділянки скроневої частки ліворуч на тлі анодної активації аналогічної ділянки праворуч покращує виконання тесту на пошук вирішення проблеми<sup>16</sup>, що свідчить про співдружність цієї ділянки кори і DLPFC<sup>17</sup>.

О. М. Kleinmintz та співавтори (2018), фактично, вважають, що кора лівої середньої лобової звивини оркеструє творчий процес, підтримуючи активність мережі салієнтності, і у випадку появи ідеї, значущої для досягнення мети, пригальмовує мережу оперантного спокою, зупиняючи у такий спосіб генерування ново-

<sup>1</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: А. Abraham та співавт., 2012; L. Q. Uddin, 2015.

<sup>2</sup> Лише при співдружній контрлатеральній стимуляції: катод — над лівою нижньою лобовою звивиною (пригнічення локальної мережевої активності), анод — над правою (збільшення локальної мережевої активності).

<sup>3</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: N. Mayselless, S. G. Shama-Tsoory, 2015.

<sup>4</sup> Йдеться про вимислювання добровольцем усіх можливих альтернативних варіантів вжитку будь-якої, довільно обраної побутової речі; <http://provensal.com/lbb/tag/alternative-uses-task/>.

<sup>5</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: Т. Ivancovsky та співавт., 2018.

<sup>6</sup> "The Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT) is used to assess creativity (i.e., divergent thinking ability) and it contains verbal, figural and auditory tests [59]. ... The participants are required to complete each activity in 10 minutes. The first activity requires participants to construct a novel picture based on a jellybean or ellipse, and then name the drawing. The second activity requires participants to complete 10 incomplete figures, to draw novel objects or pictures then name the drawings. The third activity requires participants to draw as many objects or pictures based on simple vertical lines as possible, and then name the drawings. We told the participants to draw as creatively as possible and to draw as much as possible." (F. Tian та співавт., 2018).

<sup>7</sup> F. Tian та співавт., 2018; МРТ-морфометричне дослідження, залучено здорових дорослих добровольців ( $n = 310$ ), оцінку здійснено засобами регресійного аналізу.

<sup>8</sup> Наприклад, із формозалежних на кольорозалежні характеристики досліджуваного об'єкта.

<sup>9</sup> "Task shifting"; С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: J. Leite та співавт., 2011. Йдеться про усвідомлене перемикання когнітивного процесу, приміром з оцінки форми об'єктів на їх колір, тобто про когнітивне зміщення — [https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive\\_shifting](https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_shifting). Неусвідомлене зміщення уваги під час когнітивного процесу на альтернативні мисленнєві об'єкти в англійській літературі відоме під терміном "task switching"; [https://en.wikipedia.org/wiki/Task\\_switching\\_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Task_switching_(psychology)).

<sup>10</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: В. Colombo та співавт., 2015. "Forty-five healthy adults were randomly assigned to one stimulation condition. Participants' creativity skills were assessed using the Product Improvement subtest from the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). After 20 min of tDCS stimulation, participants were presented with visual images of common objects. Half of the participants were instructed to visualize themselves using the object in an unusual way (divergent priming), whereas the other half were asked to visualize themselves while using the object in a common way (convergent priming). Priming was aimed at inducing participants to adopt different attitudes toward the creative task. Afterwards, participants were asked to describe all of the possible uses of the objects that were presented. Participants' physiological activation was recorded using a biofeedback equipment. Results showed a significant effect of anodal stimulation that enhanced creative performance, but only after divergent priming. Participants showed lower skin temperature values after cathodal stimulation, a finding which is coherent with studies reporting that, when a task is not creative or creative thinking is not prompted, people show lower levels of arousal. Differences in individual levels of creativity as assessed by the Product Improvement test were not influential. The involvement of DLPFC in creativity has been supported, presumably in association to shift of attention modulated by priming." (В. Colombo та співавт., 2015).

<sup>11</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: S. Zmigrod та співавт., 2015.

<sup>12</sup> Див. Fig. 4 у цитованій праці — Е. G. Chrysiou та співавт., 2013.

<sup>13</sup> Е. G. Chrysiou та співавт., 2013.

<sup>14</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: D. S. Rosen та співавт., 2016.

<sup>15</sup> Катодна транскраніальна стимуляція.

<sup>16</sup> Результат залежить від латералізації мозку; С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: R.P. Chi, A.W. Snyder, 2011.

<sup>17</sup> Ці дані підважуються результатами Т. Aihara та співавторів (2017), отриманими за іншої схеми когнітивного тестування (оглянуто С. Lucchiari та співавт., 2018).

го. У моделі С. Lucchiari та співавторів (2018) за переваги активності нижньої лобової звивини над мережею оперантного спокою реалізується рутинний когнітивний процес, який забезпечує вирішення типових проблем у звичному режимі. За відсутності рішення складної проблеми активність мережі оперантного спокою переважає, що сприяє ініціації творчого пошуку — гнучкості мислення, створення нових семантичних одиниць, ідей (*Ibid.*). Автори вважають, що стан творчості<sup>1</sup> енергозатратніший, аніж ординарний, шаблонний когнітивний процес. Відомо, що за високого рівня функціональної зв'язності між MPFC і РСС фокус уваги зміщується на внутрішній світ; утримання фокусу уваги на зовнішніх об'єктах пов'язане зі збільшенням функціональної зв'язності між задньою частиною нижньої тім'яної кори й РСС (*Ibid.*). Кора нижньої лобової звивини може модулювати увагу, концентруючи її на об'єкті когнітивного чи психічного процесу й пригнічуючи аберантні впливи. У зв'язку з цим порівнюють нейрофізіологічний корелят стану креативності й основну моду роботи мозку дитини у віці 3–6 років — спонтанну і яскраво креативну (*Ibid.*<sup>2</sup>), мабуть, обумовлювану незрілістю префронтальної кори (*Ibid.*<sup>3</sup>).

І ще кілька слів про роль інших ділянок кори. Дані F. Ruggiero та співавтори (2018)<sup>4</sup> свідчать про неоднозначну роль лівої передньої скроневої ділянки у креативності; загалом, згідно з робочою гіпотезою (С. Lucchiari та співавт., 2018), гальмування цієї ділянки зумовлює відмежування аналогічної частини кори праворуч від контролюючих впливів лівої гальмівної системи<sup>5</sup>, що покращує реалізацію творчого мислення<sup>6</sup>. Стимуляція ділянки TPJ праворуч і пригнічення активності кори лівої середньої скроневої звивини покращує конвергентне і погіршує дивергентне лінгвістичне мислення (*Ibid.*<sup>7</sup>); вважають<sup>8</sup>, що середня скронева звивина бере участь у прямій, рутинній смисловій обробці мовної інформації<sup>9</sup>, тоді як TPJ — у пошуку непрямих, незвичайних, неочевидних, метафоричних смислів; пригнічення активності кори лівої середньої скроневої звивини полегшує пошук альтернативних значень лексем і фраз (*Ibid.*). Натомість, задня частина тім'яної кори відіграє важливу роль у вербальній та візуальній креативності шляхом модулювання механізмів уваги (*Ibid.*<sup>10</sup>). І, нарешті, дані, отримані поки що на малих вибірках, свідчать, що анодна, збуджувальна стимуляція лівої первинної рухової кори у досвідчених піаністів потенціює креативність при імпровізуванні<sup>11</sup> (*Ibid.*<sup>12</sup>).

Є й казуальні спостереження з клінічної практики. Приміром, описано випадок появи малярських здібностей у пацієнта (*правша*) після ішемічного інсульту у басейні лівої середньої мозкової артерії, який до інциденту не мав художньої освіти чи усвідомленого бажання її здобути. Буквально через тиждень після судинної катастрофи він повідомив про бажання малювати, у подальшому — вдосконалював техніку живопису, причому лівою рукою; більш того, чотири роки поспіль анодна, збуджувальна стимуляція правої бічної, лобово-скроневої ділянки покращила його майстерність і креативність (*Ibid.*<sup>13</sup>).

<sup>1</sup> “Creativity-on” state”.

<sup>2</sup> З посиланням на: Gardner, H. (1982). *Art Mind and Brain: A Cognitive Approach to Creativity*. New York, NY: Basic Books.

<sup>3</sup> З посиланням на: D. J. Miller та співавт., 2012. Однак дитяча креативність слабує цілеспрямованістю, яка, безумовно, залежить від виконавчої системи мозку з центральним елементом — LPFC. Отже — додамо від себе — креативність і спонтанність будь-якої семантичної чи когнітивної продукції — явища, що перетинаються, однак не співпадають. Ми на даний час майже не розуміємо, що саме обумовлює не абсолютно рандомну продукцію нового, а певною мірою спрямовану стосовно поставленої мети. Чи не є це наслідком впливу на роботу генератора новел з боку системи виконавчого контролю й оцінки значимості? Яка роль такого впливу — первинна, на етапі окреслення меж, у яких повинна здійснюватися флюктуативна, спонтанна продуктивність, чи вторинна, здійснювана на етапі відсіювання усіх незадовільних результатів? Таким чином, схема, згідно з якою система виконавчого контролю й значимості лише “гальмує” продукцію новел і мислелюккання, обумовлюване мережею оперантного спокою, ймовірно, не комплементарна дійсності. Тим більше, далека від істини схема “креативність = спонтанний продуцент новел + оцінювач.” Отже, процес продукування нового є результатом складного, можливо, парадоксального поєднання цілепокладання (*виконавча система + система оцінки значимості*) і спонтанності (*система спонтанного мислелюккання й продукції новел*).

<sup>4</sup> Цитуємо за: С. Lucchiari та співавт., 2018.

<sup>5</sup> Припускають, що ця система обмежує доступ значимих для креативності підсистем мозку до когнітивних ресурсів.

<sup>6</sup> “Taken together, such evidence suggests that suppressing the left anterior temporal region could disengage the correspondent right region from the control of the left inhibiting system that normally limits access to cognitive resources, thus improving creative thinking skills.” (С. Lucchiari та співавт., 2018).

<sup>7</sup> З посиланням на: V. Goel та співавт., 2015.

<sup>8</sup> Йдеться про інтерпретацію власних результатів V. Goel та співавторами (2015) у переказі С. Lucchiari та співавторів (2018).

<sup>9</sup> “Routine semantic processing”.

<sup>10</sup> З посиланням на: S. Zmigrod та співавт., 2015; E. Ghanavati та співавт., 2017.

<sup>11</sup> “Creativity and technical fluency”.

<sup>12</sup> С. Lucchiari та співавт., 2018, з посиланням на: Anic, A., Thompson, W. F., and Olsen, K. N. (2017). “Stimulation of the primary motor cortex enhances creativity and technical fluency of piano improvisations”, in *Proceedings of the 10th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus17)*, ed. P. M. C. Harrison (London: SysMus, University of London).

<sup>13</sup> М. Simis та співавт., 2014. На наш погляд, враховуючи об'єм ураженої частини півкулі (*характерний для ішемії у басейні середньої мозкової артерії*) адекватна анатомо-функціональна інтерпретація описаного випадку неможлива. Тим більше, слід пам'ятати, що ішемія

Ймовірно також, що у креативних здібностях велике значення має, сказати б, “сенсорна вразливість” особистості — значною мірою генетично обумовлений показник рівня чутливості до внутрішніх та зовнішніх стимулів<sup>1</sup>, у тому числі (чи у першу чергу) складних модальностей (*Ibid.*).

Загалом, С. Lucchiari та співавтори (2018) вважають, що моменти творчості — особливі стани психіки<sup>2</sup>, формування і активація котрих доволі непередбачувані, хоча, зважаючи на досягнення у сфері “нейропотенціювання”<sup>3</sup>, а також оглянуті у коментованій праці повідомлення стосовно ефектів транскраніальної стимуляції, можливе створення певних алгоритмів сприяння цьому процесові. І все ж, автори обмежують прогнозовану дієвість такого підходу індивідуальними особистісними та контекстуальними умовами, тобто рядом обставин, котрі неможливо якісно оцінити й передбачити, виражаючись просто — ірраціональними факторами.

Однак в історії з провідною роллю мережі оперантного контролю у забезпеченні креативності, мабуть, найцікавіше те, що АСС, скоріш за все, є елементом цієї мережі (С. S. Rohr та співавт., 2019; M. Zhang та співавт., 2019), а тому система інтероцепції, найімовірніше, має прямий стосунок до творчого процесу. Що це означає, з огляду на можливу роль кардіогенного входу як джерела ірраціональності у мережевих процесах мозку (*див. с. 14, 24 і 25 цього ж тому*), — зрозуміло без зайвих слів.

## креативність і мозочок

Цікаво, чи можливе співвіднесення гіпотези спонтанної продукції новел за участю мережі оперантного спокою з припущенням М. Ito (2008) стосовно ролі мозочка у позасвідомому забезпеченні вирішення окресленого виконавчою системою когнітивного завдання (*див. том I, с. 301*).

Участь кори мозочка у мнестичному процесі важлива, ймовірно, пов’язана зі значною мережевою ємністю цієї частини мозку. Як уже зазначалося<sup>4</sup>, психічні розлади при ушкодженні мозочка на даний час класифікують як окремий когнітивний афективний синдром<sup>5</sup> — настільки вагомим є вклад цієї структури у функцію емоційної та мнестичної сфери. Повторимось, що мозочковий компонент істотний у патогенезі більшості психічних захворювань — шизофренії, біполярного розладу, депресивного розладу, синдрому порушення активності та уваги, а також дислексичного розладу, синдрому Дауна, синдрому крихкої Х-хромосоми<sup>6</sup> і розладів спектра аутизму<sup>7</sup>.

у зазначеному басейні — найчастіша форма церебрального інсульту, отже, наведений клінічний патерн мав би бути поширеним явищем, що, безперечно, не так.

<sup>1</sup> “Sensory processing sensitivity”, SPS; такі особи характеризуються як “highly sensitive persons.” С. Lucchiari та співавтори (2018): “Regarding stable traits, (Aron and Aron, 1997) suggested that people could differ in the way they neurologically transmit and process sensory information (Gerstenberg, 2012). It is the case of sensory processing sensitivity (SPS), described as a personality trait modulated by genetic factors, which allows people to feel and process more information at one time, and in a deeper way. Such sensitivity is referred to both external and internal stimuli (Jagiellowicz et al., 2011). Accordingly, Highly Sensitive Persons (Aron and Aron, 1997) are more inclined to experience higher arousal during exposure to environmental stimuli such as bright lights, strong smells, noise and chaotic situations. Moreover, they startle easily and are strongly sensitive to caffeine and time pressures (Jagiellowicz et al., 2011). Finally, those with SPS are more reactive to interpersonal and emotional cues. For example, they are more susceptible to the presence of external observers when performing tasks, and more aware of others’ moods. These peculiar reactions are already present at the very first stages of life (Aron et al., 2012; Davidson et al., 2002) and are associated with specific neurobiological markers (Herberner et al., 1989; Aron et al., 2010). Such sensitivity could sometimes result in a sensorial overload with subsequent negative effects, like exertion and fatigue. Thus, it is possible that they could more often feel the urge to rest alone and sleep longer throughout the day (Aron and Aron, 1997).”

<sup>2</sup> “Creativity-on” state, котрі автори, ймовірно, з певних міркувань асоціюють передусім з когнітивною системою. Однак цілком зрозуміло, що такого роду стани доцільніше розглядати у загальнопсихічній перспективі. С. Lucchiari та співавтори (2018): “However, our idea is that creativity, though influenced by stable individual characteristics, may be seen as a transient property of the cognitive system, a mental configuration we may call a “creativity-on” state, which may be spontaneously activated and/or evoked by external conditions (e.g., by a task that asks individuals to find creative semantic connections between words).”

<sup>3</sup> Наукові публікації, присвячені технікам “збільшення креативності”, можна знайти за посиланням: [https://scholar.google.com.ua/scholar?q=creativity+enhancing+review&hl=uk&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.com.ua/scholar?q=creativity+enhancing+review&hl=uk&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar), а також [https://scholar.google.com.ua/scholar?hl=uk&as\\_sdt=0,5&as\\_vis=1&qsp=1&q=creativity+enhancing+techniques&qst=ib](https://scholar.google.com.ua/scholar?hl=uk&as_sdt=0,5&as_vis=1&qsp=1&q=creativity+enhancing+techniques&qst=ib).

<sup>4</sup> Див. том I, с. 298-300.

<sup>5</sup> “Cerebellar cognitive affective syndrome”; “Schmahmann’s syndrome”; J. D. Schmahmann, 2019; C. J. Stoodley, J. D. Schmahmann, 2018; [https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_cognitive\\_affective\\_syndrome](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_cognitive_affective_syndrome); коротко — включає розлади просторового мислення (пізнання), виконавчої сфери, мовні та афективні розлади.

<sup>6</sup> Синдром Мартіна – Белл.

<sup>7</sup> Оглянуто у С. S. Rohr та співавт., 2019; [https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_cognitive\\_affective\\_syndrome](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_cognitive_affective_syndrome).



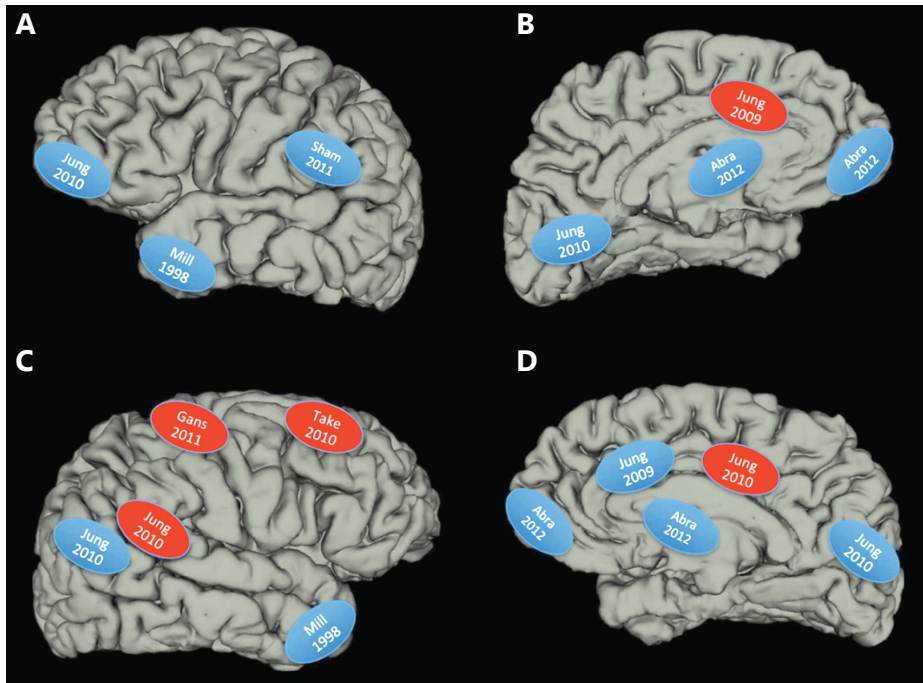


Рис. 74. Морфологічний вимір креативності. Узагальнення результатів структурної МРТ, дифузійної МРТ (*дифузійної спектральної томографії*) і протонної МР-спектроскопії<sup>1</sup>, співвіднесених з даними психологічної верифікації ступеня креативності досліджуваних. R. E. Jung та співавт., 2013. Умовні позначення: А, В — поверхні лівої півкулі; С, D — поверхні правої півкулі. Синіми еліпсами позначено ділянки, для котрих характерні нижчі показники цільності речовини мозку на тлі високої креативності осіб; червоним — ділянки, для котрих характерні вищі показники цільності речовини мозку на тлі високої креативності<sup>2</sup>. У межах кожної позначки наведено прізвище першого автора і рік публікації відповідного першоджерела. Бібліографічні реквізити джерел — наведено у цитованій праці.

<sup>1</sup> "Structural magnetic resonance imaging (sMRI), (DTI), and proton magnetic resonance spectroscopy (1H-MRS)."

<sup>2</sup> Мовою оригіналу: "Graphical display of studies reviewed: Blue, lower brain integrity measures associated with higher creativity measures; Red, higher brain integrity measures associated with higher creativity measures." (R. E. Jung та співавт., 2013).

Мнестичні порушення на тлі мозочкової патології J. D. Schmahmann (2019) об'єднує у поняття "мислительної дизметрії"<sup>1</sup>, припускаючи, що мозочок<sup>2</sup> може регулювати плинність, послідовність<sup>3</sup>, спроможність<sup>4</sup> і доцільність<sup>5</sup> ментального процесу<sup>6</sup>. Крім того, мозочок, скоріш за все, бере участь у реалізації функції уваги, котра теж має просторову конотацію — фокусування на певній ділянці зовнішнього чи внутрішнього світу. С. S. Rohr та співавтори (2019) встановили, що неуважність та перемикування уваги у дівчаток 4–7-ми років позитивно корелює зі ступенем функціональної інтеграції ніжки I мозочка з лобовими елементами дорзальної мережі уваги<sup>7</sup> і з АСС<sup>8</sup>; перемикування уваги негативно корелює зі ступенем функціональної зв'язності ніжки I мозочка, тим'яних елементів дорзальної мережі уваги<sup>9</sup> і прекліна<sup>10</sup>.

<sup>1</sup> "Dysmetria of thought".

<sup>2</sup> Відомий роллю у регуляції частоти, ритміки, сили й точності рухів.

<sup>3</sup> "Consistency".

<sup>4</sup> Потужність, ємність — "capacity".

<sup>5</sup> "Appropriateness".

<sup>6</sup> Тобто, неспівмірність, неузгодженість, неприпасованість одне до одного найрізноманітніших компонентів психічного процесу є патофізіологічною суттю мозочкового когнітивного афективного синдрому.

<sup>7</sup> "Dorsal attention network"; йдеться про частину цієї мережі — лобові очні поля ("frontal eye fields").

<sup>8</sup> Елемент мережі оперантного спокою.

<sup>9</sup> Йдеться про внутрішньотім'яну звивину.

<sup>10</sup> Елемент мережі оперантного спокою.

Мовні розлади при розладах мозочка включають дефіцит автоматичної реалізації граматичних чи семантичних навиків під час формування речень (*фраз*), порушення автоматичного підлаштування до лінгвістичного контексту під час сприйняття речень (*фраз*), порушення когнітивної складової лінгвістичних навиків — аналізу й послідовного логічного судження (*ibid.*).

Мозочкові розлади можуть проявлятися і порушеннями соціального пізнання<sup>1</sup>, здатності розуміти, продукувати і контролювати власну соціально значиму поведінку, а також дефіцитом розуміння іншого — комплекс структур, котрі беруть участь у формуванні мозкових корелятів цих функцій включає, окрім іншого, мозочок (*ibid.*). У пацієнтів з мозочковою атрофією<sup>2</sup> спостерігають різної вираженості дефіцит соціального пізнання на тривіальному<sup>3</sup> й складному<sup>4</sup> рівні, що корелював зі зниженням об'єму ніжок I–II часточки VII, часточки IX і VIIIa, а також дистантних зв'язків цих ділянок кори мозочка (*S. Clausi та співавт., 2019*). У випадку множинної системної атрофії на тлі суттєвого зменшення об'єму мозочка спостерігають зниження функціональної зв'язності мозочка і його ділянок у складі мережі виконавчого контролю і мережі значимості<sup>5</sup> ліворуч (*K. Kawabata та співавт., 2019*). Вираженість когнітивних розладів у цих випадках корелює зі ступенем зв'язності між правою часточкою VI й I-ю ніжкою часточки VII мозочка та MPFC й ACC (*двобічно*), а також між зазначеними ділянками мозочка праворуч і ділянкою мигдалеподібного комплексу та суміжної частини парагіпокампальної звивини ліворуч (*ibid.*).

Чи існують дані стосовно зв'язку функції креативності і мозочка?

За даними *Q. Feng та співавторів (2019)*, вербальна креативність пов'язана з динамічною інтеграцією лівої мовної і лівої середньої скроневої звивини у мережу оперантного спокою, а також з інтеграцією мережі оперантного спокою і мозочка, лобово-тім'яної мережі виконавчого контролю і мережі слухового сприйняття; крім того, рівень вербальної креативності позитивно корелює із залученістю кори постцентральної звивини (*ibid.*).

Стосовно функціональних зв'язків між мозочком і мережею оперантного спокою відомо наступне.

*X. Guell та співавтори (2018, 2019)* виявили два функціональні градієнти у корі мозочка<sup>6</sup>. Перший — від зон, що проявляють активність на тлі реалізації рухової функції, до ділянок, активних у стані оперантного спокою. Другий — від ділянок, активність яких не має специфічної прив'язки до виду виконуваного завдання, до ділянок, активність яких синхронна виконанню тих чи інших завдань. Описані градієнти практично співпадають з мапою зон кори мозочка, функціональна активність котрих синхронна активності ділянок великого мозку на тлі здійснення рухової функції, стану оперантного спокою чи під час виконання завдань. Отже, у корі мозочка є ділянка — основна частина ніжок I і II часточки VII — активність якої синергічна мережі оперантного спокою. Ця ділянка — чи не найважливіша у реалізації найскладніших його функцій, займає значний об'єм.

Щоправда, за даними, узагальненими *X. Luo та співавторами (2018)*<sup>7</sup>, топографія функціональних зв'язків між мозочком і мережею оперантного спокою дещо інша: сильний функціональний зв'язок констатують між ніжками I і II часточки VII та мережею виконавчого контролю<sup>8</sup>; з мережею оперантного спокою пов'язані часточка IX<sup>9</sup> і хробокова частина часточки VIIIb; із сенсомоторною мережею — часточки I–VI і VIII. Аналогічно, за результатами іншого дослідження<sup>10</sup>, ніжки I і II часточки VII двобічно залучені до мережі виконавчого контролю<sup>11</sup>, часточка IX — до мережі оперантного контролю<sup>12</sup>, часточки V–VI — до сенсомоторної мережі, часточка VI — до мережі значимості<sup>13</sup>. На тлі депресивної фази біполярного розладу спостерігають (*ibid.*) зменшення функціональної зв'язності правої ніжки Ia часточки VII і елементами мережі виконавчого

<sup>1</sup> "Social cognition".

<sup>2</sup> "Degenerative cerebellar atrophy"; кількість спостережень n = 27.

<sup>3</sup> Наприклад, врахування параметрів виразу очей і обличчя особи у контексті оцінки її настрою.

<sup>4</sup> Передбачення дій особи, виходячи зі знань про неї.

<sup>5</sup> Салієнтності.

<sup>6</sup> Щоправда, оформлені на площині кори мозочка не лінійно.

<sup>7</sup> X. Luo та співавт., 2018, з посиланням на: L. Sang та співавт., 2012.

<sup>8</sup> Суперечить результатам X. Guell та співавт., 2018; X. Luo та співавт., 2018, з посиланням на: L. Sang та співавт., 2012.

<sup>9</sup> Суголосно результатам X. Guell та співавт., 2018; X. Luo та співавт., 2018, з посиланням на: L. Sang та співавт., 2012.

<sup>10</sup> X. Luo та співавт., 2018, з посиланням на: C. Habas та співавт., 2009.

<sup>11</sup> Суперечить результатам X. Guell та співавт., 2018.

<sup>12</sup> Суголосно результатам X. Guell та співавт., 2018.

<sup>13</sup> Салієнтності.

контролю — DLPFC ліворуч й ACC<sup>1</sup>, а також зменшення функціональної зв'язності між правою ніжкою Іб і елементами мережі оперантного спокою — MPFC ліворуч, лівою середньою і нижньою скроневою звивиною<sup>2</sup>. В іншому дослідженні (G. Chen та співавт., 2019) за схожих клінічних умов спостерігали зменшення функціональної зв'язності між елементами мережі оперантного спокою і корою мозочка у ділянці ніжки II часточки VII.

## креативність і психотропи

Оминути увагою цей вимір проблеми неможливо — настільки він свого часу гостро дискутувався у нейропсихології і нейрофармакології. Варто лише сказати, що відомий ендогенний галюциноген DMT<sup>3</sup> — агоніст рецепторів 5HT<sub>2A</sub>, TAAR-1<sup>4</sup> і σ1R<sup>5</sup> — котрий продукується певними клітинами мозку<sup>6</sup>, розглядають можливим елементом системи візуальної креативності та уяви, а також корелятивів суб'єктивних явищ сфери релігійності/спіритуальності<sup>7</sup> (S. A. Barker, 2018). Повторимось, що у гострій фазі прийому класичні психоделіки<sup>8</sup> призводять до зменшення міжвузлової зв'язності у межах усіх великих мереж мозку, збільшення ентропії (оглянуто M. W. Johnson та співавт., 2019). Найбільш імовірними ділянками мозку, важливими для відтворення такого роду ефектів, є елементи мережі оперантного спокою — MPFC, РСС і кора парагіпокампальної звивини, мабуть, тому, що у них інтенсивно експресується серотоніновий рецептор 5HT<sub>2A</sub> (Ibid.). Найцікавіше, що до переліку гострих ефектів галюциногенів відносять пригнічення мережі оперантного спокою<sup>9</sup> (S. A. Barker, 2018). Отже, з урахуванням актуальної парадигми мережових механізмів креативності, можна стверджувати, що такі впливи навряд чи сприяють реалізації цієї функції. Аналогічні питання виникають і стосовно ролі опіатів, канабіноїдів та інших психотропних речовин, котрі мають резидентні мозкові відповідники: дискусія щодо ролі наркотичних засобів і алкоголю у творчості триває давно (див., наприклад, L. Rauch, 2000).

## розмисел і осяяння

На основі аналізу результатів досліджень мережових корелятивів наукового розмислу<sup>10</sup>, проведеного L. Nenciовісі та співавторами (2019), рядом інших колективів (див. далі), можна приблизно окреслити множину ключових для цієї функції ділянок мозку.

<sup>1</sup> Відноситься також і до мережі оперантного спокою — див.: C. S. Rohr та співавт., 2019; M. Zhang та співавт., 2019.

<sup>2</sup> Див. [https://en.wikipedia.org/wiki/Default\\_mode\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Default_mode_network).

<sup>3</sup> N, N-dimethyltryptamine; одне з рослинних джерел — Ayahuasca.

<sup>4</sup> Trace amine-associated receptor 1.

<sup>5</sup> σ non-opioid intracellular receptor 1, σ1R.

<sup>6</sup> S. A. Barker (2018): "Recent research has demonstrated that DMT is present in and is released from the pineal gland of live, freely-moving rodents. Although older data suggested that DMT might not be synthesized to any great extent in brain, studies have now shown that the necessary enzymatic components for the biosynthesis of DMT are present in discreet brain cell types and areas as well as other tissues not previously examined. New receptors for DMT have been identified and a potential role for DMT as a neuroprotectant and/or neuroregenerative agent has been suggested. Hallucinogens have been shown to produce brain patterning resembling dream states, apparently mediated through 5-HT2A receptor activation. DMT's effect in this regard has yet to be examined, but raises speculation as to one of the possible roles of endogenous DMT."

<sup>7</sup> S. A. Barker (2018): "Over time, the observations of the hallucinogenic phenomena experienced following the administration of DMT have led to speculation that endogenous DMT is possibly involved in psychosis, normal attributes and experiences such as creativity, imagination and dream states, maintenance of waking reality, altered states of consciousness including religious and/or spiritual phenomena, and NDEs."

<sup>8</sup> Термін, семантичне поле котрого значною мірою перекривається зі змістовим полем терміна "галюциноген"; психоделіки поряд з дисоціативними речовинами і деліріантами формують клас галюциногенів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Psychedelic\\_drug](https://en.wikipedia.org/wiki/Psychedelic_drug); <https://en.wikipedia.org/wiki/Hallucinogen>).

<sup>9</sup> S. A. Barker (2018): "dos Santos et al. (2016b) have concluded that "the acute effects of hallucinogen administration, as interpreted from imaging studies, included excitation of frontolateral/frontomedial cortex, medial temporal lobe, and occipital cortex, and inhibition of the default mode network." For long-term use, the administration of hallucinogens was associated with "thinning of the posterior cingulate cortex, thickening of the anterior cingulate cortex, and decreased neocortical 5-HT2A receptor binding." It was also suggested that hallucinogens "increase introspection and a positive mood by modulating brain activity in the fronto-temporo-parietooccipital cortex" (dos Santos et al., 2016b)." (виділено нами — В.М.). Цікаво, що псилоцибін (psilocybin) на тлі зменшення фМРТ-реєстрованої відповіді збільшує концентрацію глутамату у дорзальній частині ACC (M.W. Johnson та співавт., 2019, з посиланням на: K.H. Preller та співавт., 2016): "Recent MRS [Magnetic resonance spectroscopy] studies demonstrate that psilocybin decreased BOLD activity and increased glutamate concentration in healthy individuals in the anterior cingulate cortex (ACC) (Preller et al., 2016)..."

<sup>10</sup> "Scientific reasoning".

- Мережа **подолання власних помилкових уявлень**<sup>1</sup>, найімовірніше, включає ACC<sup>2</sup>, VLPFC<sup>3</sup>, DLPFC<sup>4</sup>.
- **З'ясування причинно-наслідкових зв'язків між явищами**<sup>5</sup> здійснюється на тлі збільшення активності медіальної потилично-скроневої ділянки<sup>6</sup>, кори верхньої скроневої борозни<sup>7</sup>, кори лівої міжтім'яної борозни ліворуч (*Ibid.*); за іншими даними, преферентну активацію спостерігають стосовно ряду ділянок DMPFC (поля BA 8 і BA 9) або кори нижньоїтім'яної часточки праворуч (поле BA 39), нижньої лобової звивини праворуч (поле BA 45), середньої і верхньої лобових звивин (поля BA 6 і BA 8), верхньоїтім'яної часточки праворуч (поле BA 7), а також парагіпокампальної звивини ліворуч і передцентральної звивини праворуч<sup>8</sup>, лівого хвостатого ядра<sup>9</sup> (*Ibid.*).
- У випадку **сприйняття неузгоджуваних з певним твердженням даних** характерна преферентна активація ACC (поля BA 24 і BA 32), кори прекліна (поле BA 7), DLPFC (поле BA 9 ліворуч; *Ibid.*).
- Для функції **генерування гіпотез** характерна преферентна активність кори верхньої лобової звивини (поле BA 6 двобічно), нижньої лобової звивини (поле BA 9 ліворуч), зменшення активності кори нижньоїтім'яної часточки (поле BA 40 ліворуч) і правого острівця (поле BA 13; *Ibid.*); за іншими даними, під час генерування гіпотез порівняно з їх осмисленням спостерігають більшу активність ділянок лівої півкулі — DLPFC (поля BA 9 і 46), лущини, парагіпокампальної звивини (поле BA 22), середньої потиличної звивини (поле BA 19), а також лівої верхньої скроневої звивини (*Ibid.*); зменшення активності за таких умов характерне для ділянок лівої середньої потиличної звивини і правої язикової звивини<sup>10</sup> (*Ibid.*).
- Не менш цікаве спостереження С. Porcaro та співавторів (2014) стосовно мережевих корелятив репрезентації **логічного протиріччя у контексті формування суджень**<sup>11</sup>. Вони відмічали послідовне залучення активності у ділянці кори правої середньої лобової звивини (поле BA 11)<sup>12</sup>, а також пов'язану з ідентифікацією суперечливого твердження<sup>13</sup> преферентну активацію ділянки правої нижньої кори лобової частки (поле BA 47), що продовжувалося активацією частини лобово-полярної кори праворуч (поле BA 10) й ACC (поля BA 24 і BA 32). Іншими структурами, активність котрих відмічали на тлі виконання тесту, є кора верхньої лобової звивини (поля BA 6 і BA 8 двобічно), кора прекліна (поле BA 31 ліворуч) і кутової звивини (поля BA 39 і BA 40 двобічно), кора середньої скроневої звивини (поле BA 21 праворуч), РСС (поле BA 31), а також медіальні відділи орбітофронтальної кори й, очевидно, VMPFC (двобічно) і праве хвостате ядро. Істотне зменшення активності спостерігали у корі клина (поле BA 18 двобічно) і в ділянці таламуса (двобічно).

<sup>1</sup> "Overcoming misconceptions"; L. Nenciović та співавтори (2019): "Misconceptions are erroneous representations regarding natural phenomena that seem intuitively true to the learner, but are discordant with scientific representations (Shtulman and Valcarcel 2012). Misconceptions are persistent (Wandersee et al. 1994), resistant to change (Treagust and Duit 2008), and need to be overcome in order for learning of several counterintuitive scientific concepts to occur (Stavy and Babai 2010)."

<sup>2</sup> Поля BA 32 і BA 24.

<sup>3</sup> Поля BA 45 ліворуч, можливо, і поля BA 47 праворуч.

<sup>4</sup> Поля BA 9, BA 46 ліворуч, поля BA 8 і BA 9 праворуч.

<sup>5</sup> "Causal reasoning"; L. Nenciović та співавтори (2019): "Another fundamental aspect of scientific literacy is causal reasoning, the mental process that consists in identifying causality — in other words, deciding whether and how one event (cause) brings about another event (effect) (Drouet 2012; McKay Illari et al. 2011). Causal reasoning can occur by perceptual causality, the direct perception of causality from observing two events, or inferential causality, the inference of causality from the observation of events combined with real-world knowledge (Roser et al. 2005). Causal perception is thus a more automatic process; the type of causal relationship is generally mechanical, meaning that it is based on the spatial or temporal contiguity of two events, such as two balls colliding (Ray and Schlottmann 2007; Scholl and Nakayama 2002; Roser et al. 2005). Causal inference is a more complex process in which the reasoner must evaluate the extent to which two events have a cause-and-effect relationship. The type of causal relationship involved in causal inference is frequently covariation, that is, based on the observation of concomitant variations in two events, phenomena, or variables (Bullock et al. 1982; Cheng 1997; Novick and Cheng 2004; Roser et al. 2005). The recent literature (Lappi and Rusanen 2011; McKay Illari et al. 2011; Rusanen 2014) has pointed out that natural science instruction and learning routinely make use of causality, a long-established and central concept in scientific disciplines, but often lead to a range of interpretations. This tendency suggests the need for a better understanding of the tools underlying causality, including the cognitive mechanisms involved in perceiving and inferring causality."

<sup>6</sup> Поля V5/MT, двобічно.

<sup>7</sup> Двобічно.

<sup>8</sup> Поля BA 6, активацію обох ділянок спостерігають на тлі сприйняття правдоподібних і неправдоподібних теорій.

<sup>9</sup> Активацію спостерігають на тлі сприйняття неправдоподібних теорій.

<sup>10</sup> *G. lingualis*.

<sup>11</sup> "Contradictory judgments, using a logical structure based on categorical propositions of the Aristotelian Square of Opposition (ASoO)."

<sup>12</sup> Тривалість затримки активації відрізнялася для індуктивного та дедуктивного шляху верифікації протиріччя: для індуктивного затримка більша, однак активація означених ділянок кори виразніша.

<sup>13</sup> "Contradictory statement".

- **Цифри і числа.** Двобічна активність у ділянці міжтім'яної борозни, а також у префронтальній і передцентральної корі негативно, однак диференційно корелює з величиною відмінності між числами<sup>1</sup>, причому значимість корі міжтім'яної борозни у з'ясуванні числової величини — первинна (оглянуто D. Ansari, 2008).
- **Осмилення.** Близький до творчого осяяння феномен осмилення<sup>2</sup> може бути пов'язаний з особливостями активності корі верхньої лобової звивини, АСС, МСС, острівця, корі верхньої скроневої і кутової звивини, верхівки<sup>3</sup> і шилу<sup>4</sup> хробака мозочка, хвостатого ядра, котрі виявляють на тлі оперантного спокою (J. Lin та співавт., 2018<sup>5</sup>).
- **Дійова складова.** Цікаво, що у реалізацію когнітивного процесу залучені також типові сенсомоторні ділянки, інтегровані у межах мультимодальної мережі, яка включає кору верхньоїтім'яної часточки,тім'яної покришки, передньої частини острівця<sup>6</sup>, дорзальну частину АСС, SMA<sup>7</sup>, DLPFC<sup>8</sup> і ділянку TPJ<sup>9</sup> (J. D. Medaglia та співавт., 2015<sup>10</sup>).

Загалом, описана на даному етапі коннектомна картина мережевих корелятивів функції пізнання вкрай складна (J. Zimmermann та співавт., 2018; рис. 75), ймовірно, має певні технічні застереження (див. R. A. Poldrack, T. Yarkoni, 2016); про тонку топологічну специфіку — годі й казати.

## подихи психіки на мережах мозку

Повернімось до початку цієї глави. Залишилось багато запитань, та нас найбільше муляють такі: чи існують матеріальні кореляти аксіологічного? Чи виражувана моральність певними матеріальними — колористичними, композиційними, структурними й іншими властивостями споглядуваних об'єктів? Або, концептуальніше, — чи існують зв'язки між естетичною й аксіологічною сферами<sup>11</sup>? І не менш лоскотне — наскільки когнітивно забарвлене мистецтво? І наскільки естетично довершене пізнання? Скільки у моралі раціонального і чи має пізнання моральне забарвлення? Коротше кажучи, нас цікавитимуть співвідношення у межах тріади аксіології, естетики і когнітивістики. І не тільки.

Ось наприклад, попри в цілому скептичне ставлення до твердження про моральну ємність найбільш ідеологічно знебарвленого<sup>12</sup> інструментального<sup>13</sup> музичного мистецтва (оглянуто A. Gomila, J. F. Christensen, 2018), хто ж заперечуватиме тісний зв'язок між моральними і емоційними барвами будь-якого художнього акустичного явища. Мабуть, це пов'язано з тим, що емоційна складова неодмінно виражена у прозодичних варіаціях мови, котра, завдяки ритмічним і тональним характеристикам, гранично близька до "музичності" (див. S. Koelsch, 2014), як особливого формобуття звукових феноменів. Пригадаймо також, що емоційні атрибути музичного мають доволі чіткі формально-структурні вирази<sup>14</sup>, отже зв'язок між естетичною і когнітивно-афективною складовою у цьому сенсі очевидний (див., наприклад, працю S. Koelsch, 2018).

<sup>1</sup> "Negatively correlates with numerical distance."

<sup>2</sup> Схоплення, осягнення, англ. — *creative insight*: "Creative insight is a sudden comprehension that can lead to a new interpretation of a situation and yield the solution to a problem." (J. Lin та співавт., 2018).

<sup>3</sup> Culmen.

<sup>4</sup> Покóту; declive.

<sup>5</sup> Виправлення — J. Lin та співавт., 2019.

<sup>6</sup> У межах *operculum frontale*.

<sup>7</sup> Поля BA 6, BA 24 і BA 32.

<sup>8</sup> Поля BA 10 і BA 46.

<sup>9</sup> Йдеться про ділянку перетину полів BA 19, BA 22, BA 37 і BA 39 у межах TPJ.

<sup>10</sup> З посиланням на: J. Sepulcre, 2012, 2014.

<sup>11</sup> A. Gomila й J. F. Christensen (2018): "There has been a controversy on the moral import of music and art in general. On the one hand, the moralist view contends that there is some sort of link between art and morality, even if the way to specify this link may be highly diverse. It comprises most of the classical views of art, from Schiller's view of the role of artistic education in moral development, to any view that declares a form of art as corrupt or degenerated, or enlightening. What it is assumed minimally in all of them is that the moral import of an artwork contributes to its aesthetic value. On the other hand, formalist views claim that the aesthetic value of an artwork is genuine and autonomous, and therefore it is independent of any other value. ... music ... the most difficult case for the moralist standpoint, given the lack of representational content of music. We argue for a variety of the moralist's view according to which the moral import of a musical artwork is not derived from its content (obviously, as it lack any), but from its pragmatics: the context and the intentions that guide its composition and performance, by analogy with any other intentional action, and point to the emotional impact of music as the common ground that bridges moral and aesthetic values. As a provisional conclusion, we outline a research program for brain studies that follows from this proposal, as a way test its predictions, focusing both on the emotional grounds of valuation and their context-dependency."

<sup>12</sup> Через відсутність візуальної, вербальної, мімічної чи тілеснопластичної складової.

<sup>13</sup> Але не вокально-вербального.

<sup>14</sup> Йдеться, передусім, про мінорний лад і тональності, мажорний лад і тональності.

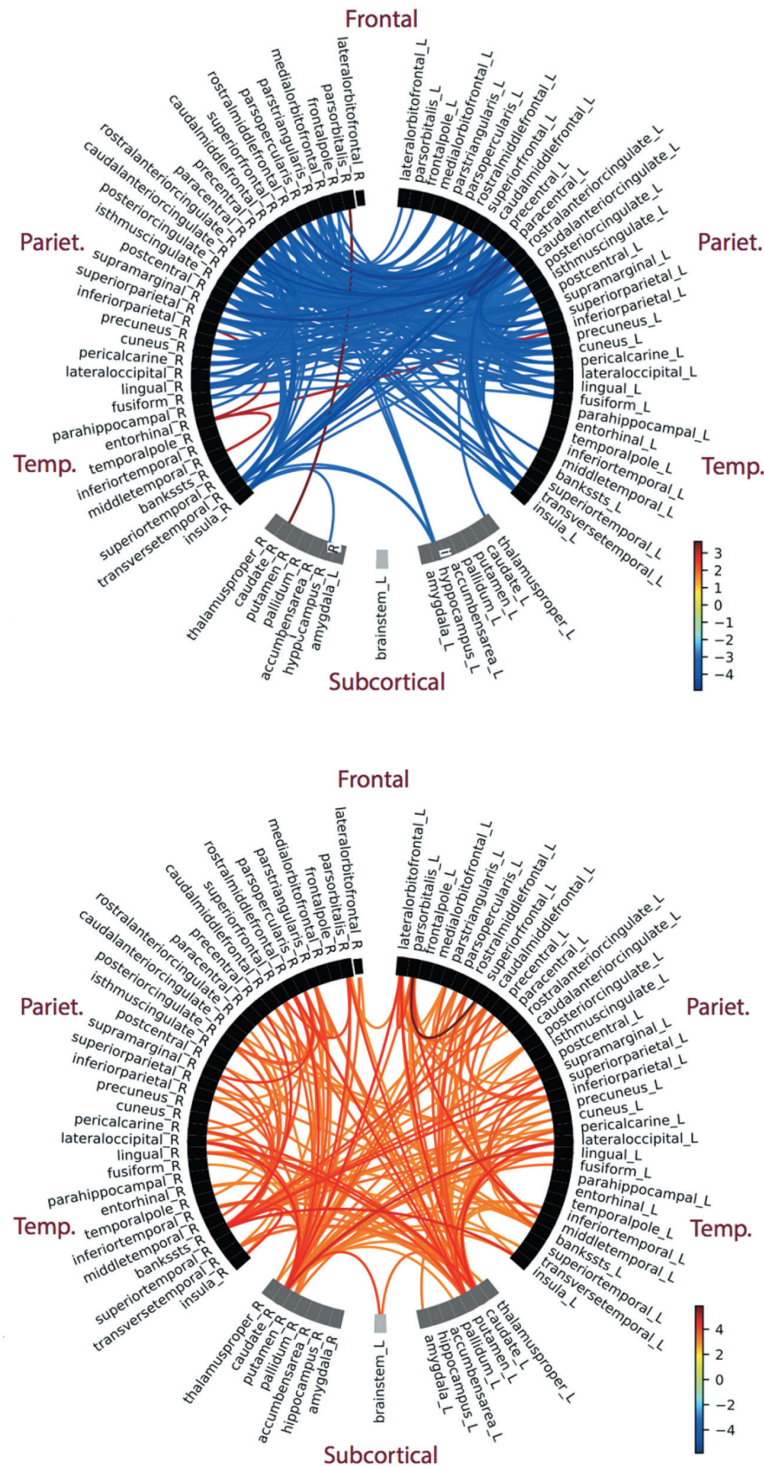


Рис. 75. Мережі пізнання. Конектомний аналіз за різних режимів опрацювання емпіричних даних, отриманих при дослідженні активності мозку на тлі різноманітних когнітивних тестів. Виявилось, що увесь масив розбивається на два типи кореляційних зв'язків між ділянками мозку. J. Zimmermann та співавтори (2018). Відтінки синього — негативна кореляція між ступенем зв'язності, демонстрованої кожним одиничним графом, і успішністю виконання певних когнітивних тестів на тлі дослідження активності мозку. Червоний колір — позитивна кореляція між ступенем зв'язності, демонстрованої графом, і успішністю виконання певних когнітивних тестів на тлі дослідження активності мозку

Мистецтво загалом досить успішно формалізується, хоча б тому, що його наріжним каменем є символ; більш того, творча спроможність значною мірою залежить від уповні передаваних навиків. Мораль не менш вдало формалізовувана — погляньмо на витоки права і його кодифікацію. Своєю чергою, мораль, як і мистецтво, часто розкривається афористично, ірраціонально-аксіоматично.

Отже, між естетичною, когнітивною й аксіологічною сферами наявні суттєві зв'язки. Що й казати про релігійний вимір, у котрому всі ці три складові нерозривно поєднані у практичній, богословській і регламентній гранях<sup>1</sup>. Інша площина можливої спорідненості — між психологічним станом потоку<sup>2</sup> (*D. J. Harris та співавт., 2017*), відчуттям подиву, дивовижності на тлі естетичного сприйняття<sup>3</sup> (*J. Fingerhut, J. J. Prinz, 2018*), а також творчим, пізнавальним чи духовно-релігійним осянням і захопленням (*див. вище*).

Словом, у той час, коли ви читаєте ці рядки, уже надбано значну кількість емпіричних даних, котрі у цілому підтверджують фундаментальні зв'язки між зазначеними чотирма гранями людської психіки.

Спробуймо досягнути їх.

## естетичне й аксіологічне

Почати б з того, що питання естетико-аксіологічних реляцій і їхніх підмурків має значну історичну тяглість; за однією з версій (*A. Gomila, J. F. Christensen, 2018*), ступінь зв'язку між естетичним і аксіологічним судженням на тлі чи стосовно певного мистецького твору, особливо музичного, суттєво залежить від багатьох контекстуальних (передумов<sup>4</sup>. *A. Chatterjee та O. Vartanian (2016)* констатують, що естетична оцінка загалом є важливим фактором різних видів людської поведінки — репродуктивної, споживчої й утилітарно-мистецької, а також, ймовірно, морально забарвленої<sup>5</sup>.

За даними метааналізу результатів фМРТ-досліджень процесу здійснення вибору (*D. J. Levy, P. W. Glimcher, 2012*), ключовими для його естетичного й морального вимірів є VMPFC<sup>6</sup> і частково перекривана з нею орбітофронтальна кора<sup>7</sup>. *D. Zaidel і M. Nadal (2011)* у якості специфічних для сприйняття естетично значимих стимулів розглядають ділянки кори потиличної частки; для реалізації морально забарвленого вибору — орбітофронтальну кору, MPFC і DLPFC, ACC, кору полюса скроневої частки, вентральний стріатум і хвостате ядро; для співвиконання обох опцій — ділянку верхньої скроневої борозни (*ближче до TPJ*), PCC і медіальну частину кори тім'яної частки<sup>8</sup> — майже всі з перелічених ділянок входять до складу мережі оперантного спокою<sup>9</sup>.

На даний час з'ясовано значну кореляцію між сприйняттям естетичних якостей обличчя і прогнозуванням моральних якостей: естетично довершене обличчя розташовує до впевненості у доброчесності спогляданого (*F. Hartung та співавт., 2019*)<sup>10</sup>. Для реалізації такого типу зв'язку<sup>11</sup> характерна активація меді-

<sup>1</sup> Пригадаймо, що яскравим прикладом синергії різноманітних граней вищої психічної сфери людини є наш співвітчизник В. Ф. Войно-Ясенецький: у його образі знаходимо поєднання доктринального і практичного релігійного досвіду, глибокого дослідницького і науково-практичного розмислу, високоморального соціального служіння і значного малярського таланту...

<sup>2</sup> Особливий стан повної концентрації та залученості до виконання певного завдання, що супроводжується максималізацією ефективності виконання, виникає при високому рівні виклику, мотивації і навички виконання завдання; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Поток\\_\(психологія\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Поток_(психологія)); [https://en.wikipedia.org/wiki/Flow\\_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_(psychology)) (30.08.2019 р.).

<sup>3</sup> "Wonder": важливий компонент судження про цінність мистецького твору — *J. Fingerhut, J. J. Prinz, 2018*.

<sup>4</sup> *A. Gomila і J. F. Christensen (2018): "There has been a controversy on the moral import of music and art in general. On the one hand, the moralist view contends that there is some sort of link between art and morality, even if the way to specify this link may be highly diverse. It comprises most of the classical views of art, from Schiller's view of the role of artistic education in moral development, to any view that declares a form of art as corrupt or degenerated, or enlightening. What it is assumed minimally in all of them is that the moral import of an artwork contributes to its aesthetic value. On the other hand, formalist views claim that the aesthetic value of an artwork is genuine and autonomous, and therefore it is independent of any other value. In this chapter we focus on music, as the most difficult case for the moralist standpoint, given the lack of representational content of music. We argue for a variety of the moralist's view according to which the moral import of a musical artwork is not derived from its content (obviously, as it lack any), but from its pragmatics: the context and the intentions that guide its composition and performance, by analogy with any other intentional action, and point to the emotional impact of music as the common ground that bridges moral and aesthetic values."*

<sup>5</sup> *A. Chatterjee і O. Vartanian (2016): "Aesthetic evaluations are appraisals that influence choices in important domains of human activity, including mate selection, consumer behavior, art appreciation, and possibly even moral judgment."*

<sup>6</sup> Поля BA 10, BA 14, BA 25, BA 32, а також частково поля BA 11, BA 12 і BA 13 [https://en.wikipedia.org/wiki/Ventromedial\\_prefrontal\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Ventromedial_prefrontal_cortex).

<sup>7</sup> Поля BA 10, BA 11 і BA 47; [https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal_cortex).

<sup>8</sup> Ймовірно, верхня тім'яна часточка, тобто ділянка прекилина.

<sup>9</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Default\\_mode\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Default_mode_network).

<sup>10</sup> Йдеться про стереотипи "красиве — це добре" ("beautiful is good") і "потворне — це погане" ("disfigured is bad"; *F. Hartung та співавт., 2019*). Пересічні приклади імплементації цього принципу ще донедавна демонструвало популярне кіномистецтво у частині засобів зображення негативних персонажів. "In popular culture, facial disfigurement is often used to distinguish good and evil characters<sup>24</sup>. Well known examples of disfigured villains are Scar in the *Lion King* (large facial scar over left eye), *Freddy Krueger* in *Nightmare on Elm Street* (3rd degree burns and exposed tissue), the *James Bond* villains *Le Chiffre* (facial scar over left eye), *Emilio Largo* (missing eye), *Ernst Stavro Blofeld* (large scar over right eye covering most of his right side of the face), and *Alec Trevelyan* (facial burn scars), *Elle Driver* in *Kill Bill* (missing eye), *Two Face* in the *Batman Universe* (acid scars covering the left side of his head), *Hopper* in *A Bug's Life* (scar covering right eye), and the *Duchess* from *Alice in a Wonderland* (Macrocephaly). This "disfigurement is bad" stereotype is only partially explained by lower attractiveness of disfigured faces<sup>6</sup>." (*F. Hartung та співавт., 2019*). Однак останнім часом усе змінюється.

<sup>11</sup> Сприйняття обличчя і передбачення моральних якостей його носія.

альної частини орбітофронтальної кори праворуч і пригнічення активності задньої частини кори правого острівця (T. Tsukiura, R. Cabeza, 2011). За даними T. Wang та співавторів (2015) визначення естетико-фаціальної і моральної довершеності особи здійснюються за преферентної активації орбітофронтальної кори ліворуч; споглядання красивих облич<sup>1</sup> супроводжується преферентною активацією нижньої орбітофронтальної кори ліворуч, середньої потиличної кори ліворуч, кори верхньої лобової звивини ліворуч, лушпини ліворуч<sup>2</sup> і середньої потиличної кори праворуч; споглядання сцен, що розкривають моральну красу людини, супроводжується преферентною активацією нижньої орбітофронтальної кори ліворуч, а також медіальної орбітофронтальної кори праворуч, кори лівої середньої скроневої звивини, лівої середньої лобової звивини, прицентральної часточки праворуч, МСС (двовічно), РСС (ліворуч), кори прекілина ліворуч, кори кутової звивини (двовічно). Нарешті, за даними Q. Luo та співавторів (2019), у поєднанні оцінки естетичної і моральної довершеності оцінюваної особи<sup>3</sup> відіграє роль кора середньої потиличної звивини<sup>4</sup> і медіальна орбітофронтальна кора<sup>5</sup>; кора острівця активується двобічно на тлі сприйняття некрасивого обличчя та/або негативного морального асоціату оцінюваного; ділянка SMA — лише при співпадінні негативного фаціально-естетичної та моральної якостей споглядуваного; нарешті, на тлі неспівпадіння естетичного і морального враження<sup>7</sup> спостерігають преферентну активність MPFC. Транскраніальна магнітна стимуляція DLPFC<sup>8</sup> суттєво впливає на судження щодо доброчесності<sup>9</sup> осіб на основі споглядання фотовідбитків їхніх облич (C. Ferrari та співавт., 2017). Цікаво, що за даними F. Hartung та співавторів (2019), споглядання фотовідбитків спотворених облич супроводжується преферентною активацією вентральних ділянок скронево-потилічної кори й пригніченням важливих для формування емпатії і соціального пізнання ділянок ACC.

І ще: хіба можливо уявити прояви моральної, естетичної чи релігійної сфери без феномену сліз? А, між іншим, у реакції емоційного плачу ключове місце займає, окрім MPFC і VMPCFC, також і ACC (L. M. Bylsma та співавт., 2018).

## естетичне і когнітивне

Згідно з сучасними уявленнями естетики<sup>10</sup>, що всотали переконання ряду філософів, у тому числі І. Канта, сприйняття краси у цілому неможливе за межами когнітивного процесу, потребує певного мисленнєвого супроводу (A. A. Briemann, D. G. Pelli, 2017). У цьому контексті, внесення когнітивних репелентів<sup>11</sup> істотно порушує естетичне судження, обумовлюючи зменшення суб'єктивно оцінюваної естетичної ваги демонстрованого об'єкту і, що важливо, задоволення, пов'язаного з його сприйняттям<sup>12</sup>. Така ситуація спостерігається лише стосовно тих стимулів, котрі у звичайних умовах викликали суттєве задоволення. Однак, згідно з даними авторів, порушення когнітивного процесу не впливає на отримання задоволення від демонстрації приємних стимулів, позбавлених суттєвого естетичного компонента; висновок — когнітивний супровід важливий саме для формування задоволення від естетично забарвлених, але не від естетично нейтральних стимулів<sup>13</sup>. Цікаво, що

<sup>1</sup> Тобто прикладів фаціальної довершеності.

<sup>2</sup> На думку авторів — елемент кореляту позитивного підкріплення.

<sup>3</sup> Обличчя демонстрували протягом 4000 мс разом з друкованим переліком вчинків його віртуального "носія".

<sup>4</sup> Активувалася переважно під час оцінки взірців, довершених одночасно в естетично-візуальному і у моральному плані.

<sup>5</sup> Активність варіювала поміж різних демонстрованих взірців.

<sup>6</sup> Обраного попередньо випадковим чином.

<sup>7</sup> Випадок естетико-аксіологічного конфлікту.

<sup>8</sup> Але не DMPFC.

<sup>9</sup> Благонадійності — "trustworthiness".

<sup>10</sup> "Philosophers and scientists agree that the experience of beauty is a kind of pleasure ([2] (p. 96, §2), [1, 3, 4, 8–11]). Kant, still the preeminent authority on beauty [12], claimed that beauty requires thought and that sensuous pleasures do not [1]. He later proposed that beauty stems from a harmonious interplay between the faculties of sensation and understanding ([2] (p. 102, §4), [7]). Experimental findings [13, 14] and current models of aesthetic appreciation [3–5] favor this interactionist view." (виділено нами — В. М.). Посилання на цитовані авторами праці І. Канта: [1] Kant, I. (2004). *Observations on the Feeling of the Beautiful and Sublime* (Berkeley: University of California Press); [2] Kant, I. (2000). *Critique of the Power of Judgment* (New York: Cambridge University Press). Див. також: [https://en.wikipedia.org/wiki/Aesthetics#Aesthetic\\_judgment](https://en.wikipedia.org/wiki/Aesthetics#Aesthetic_judgment).

<sup>11</sup> Перешкод, що відволікають від здійснення судження.

<sup>12</sup> Коментар з протилежною точкою зору — S. Luoto (2017); коментар власної праці і рефлексії S. Luoto (2017) — K. Bluehm (2018).

<sup>13</sup> Саме цю думку автори вважають комплементарною позиції І. Канта: "To test Kant's claim of a need for thought, we reduce cognitive capacity by adding a "two-back" task to distract the observer's thoughts. The distraction greatly reduces the beauty and pleasure experienced from stimuli that otherwise produce strong pleasure and spares that of lesspleasant stimuli. ... In sum, we confirm Kant's claim that only the pleasure associated with feeling beauty requires thought ...". У іншому місці виявляється, що порушення когнітивного процесу не впливало на сприйняття приємних, однак естетично нейтральних стимулів, а не "менш приємних" стимулів ('lesspleasant stimuli'), інакше як розуміти таку фразу: "We find that broadly restricting executive function decreases the pleasure taken from beautiful, and not from non-beautiful, stimuli (experiment 1, Fig. 1 and 2). Only nominally beautiful stimuli produce the high average pleasure (exceeding Pbeau) that is susceptible to reduction by a secondary task (Figures 1C and 1D and 2A



сильне задоволення, отримане від сприйняття естетично нейтральних стимулів, визнається досліджуваними добровольцями як естетично забарвлене, що, на думку А. А. Briemann і D. G. Pelli (2017), суперечить іншій тезі І. Канта — стосовно відсутності естетичного виміру у істотно приємних чуттєвих стимулів<sup>1</sup>.

Думка про зв'язок між естетичним судженням і когнітивним процесом є однією з провідних у сучасній нейроестетиці і нейропсихології. Так, А. Chatterjee і О. Vartanian (2014, 2016), М. Nadal і А. Chatterjee (2018; *pus.* 76) описують процес естетичного сприйняття у тріадистичному руслі, визначаючи серед його компонентів групу чуттєво-рухових, емоційно-мотиваційних і когнітивних<sup>2</sup>. Модель, акцептована В. Срее та співавторами (2018), як і більшість інших моделей (J. Liu та співавт., 2017; *pus.* 77), деталізує зв'язки між естетичним судженням і пізнавальною активністю людини. М. Т. Pearce та співавтори (2016) вважають, що когнітивні атрибути є важливими елементами сприйняття краси і творів мистецтва; більш того, ці види психічного процесу, ймовірно, слід взагалі розглядати як варіанти пізнавальної активності<sup>3</sup>. J. F. Christensen та співавтори (2017) вбачають складні соціально-когнітивні атрибути у феномені танцю — типовому культурно-мистецькому явищі<sup>4</sup>.

І в той же час, S. Luoto (2017) відкидає таку схему естетичного сприйняття, допускаючи лише допоміжну<sup>5</sup> роль когнітивної складової і розглядаючи емоційну<sup>6</sup> компоненту як невід'ємну сутнісну складову процесу сприйняття й оцінки візуальної краси<sup>7</sup>. К. Bluehm (2018) бачить причину такого роду протиріч у термінологічно-семантичній площині: серед об'ємної інтерпретації досвіду естетичного сприйняття і судження можна вичленити дотичні, однак відмінні явища, для кожного з котрих справедливим буде один з озвучених підходів<sup>8</sup>.

and 2B). *This confirms Kant's claim that the experience of beauty requires thought and that non-beautiful pleasures do not.*" (виділено нами — В. М.).

<sup>1</sup> "We also find that strong pleasure is always beautiful, whether produced reliably by beautiful stimuli or just occasionally by sensuous stimuli. In sum, we confirm Kant's claim that only the pleasure associated with feeling beauty requires thought and **disprove his claim that sensuous pleasures cannot be beautiful.**" (виділено нами — В. М.). Дивно, але автори зважуються на такий категоричний висновок, минаючи увагою те, що оцінювана у межах їхньої праці добровольцями естетичність ніяк не репрезентує естетичність як таку, тобто те, що добровольці називали якісь стимули естетично істотними, ніяк не об'єктивізує естетичну значимість цих стимулів: що вважати красивим, а що ні — питання без простої відповіді, світоглядне. Отже, за таких умов теза про відсутність естетичного доважку у чуттєво приємних стимулах як таких, точніше, про відсутність значимості чуттєвого задоволення як такого, у підмурках феномену краси залишається актуальною. Крім того, дані про асоціацію між психічними корелятами естетичної довершеності і задоволення при сприйнятті приємних, однак естетично нейтральних стимулів можуть свідчити і про реалізацію аберантної активації мозкових корелятивів естетичного сприйняття при значній силі провокованого тими чи іншими обставинами задоволення, оскільки зв'язок між цими двома характеристиками об'єктів і явищ навколишнього світу є дійсно міцним. Словом, на наш погляд, однозначність висновків у цій комірці знань недоречна.

<sup>2</sup> "Meaning-knowledge"; долучення контексту і культурологічного тла до процесу оцінки, з'ясування контекстуальності, культурної інкорпорованості чи значимості при з'ясуванні естетичної цінності явища.

<sup>3</sup> М. Т. Pearce та співавтори (2016): "Aesthetic experiences engage a wide range of cognitive processes and networks of brain regions."

<sup>4</sup> J. F. Christensen та співавтори (2017): "Several cognitive faculties are uniquely human; dance is one of them"<sup>213</sup>. We have provided an integrative review of neuroscientific and biobehavioral evidence that illustrates the uniquely human functions of the art form dance. Six functions of human dance have been proposed, which go beyond the modern interpretations of the purpose of dance and offer a better understanding of how it evolved and why it is so central to human experience. The anthropological and ethnographical sciences have long described most of these six deeper functions of dance. Contemporary sciences, such as the neurosciences and psychology, have, however, been surprisingly reluctant to integrate this important evidence into their experimental work. This is particularly unfortunate because, for example, the shallow knowledge and subsequent use of dance limits the breadth of benefits that dancing could entail. More importantly, however, the "dance is all about sex" position continues to deprive entire nations of the benefits of dancing owing to dance prohibitions. We do not dispute that certain aspects of dancing might require instruction or the presence of a guide (i.e., as is customary in societies where trance through dance is expressively sought<sup>101, 102</sup>; see also above section on flow) to avoid negative side effects of some dance activities. Prohibitions, however, seem rather harsh solutions, unwise and unnecessary in our modern, highly educated societies. Extensive psychological and neuroscientific research has demonstrated that prohibitions do not solve a problem; rather, unfortunately, they enhance the incentive value of any stimuli related to the prohibited substance, object, or activity<sup>107, 109, 267, 314–316</sup>. **Dance is beneficial and important for the stability of human social, cognitive, and neurobiological systems.** There is evidence to suggest that dance has been used in this way in human civilizations ever since they emerged. The neuro- and biobehavioral science of dance is still in its infancy; however, it holds promising insights into the biological and neural reasons for why we enjoy (and should enjoy) dancing as often as possible." (виділено нами — В. М.).

<sup>5</sup> Наприклад, підсилюючу.

<sup>6</sup> Відчуття задоволення.

<sup>7</sup> S. Luoto (2017): "In conclusion, an aesthetic judgment of beauty is firmly grounded in sensory processes (Jacobsen, 2006), and there are no empirical grounds to cleave visually mediated appreciation of beauty from sensory pleasures. Beauty can be amplified by cognitive processes (Vessel et al., 2012) — such as integration with novel associations, integration over higher semantic levels, or integration over multiple modalities (Mudrik et al., 2014) — processes which can be particularly important for the experience of art (Nadal, 2013). Yet as demonstrated above, elaborate cognitive processes are by no means a prerequisite for the appreciation of beauty."

<sup>8</sup> K. Bluehm (2018): "In conclusion, both lines of evidence, Briemann/Pelli's and Luoto's, seem to have their right. They refer to different phenomena. The obvious conflict between Briemann/Pelli and Luoto supports the assumption, that the correspondence between aesthetic preference behavior (as life world phenomenon) and aesthetic-reflective practice is rather limited. Addison (1712) already distinguishes "two kinds of beauty", the first with background in sexual desire (Guyer, 2015). In the Kantian approach (1790) different phenomena obtain different names. Levinson (2011) posits "Beauty Is Not One." Empirically, Briemann et al. (2017) found, artistic coherence is not experienced to depend on idealized body proportions. Schulz and Hayn-Leichsenring (2017) dissociate attractiveness and artistic beauty."

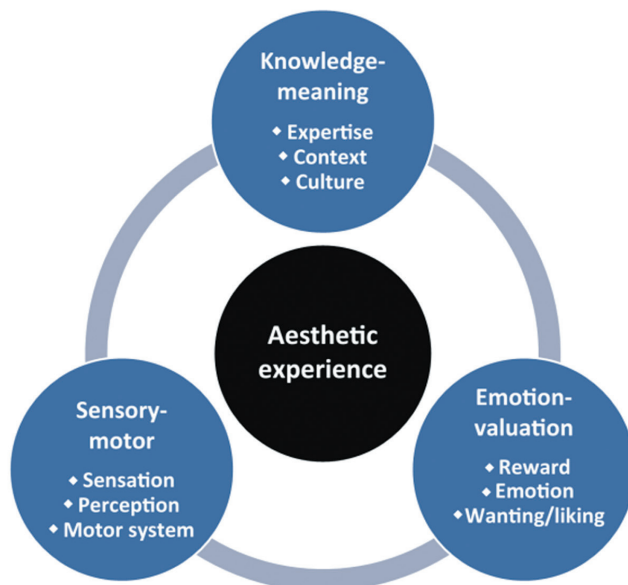


Рис. 76. Тріада естетичного досвіду — естетичного сприйняття і судження за A. Chatterjee та O. Vartanian (2014, 2016), M. Nadal та A. Chatterjee (2018).

## естетика раціонального

Одним із яскравих доказів глибоких зв'язків між когнітивною і естетичною гранями психічного є присутність також і питомо естетичних критеріїв вдалого розв'язку складних завдань. Приміром, давно відоме поняття математичної краси, котра полягає в естетичній довершеності математичних закономірностей<sup>1</sup>, лаконічності й влучності доказів, непередбачуваності логічних поворотів тощо<sup>2</sup>.

Важко пройти повз естетичний поблиск відомої тотожності Ейлера, котра ув'язує два фундаментальні трансцендентні числа (**e** і **π**), два найвідоміші арифметичні числа (**0** і **1**) і уявну одиницю (**i**):  $e^{i\pi} + 1 = 0$ .

Не меншою красою світіє формула Ейнштейна:  $E = mc^2$ .

Естетично довершеним є принцип золотого перетину<sup>3</sup>, котрий пронизує увесь наш світ, його біологічну<sup>4</sup> й молекулярно-генетичну<sup>5</sup> грані, є основою візуальної краси і музичної довершеності<sup>6</sup>.

Багато математиків, особливо тих, що працюють з абстрактними, однак просторово забарвленими поняттями<sup>7</sup>, а також з іншими розділами математики<sup>8</sup>, асоціюють математичні об'єкти з певними візуальними образами<sup>9</sup>, що неодмінно актуалізує роль естетичного у цій галузі знань. Фізика елементарних часток тривалий час послуговувалася принципом симетрії і далі — суперсиметрії у прагненнях звести розмаїття складових всесвіту до обмеженого переліку фундаментальних елементів. Нарешті, воління до лаконічності, відображене у принципі "леза Оккама", пронизує увесь раціональний метод, є однією з його підвалин; і цей же принцип напрочуд близький до поняття "відчуття міри", без якого немислима естетична довершеність<sup>10</sup>.

<sup>1</sup> S. G. B. Johnson, S. Steinerberger, 2019.

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical\\_beauty](https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_beauty); [https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematics#Inspiration,\\_pure\\_and\\_applied\\_mathematics,\\_and\\_aesthetics](https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematics#Inspiration,_pure_and_applied_mathematics,_and_aesthetics); Кримський С. Б. Запити філософських смислів. — К.: Вид. ПАРАПАН, 2003. — 240 с. С. 166; Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2007. — 912 с. С. 857–861; Вечтомов Е. М. Об эстетике математики. Вестник Вятского государственного университета. 2012;1(4):69–75.

<sup>3</sup> Його математичний вираз —  $a + b/a = a/b = \Phi$ , де  $\Phi$  — відоме ірраціональне число,  $\Phi = 1:61803\dots$

<sup>4</sup> В. Д. Цветков, 1997 (Цветков В. Д. Сердце, золотое сечение и симметрия. Пушино : Отдел науч.-техн. информации Пушкинского науч. центра РАН, 1997. 170 с.); J. C. Perez, 2010; E. P. Prokorkakis та співавт., 2013; S. Ozturk та співавт., 2016; K. Yalta та співавт., 2016; Y. Liu, D. J. T. Sumpter, 2018.

<sup>5</sup> J. C. Perez, 2010; Y. Liu, D. J. T. Sumpter, 2018.

<sup>6</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Золотий\\_перетин](https://uk.wikipedia.org/wiki/Золотий_перетин) (30.08.2019 р.).

<sup>7</sup> Топологічні простори, многовиди, теорія множин тощо.

<sup>8</sup> Теорія груп, алгебра, теорія чисел.

<sup>9</sup> Кільця у теорії груп тощо.

<sup>10</sup> [https://ru.qwe.wiki/wiki/Occam's\\_razor#Aesthetic](https://ru.qwe.wiki/wiki/Occam's_razor#Aesthetic). Згадаймо таке явище, як кітч, і стане зрозумілим значення міри у мистецтві (<https://en.wikipedia.org/wiki/Kitsch>).

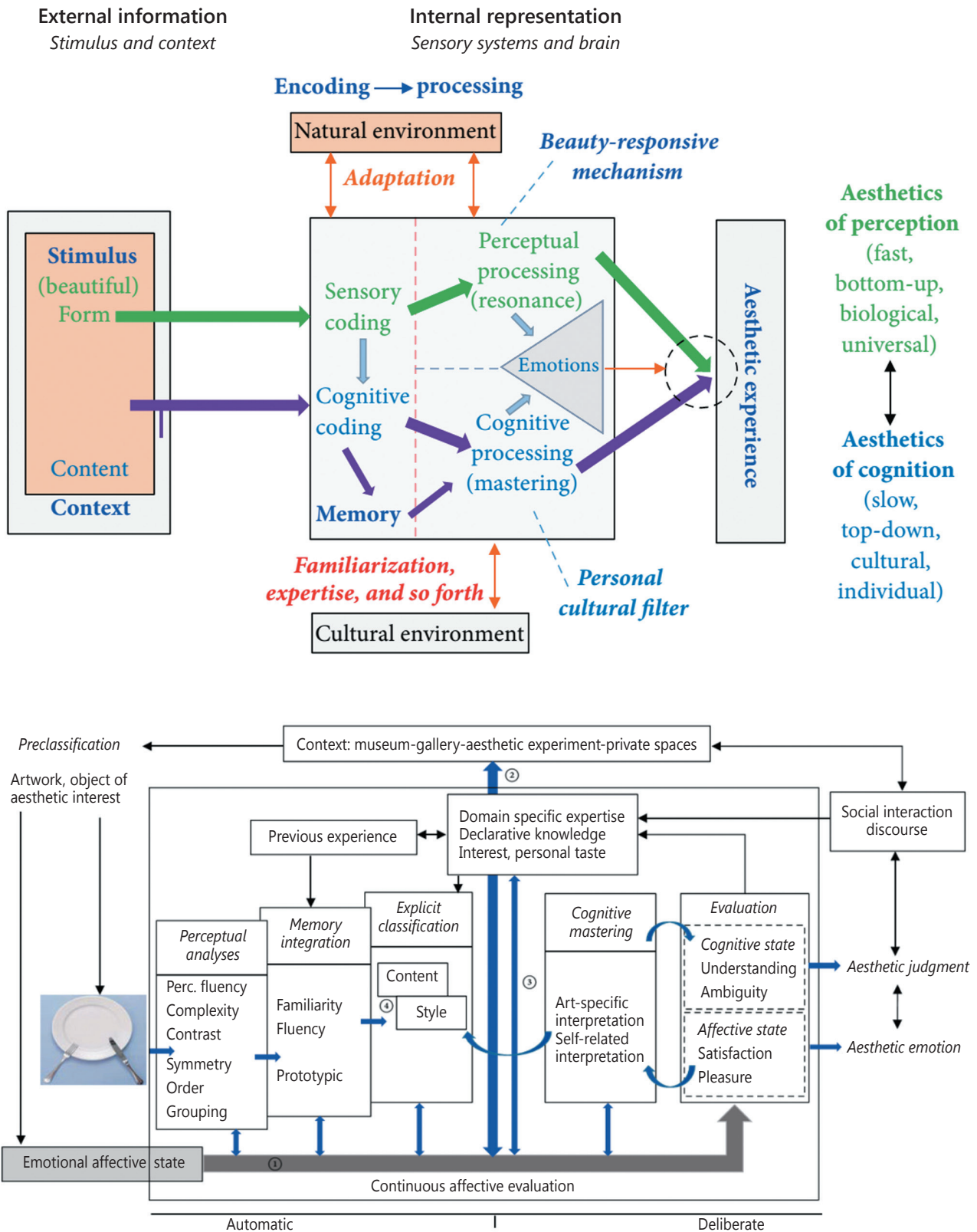


Рис. 77. Моделі естетичного сприйняття і судження: С. Redies (2015) і Н. Leder та М. Nadal (2014). Зібрано і оглянуто J. Liu та співавторами (2017)

У практичній площині — існування поняття “мистецтво тієї чи іншої діяльності” вкотре свідчить, що критерій довершеності вповні естетичний.

А якщо іще простіше — і мистецтво, й наука містять у серцевині творчий процес. З цієї точки зору аргументування спорідненості естетичного і когнітивного є “розкриттям очевидного”. І хто сперечатиметься з тим, що наука загалом і нейронаука — зокрема, давно і глибоко інкорпоровані у тіло мистецтва (С. L. D'Souza, 2012<sup>1</sup>). Приміром, кінематографічного.

## нейропедагогіка

Позитивний соціальний та індивідуальний вплив мистецтва, здається, є акцептованим науковою спільнотою фактом (оглянуто J. F. Christensen, A. Gomila, 2018). У той же час потреба і форма залучення естетичного дискурсу у навчальний чи пізнавально-науковий процес є предметом дискусії. Залишається контроверсійним впровадження досягнень нейропсихології у педагогічну практику, як і правомірність та обґрунтованість існування відповідного напрямку — “нейропедагогіки”<sup>2</sup> (J. S. Bowers, 2016). Поміж скептицизму педагогів і вікових психологів стосовно інтерпретаційної спроможності й дидактичної перспективи досягнень сучасної нейрофізіології та нейропсихології<sup>3</sup>, існують зауваження і щодо спроб редуцїоністської інтерпретації педагогічної практики із залученням анахронічних чи фейкових уявлень про функцію мозку, котрі отримали в літературі узагальнену назву “нейроміфи”<sup>4</sup>. Хай там як, але не полишаються спроби пошуку нейропсихологічних “маркерів”, чи корелятив творчих нахилів особистості (Y. Huang, 2019), не кажучи про систематизацію досвіду покращення когнітивних здібностей<sup>5</sup>.

Напевне, однією з галузей, у котрій роль гуманітарно-естетичної і навіть релігійної складової може виявитися істотною, є медицина. Прикладів поєднання кількох сфер в одній особистості під крилом медичного служіння багато, варто лише згадати образ В. Ф. Войно-Ясенецького, у котрому сфокусувалися доктринальний і практичний релігійний досвід, науково-медична і хірургічна майстерність, високоморальне соціальне служіння і значний художній талант. На даний час описано прецедент успішного використання естетичного й мистецтвознавчого компонента у навчальному процесі — ціль-орієнтованого програмного діалогічного занурення у середовище експонованих мистецьких творів у курсі преклінічного навчання студентів-медиків (H. J. Roberts, J. M. Noble, 2015). Думаємо, насправді таких педагогічних експериментів більше, однак лише одиниці отримують якісну верифікацію результату.

## релігійне і раціональне

Результатом наполегливого звуження умоглядної складової вищої психічної діяльності людини до оско-минної “інтелектуальності” — здатності опанувати й вміло послуговуватися певним об'ємом знань чи навичок — є висновок про конфліктність релігійної й пізнавально-наукової сфер, що нібито доводиться спостереженнями на значних вибірках (M. Zuckerman та співавт., 2013)<sup>6</sup>. Попри безперечну відмінність обох

<sup>1</sup> D'Souza CL. *Art and neuroscience: the historical emergence and conceptual context of neuro-art: a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in art history. School of Humanities and Social Science, Jacobs University, Bremen. 2012; 316 p.*

<sup>2</sup> “Neuroeducation”, “educational neuroscience”; I. M. Devonshire, E. J. Domett, 2010; M. S. C. Thomas та співавт., 2019; елементи верифікаційної методології нейропедагогіки представлені у S.J. Anderson та співавт., 2018; див. також: <https://ru.wikipedia.org/Нейропедагогіка>; [https://en.wikipedia.org/wiki/Educational\\_neuroscience](https://en.wikipedia.org/wiki/Educational_neuroscience).

<sup>3</sup> I. M. Devonshire, E. J. Domett, 2010; J. S. Bowers, 2016. Не слід забувати про методики покращення певних когнітивних спроможностей — так зване “нейропідсилення” (<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroenhancement>).

<sup>4</sup> S. Dekker та співавт., 2012; N. Düvel та співавт., 2017; K. Macdonald та співавт., 2017; M. Papadatou-Pastou та співавт., 2017; [https://en.wikipedia.org/wiki/Educational\\_neuroscience#Neuromyths](https://en.wikipedia.org/wiki/Educational_neuroscience#Neuromyths). Хоча й це, начебто позитивне починання слабує на вибіркочу об'єктивність, оскільки перелік “міфічних” тверджень тією чи іншою мірою може відображати панівну світоглядну парадигму, наукову моду чи, простіше, актуальні (однак не остаточні і тому — не істинні) уявлення про ті чи інші аспекти функції чи улаштування мозку. Таким чином, інструмент просвітництва може легко стати засобом стигматизації носіїв певних, у силу тих чи інших причин шельмованих наукових ідей. Згадаймо, наприклад, епопею з “лімфатичною системою мозку” і уявімо, до якої категорії віднесли б ще 10 років тому твердження, що у мозку (чи у ТМО) є власна кванзілімфатична система, завдяки якій можливе “промивання мозкової речовини” під час сну, причому (!) задля такого “промивання” об'єм клітинного компонента мозку драматично зменшується (див. том II, с. 305, 306). Думаємо, носію такого роду тверджень світили б підозри у якості психічного здоров'я. Отже, окреслена проблематика — складна, торкається суспільних механізмів створення нових знань, їх сприйняття й осмислення фаховою спільнотою, ретрансляції у ширші кола, вододілу між лапідарністю і вульгарністю у широкому оприлюдненні отриманих результатів тощо (див., приміром, [https://en.wikipedia.org/wiki/Science#Science\\_and\\_the\\_public](https://en.wikipedia.org/wiki/Science#Science_and_the_public); [https://en.wikipedia.org/wiki/Public\\_awareness\\_of\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Public_awareness_of_science); [https://en.wikipedia.org/wiki/Sociology\\_of\\_scientific\\_knowledge](https://en.wikipedia.org/wiki/Sociology_of_scientific_knowledge)).

<sup>5</sup> “Cognitive enhancement”; L. J. Maier та співавт., 2015; M. Dresler та співавт., 2019; <https://www.elsevier.com/books/cognitive-enhancement/knafo/978-0-12-417042-1>;

<sup>6</sup> У цій праці, навіть за найвищими оцінками на користь гіпотези “релігійно-інтелектуального” антагонізму, коефіцієнт оберненої кореля-

сфер людської психіки — раціоцентричної та релігійної — можна навести масштабний перелік прикладів їх тісного співіснування у видатних релігійних мислителів далекого і близького минулого — Василя Великого, Августина Блаженного, Томи Аквінського, Луки Кримського<sup>1</sup>, не кажучи про типових у сучасному розумінні вчених, у тому числі лауреатів Нобелівської премії<sup>2</sup>. Більш того, зневажити матеріал, накопичений тисячоліттями копівкою інтелектуально-духовної праці сотень, якщо не тисяч богословів-мислителів<sup>3</sup>, напевне, до снаги лише легковажному. Підозрюємо, що схожий дослідженому М. Zuckerman та співавторами (2013) антагонізм можна прослідкувати і між естетичною й пізнавально-науковою сферами, особливо на тлі популярного, вульгарного розуміння мистецтва і науки. Крім того, безглуздо вважати довершеними визначники рівня інтелекту, позбавлені питань стосовно релігійної сфери: сучасна людина не може не володіти мінімальною сумою знань історичного чи загальнокультурного гатунку, більшість яких просякнута релігійно-світоглядними реляціями.

Отже, не сумніваючись у дослідницькій доброчесності науковців, котрі отримують і оприлюднюють дані щодо співвідношення між сферою релігійності та іншими сферами буття людини, не можна пройти повз умотивовану власним світоглядом тенденційність багатьох коментаторів. Опис таких співвідношень у лексиці “конфліктності” викликає подив: не менш барвисто можна описати “конфлікт” між “музичністю”<sup>4</sup> і пізнавально-науковою “інтелектуальністю”<sup>5</sup>, чи, приміром, між професійно деформованою, звуженою “інтелектуальністю” рафінованого спеціаліста-науковця й енциклопедичною обізнаністю популяризатора-коментатора. Адже геніальність виявляється, окрім іншого, у прямо-таки аутичній концентрації уваги особи на певній, властивій обдаруванню, проблематиці, що часто обумовлює кричущу до дивакуватості необізнаність в інших сферах, котра не завжди компенсується генієм на фазі “метаосмислення” отриманих ним проривних результатів<sup>6</sup>. Нікому не спаде на думку вважати обдарованість, котра у більшості випадків є звужуючою, фокушуючою щодо інформаційного контенту особистості, “конфліктною” щодо “інтелектуальності” у широкому розумінні слова. Але саме в такому ключі з характерною фігурою умовчання подають інформацію щодо антиномічності релігійної та інших, більш популярних у даний час сфер психіки.

Як тут не згадати, що науковий метод, хочемо ми того чи ні, має у своїй основі, окрім іншого, елемент довіри — хоча би стосовно перевірених<sup>7</sup> результатів попередників. Ми довіряємо тим поодиноким фахівцям, котрі взяли на себе відповідальність з’ясувати вірність того чи іншого висновку. Приміром, у математиці

ції становить  $-0.25$ , що не може вважатися статистично значущим. Тенденція найвиразніша у осіб молодого віку і найчастіше проявляється як переконання в існуванні антагоністичної діади “інтелектуальний рівень — релігійні переконання” (точніше, “negative relation between intelligence and religiosity”), але не стосовно співвідношення між поведінковими особливостями і релігійними переконаннями. Як з’ясувалося, протягом останнього століття жодне із досліджень такого роду не виявило статистично значущої оберненої кореляції між релігійністю й інтелектуальною успішністю у світському сенсі. Для ознайомлення з темою пропонуємо добре укомплектовану посиланнями на першоджерела доповідь О. М. Лунного (А. Н. Лунный): <https://imperor-id.livejournal.com/30805.html>. Від себе додамо, що у такого роду досліджень є маса пересторог, насамперед обумовлених наявністю значного числа неусувних абстрактних факторів. Сучасна методологія квантифікації й верифікації тих чи інших індивідуальних особливостей психічної сфери людини (див., наприклад, I. Schindler та співавт., 2017 — стосовно квантифікації рівня естетичних емоцій) слабує на ряд недоліків, нівелювати вплив котрих навряд чи можливо. Передусім — фактор контекстуальної історичною й культурологічному (культурному) соціальному тлу світоглядної ангажованості. Навряд чи опитувальники для з’ясування глибини інтелекту людини у наш час, в інші епохи чи у різних суспільствах були б ідентичними. По-друге — актуальні опитувальники в силу очевидних обставин не є і не можуть охоплювати усі складові навіть одного атрибуту психіки; крім того, відображаючи широту знань людини, вони можуть гірше верифікувати кмітливість чи, приміром, креативність. По-третє — такі складові мнестичного процесу, як креативність, при всій повазі до існуючої методології її верифікації (див. том III, с. 153-159), далекі до з’ясування власне творчості — її важко стандартизувати. Прості ж відповідники креативності, які легко оцінити й уніфікувати, навряд чи відображають це явище у масштабі, характерному для пізнання й творчості. У загальному, проблема верифікації й квантифікації психічних феноменів — фундаментальна для всієї психології й психіатрії, полягає, на нашу думку, хоча б у збільшенні варіативності при індивідуалізації розгляду, тобто у питомій неповторності, казуальності яскравих проявів цих феноменів. Чи усувана ця проблема узагалі? Відповідь, на наш погляд, — негативна, оскільки навіть у фізичному світі повне раціональне осягнення будь-якого явища неможливе ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Копенгагенська\\_інтерпретація](https://uk.wikipedia.org/wiki/Копенгагенська_інтерпретація)).

<sup>1</sup> В. Ф. Войно-Ясенецького.

<sup>2</sup> Різнібічна підбірка з цього питання: [https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship\\_between\\_religion\\_and\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship_between_religion_and_science); <https://pravoslavie.fm/science/spisok-veruyushhih-ucheniyh/>; <https://bible-help.ru/verujushhie-uchenye/>; <http://nobelist.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/50-nobelists-rus.pdf>.

<sup>3</sup> Для хоча б поверхневого ознайомлення: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теологія#Богослів'я,\\_наука\\_і\\_філософія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теологія#Богослів'я,_наука_і_філософія); <https://en.wikipedia.org/wiki/Theology>; [https://en.wikipedia.org/wiki/Christian\\_theology](https://en.wikipedia.org/wiki/Christian_theology); [https://en.wikipedia.org/wiki/Eastern\\_Orthodox\\_theology](https://en.wikipedia.org/wiki/Eastern_Orthodox_theology).

<sup>4</sup> Даруйте за незграбний варіант узагальненого позначення музичної обдарованості, котра, безперечно, може мати безліч варіацій.

<sup>5</sup> Транслітерація цього терміна з англійської дає буквально “інтелігентність” [intelligence] — термін, який на теренах колишньої Російської імперії й СРСР має певну інтелектуально і соціально вивисувальну конотацію (<https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтелігенція>).

<sup>6</sup> Тобто, коли коли генії на схилі років віддають належне метаузагальненням і світоглядним роздумам.

<sup>7</sup> Абсолютна верифікація за жодних умов неможлива, інакше це б означало кінець науки й часу і абсолютизацію людини.

верифікація деяких тверджень істотно затратна, важка навіть для алгоритмізованого, машинного методу<sup>1</sup>, розв'язки великих проблем викладаються на десятках і сотнях сторінок машинопису<sup>2</sup> і потребують тривалої ретельної перевірки фахівцями. Щодо фізики мікрочасток — її критична залежність від дороговартісного й енергетично високозатратного устаткування у найфундаментальніших питаннях незаперечна, отже, верифікація незмінності, “голоправдивості” того чи іншого результату — умовна<sup>3</sup>. Ми заколисуємо власне сумління тим, що у наших планетарних, приміром, умовах ті чи інші емпіричні дані вповні вірні й повсюдно відтворювані. Однак наскільки ці умови відтять від космічних, де можуть проявлятися інші, невідомі сторони фізичного улаштування світу — достоту невідомо<sup>4</sup>. Ми віримо, що порушення такої “ізоляції” — явище рідкісне і впродовж нашої наукової кар’єри чи нашого життя навряд чи вигулькне. Ми віримо. Бо занадто багато повсякденних умовностей залежать саме від цього, не кажучи уже про наші уявлення щодо краси улюбленої наукової теорії і власної непересічності у її ландшафті...

Не забуваймо також, що релігійна<sup>5</sup> й “естетична”<sup>6</sup> рефлексія багатьма авторами розглядаються як особливі форми вищого пізнання: усім відома неспростовність вироків і влучність спостережень духовно чи творчо обдарованих постатей стосовно тих чи інших особливостей світобуття й соціального феномену людини.

І ось, комплементарно такому соціопсихологічному суголосю між релігійною, пізнавальною й естетичною сферами, сучасна нейропсихологія володіє масивом емпіричних доказів перекриття їхніх основних мозкових корелятив.

### проблема “тіла — розуму”

Неможливо оминати увагою суперечку між ідеалістами й позитивістами, котра у сьогочасні набула форми дискусії між психологами й нейрофізіологами<sup>7</sup> на тлі монументальної проблеми “тіла — розуму”<sup>8</sup>. Смісл полеміки — чи можлива пізнавальна “редукція” феномену особистості<sup>9</sup> і яка глибина його раціонального осягнення. Похідне — чи можливе позаприродне відтворення особистості шляхом елементного конструювання.

Незважаючи на деклароване прихильниками сучасного фізикалізму<sup>10</sup> торжество цієї пізнавальної й світоглядної програми<sup>11</sup>, у її межах залишаються невирішеними навіть засадничі питання<sup>12</sup>. Особливо гостро

<sup>1</sup> Йдеться про проблему чотирьох фарб: Стюарт І. Величайшие математические задачи / Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2015. — 460 с. С. 119–126; [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted\\_proof](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted_proof).

<sup>2</sup> Наприклад, велика теорема Ферма (129 сторінок фахового видання; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Велика\\_теорема\\_Ферма](https://uk.wikipedia.org/wiki/Велика_теорема_Ферма); [https://en.wikipedia.org/wiki/Wiles%27s\\_proof\\_of\\_Fermat%27s\\_Last\\_Theorem](https://en.wikipedia.org/wiki/Wiles%27s_proof_of_Fermat%27s_Last_Theorem); першоджерело у двох частинах: Wiles, Andrew (1995). “Modular elliptic curves and Fermat’s Last Theorem.” *Annals of Mathematics*. 141 (3): 443–551; Taylor R, Wiles A (1995). “Ring theoretic properties of certain Hecke algebras.” *Annals of Mathematics*. 141 (3): 553–572) чи теорема Пуанкаре (68 сторінок, посилання на 3 першоджерела — [https://en.wikipedia.org/wiki/Poincar%C3%A9\\_conjecture#Hamilton's\\_program\\_and\\_Perelman's\\_solution](https://en.wikipedia.org/wiki/Poincar%C3%A9_conjecture#Hamilton's_program_and_Perelman's_solution)) або проблема чотирьох фарб (700 с.; Стюарт І. Величайшие математические задачи / Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2015. — 460 с. С. 124; [https://en.wikipedia.org/wiki/Four\\_color\\_theorem#Proof\\_by\\_computer](https://en.wikipedia.org/wiki/Four_color_theorem#Proof_by_computer)).

<sup>3</sup> Оглянуто у: Smolin, Lee. The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of a science, and what comes next. Houghton Mifflin, Boston, 2006 (ISBN 97806185510570618551050); переклад російською: <http://www.rodon.org/sl/nsfvtsunichzes/> (06.09.2020 р.).

<sup>4</sup> Оглянуто оглянуто у: Smolin, Lee. The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of a science, and what comes next. Houghton Mifflin, Boston, 2006 (ISBN 97806185510570618551050); переклад російською: <http://www.rodon.org/sl/nsfvtsunichzes/> (06.09.2020 р.).

<sup>5</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Religion#Science>; [https://en.wikipedia.org/wiki/Faith\\_and\\_rationality](https://en.wikipedia.org/wiki/Faith_and_rationality); [https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship\\_between\\_religion\\_and\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship_between_religion_and_science); [https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship\\_between\\_religion\\_and\\_science#Integration](https://en.wikipedia.org/wiki/Relationship_between_religion_and_science#Integration) (06.04.2019 р.).

<sup>6</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мистецтво#Гносеологічна\\_функція](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мистецтво#Гносеологічна_функція) (06.04.2019 р.).

<sup>7</sup> А також осмислення місця нейрофізіологічних здобутків у сучасній психології — S. J. Schwartz та співавтори (2016 а). *Опубліковані коментарі на зазначену працю* — A. W. Staats (2016), W. W. Tryon (2016); відповідь авторів — S. J. Schwartz та співавтори (2016 б)

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Mind-body_problem) (06.04.2019 р.).

<sup>9</sup> “Зводимість” феномену до сукупності певних “першочастин”, у даному випадку — вичерпне “описання” особистості властивостями питомо “розкладуваного” (складного, структурного) матеріального її “носія” — людини у межах редукціоністської антропологічної програми, тобто осягнення людини як цільного явища, виходячи виключно з дослідження її матеріальних складових. Див. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Редукціонізм>.

<sup>10</sup> У котрому виокремлюють як редукціоністський, так і нередукціоністський підхід — <https://ru.wikipedia.org/wiki/Физикализм>.

<sup>11</sup> Котра, до речі, давно набула рис панівної ідеології.

<sup>12</sup> P. Thagard, 2009; G. A. Miller, 2010; J. Trigg, M. Kalish, 2011; P. Goff, 2012; J. Neisser, 2012; T. Sturm, 2012; J. L. Preston та співавт., 2013; B. Kotchoubey та співавт., 2016; B. Chambliss, 2018. R. Pepperell (2018): “The innumerable neuroscientific studies conducted using in vivo methods like fMRI, PET, EEG13, C MRS provide no direct evidence that the brain is a computing machine for information processing, even though it might be interpreted as such.” Див. також: J. Seifert (1997); *Four arguments for mental life inhering in a spiritual substance*; <http://www.disf.org/en/documentation/08-Seifert97.asp>.

це відчувається у царині психології й психіатрії<sup>1</sup>, а також у педагогії й у віковій психології<sup>2</sup>. До прикладу, назвавши процедуру “пізнання” особистості — редукцією першої особи<sup>3</sup>, Р. Е. Tressoldi та співавтори (2017) заперечують її реалістичність<sup>4</sup>; неможливість зведення єдності мозку і розуму до певних раціонально осмислюваних механізмів і доречність застосування до цієї пари принципу доповнюваності Бора підкреслює А. Gierer (2008), апелюючи до фінітності буття всесвіту й кількісної обмеженості множини його елементів для вичерпного обрахунку функції мозку<sup>5</sup>; чітка структуральність, максималізована, приміром, у бу-

<sup>1</sup> Проблема “біологізму”, “редукціонізму”, “функціоналізму” у психіатрії; G. A. Miller, 2010; M. Stier, 2013; H. Walter, 2013; J. H. Heinrichs, 2014; P. Hucklenbroich, 2014; B. Kastrup, 2014 [Kastrup, B. (2014). *Why materialism is baloney*. Winchester, United Kingdom: Iff Books]; M. Stier та співавтори, 2014; B. Kastrup та співавтори, 2016; R. Epstein, 2016 (<https://aeon.co/essays/your-brain-does-not-process-information-and-it-is-not-a-computer>, 17.10.2019 р.); T. K. Pernu, 2017; D. Vrsboom та співавтори, 2018 (коментарі — загалом 29 дописів у мережі PubMed — <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29361992>; відповідь авторів — D. Vrsboom та співавтори, 2019; див. також: Vrsboom D, Cramer AQJ, Kalis A. *Reductionism in retreat*. *Behav Brain Sci*. 2019 Jan;42:e32. doi: 10.1017/S0140525X18002091); D. Telles-Correia, 2018; F. Thibaut, 2018; H. H. Maung, 2019. М'якший варіант редукціонізму — “нейромерджентизм”, “нейроконструктивізм”; згідно з “нейромерджентниму” гіпотезами, цілісні вищі психічні функції виникають (“to emerge”), у тому числі в онтогенетичній перспективі, з певних простих функціональних складових, за котрими наявний чіткий морфологічний субстрат (А. Е. Hernandez та співавтори, 2019; V. Marian, S. Hayakawa, 2019).

<sup>2</sup> J. S. Bowers, 2016.

<sup>3</sup> У літературознавчому розумінні; тобто представлення суб'єкта як третьої особи для іншого, у вигляді суми уявлень іншого про цю особу.

<sup>4</sup> “We hope this essay will alert all scientists who are endorsing a metaphysical physicalism approach who posit that all mind contents are nothing but a byproduct of the brain or emerging properties of its computational complexity (Schwartz et al., 2016; Smart, 2014) that for many phenomena, the 1PAs are the only reliable source of information available and that the knowledge of their neural and psychophysical correlates does not offer any additional information about their contents, but only complementary information. Furthermore, the wealth of data available on hypnosis and meditation see (Facco, 2014; Facco, 2017), as well as music perception and performance (Fauvel et al., 2014; Han et al., 2009; Koelsch et al., 2005; Ohnishi et al., 2001) provide an increasing evidence that the mind-brain relationship is not an unidirectional one, defined by a bottom-up hierarchy from brain to mind; rather, it can be better conceived as a bidirectional relationship, where mind may also engender both functional and steady, structural changes in the brain. Needless to say, music, its value and meaning, can only exist in the realm of 1PA. The whole problem is endowed with huge epistemological and metaphysical implications, to be reappraised in order to avoid any inadvertent dogmatic drift in the scientific approach to the world of subjectivity (Klein, 2013; Klein, 2015c). Given the enormous investments in the brain research both in the USA and Europe (see Global Brain Workshop, 2016; Markram, 2012), there is a serious risk that very few research resources (e.g. funds, personnel, etc.) will be devoted to the investigation of 1PAs. It is curious that a similar worry is shared by supporters of a mind-brain physicalism like Schwartz et al., (2016), when they declare that “... an eliminative reductionist perspective, in which behaviours, thoughts, feelings, and other experiences can be completely explained by biological processes at the cellular and molecular levels, may be difficult to square with much current scholarship in neuroscience and in the broader field of psychology. Nevertheless, given the dependence of researchers, departments, and universities on federal grant funding, priorities emphasized by funding agencies and by their review committees may “force the hands” of researchers, departments, and universities to prioritize neuroscience at the expense of other approaches.” Page 15 Following Stanley Klein discussion about the limitations of reducing the study of Psychological Science to its biological mechanisms, we endorse his claim that “experiential aspects of reality (reflected in mental construct terms such as memory, belief, thought, and desire) give us reason to remain open to the need for psychological explanation in the treatment of mind.” (Klein, 2016; page 357).”

<sup>5</sup> A. Gierer (2008): “A satisfactory theory of the brain–mind relationship would have to encompass a general and reliable method for deducing mental states and activities from data on physical brain states, a procedure that may be described as “decoding” physical brain states with respect to corresponding mental states. This is already possible to some extent, as in cases in which certain mental states and processes can be inferred from neuroimaging of brain areas by activity-dependent nuclear magnetic resonance; but we are now asking for intrinsic limitations. **Decoding is not sufficient, per se, for explanation**, but unsurmountable limitations of decodability may reveal epistemologically relevant limits of scientific explanations of mind. ... Let us perform a thought experiment: let us suppose that we can simulate states and processes of the brain by a correspondingly constructed and programmed computer. In principle, we could calculate, over time, what would happen to a given initial brain state when exposed to certain exterior conditions, and which behavioral responses would result. One could now argue that we could thus test all possible exterior conditions of the future, one after the other, with the final goal of determining the general behavioral dispositions corresponding to the initial state of the brain, but valid for different scenarios in an open future—and, in this way, to decode the present brain state with respect to conscious states objectively and exhaustively, at least as far as they are related to behavioral dispositions. But, on second thought, we realize that this would not work; **a procedure of this sort proves to be impossible to perform if we consider the finiteness of the world and take it seriously in epistemological terms: the intrinsic finiteness of the world also limits the decidability of problems. Even a computer made up of the mass of the entire universe, running 15 billion years—the age of the universe—would still only be able to execute a finite number of operations—a very liberal upper limit would be  $10^{20}$ . Such an upper limit of some  $10^{120}$  elementary steps of intra-universe information processing is not an arbitrary figure without epistemological status; it is given by the number of relatively stable particles (some  $10^{80}$  nucleons) and the maximal number of operations per particle (about  $10^{40}$ ) consistent with the stability of the particle and the age of the universe.** Estimates of these very large numbers depend to some extent on cosmological models and data, but they are essentially based on elementary constants of physics, Planck’s constant, the gravitation constant, the mass of the nucleon, and the speed of light [16]. It is for this reason that, in my view, the corresponding limitations are fundamental, supporting a finitistic epistemology. Numbers of this huge magnitude do occur even in everyday problems as the number of possibilities. **The number of possible letters with various contents, even when only a few pages long, is much larger. The same holds true for the number of possible future physical states that a particular behavioral disposition may apply to. The number of possible different behavioral dispositions is also so large that they certainly could not be checked by processing them one after the other in a finite decision-making process to find out which of these dispositions actually correspond to a given physical state of the brain. It follows that, according to finitistic epistemology, mental states are not automatically included in a physical description of the state of the brain; there is no algorithm for their comprehensive deduction.** Of course, it is possible in any field of science to discover many general relations, rules and laws applying to widest domains not limited by cosmological scales, through clever observations, experiments, and theoretical, mathematical thoughts. This also holds true for the mind–brain relationship; but there will presumably be no general process for discovering every relationship of general validity. It is more likely that some essential aspects of the body–mind relationship are not automatically decodable in a finite number of steps educated guesses are possible. We can find hints by drawing analogies to the aforementioned mathematical decision theory: the standard example for principally undecidable questions, the

дові мозочка, на думку М. Frings та співавторів (2007), не є аргументом на користь функціоналізму<sup>1</sup>, що важливо з огляду на сучасні уявлення про участь цієї частини мозку у реалізації вищих психічних функцій (J. D. Schmahmann, 2019). І так далі, і тому подібне. Ефективність неалгоритмічних підходів до моделювання психіки лише увиразнюють такі думки, вказуючи на питомо нередуктивну природу ментального процесу<sup>2</sup>.

Неспроцуваність<sup>3</sup>, незменшувана складність дискутується й стосовно феномену свідомості (Т. Е. Feinberg, 2012; Т. McClelland, 2016; Р. Carruthers, В. Veillet, 2017; В. Kastrup, 2017 b). Наприклад, на думку В. Kastrup (2017 b), через те що свідомість є тлом будь-якого вищого психічного процесу<sup>4</sup>, вона не може бути прямим наслідком жодного з них, тобто продуктом певних типів чи видів функції мозку<sup>5</sup>. У зв'язку з цим постає питання щодо семантичного наповнення самого терміна "свідомість", адекватності редукціоністської програми "онтологізації" свідомості (Е. Фассо та співаєт., 2017), а також стосовно доречності термінів "підсвідомість" і "метасвідомість", або "надсвідомість" (В. Kastrup, 2017 b).

Мабуть, найпопулярнішим інструментом уведення певною мірою нередукціоністських і тому недетерміністських<sup>6</sup> ідей у біологічний дискурс, у даному випадку — в нейрофізіологічну проблематику, є "квантовомеханічний підхід", у межах котрого за такого околу завдань зазвичай апелюють до "копенгагенівської інтерпретації"<sup>7</sup>. Чи не найгрунтовнішою квантовомеханічною гіпотезою функції мозку є модель **Penrose — Hameroff**<sup>8</sup>, котра, окрім іншого, прагне у квазіредукціоністському ключі пояснити найпікантніший нюанс

*proof of the internal consistency of mathematical–logical systems by their own means, possesses a pronouncedly self-referential character. Analogous to this, the characteristic properties of consciousness, like the generation of behavioral dispositions, are also self-referential. We appear in our own memories, fears and hopes, desires and plans—as we are, or as we believe ourselves to be, or as we wish to be seen by others, as we want or do not want ourselves to become and as we see our past, and our future possibilities. Behavioral dispositions are influenced by these "self-images", which of course do not represent concrete spatial conceptions, but are rather abstract representations of features of the individual in his or her own brain. Self-images are often contradictory and can never be complete because no physically existing entity can contain a complete duplicate of itself. Self-images change in the course of time and alternate within conscious experience. They interact with one another and feed back on themselves. Perhaps these multiple self-images belong to the aspects of consciousness that cannot be determined fully by analysis of the physical state of the brain. ... At the beginning of the 20th century a commonly held belief was that mathematical mechanics at least in principle would be capable of calculating and predicting all physical processes and states—this becomes asymptotically more and more attainable, the more effort that we put into it. Since around 1927—namely since the advent of quantum physics—we know that this is not true. Correspondingly, most mathematicians around 1900 believed in the asymptotic solvability of all logical questions that could be reasonably formulated — including the logical validation of logic — and since Goedel's work of 1931, we have known that this is not true either. Nowadays, in the beginning of the 21st century, many neurobiologists and researchers into consciousness believe in the asymptotic solvability of the brain–mind relationship; they hold that our knowledge depends essentially on our efforts, which corresponds to the mainstream position in mathematics and physics early in the 20th century. Will this situation look the same in 2030 or in 2100? I am one of those who think that is unlikely—one of those who believes that there are basic questions in this field that are, in principle, irresolvable." (виділено нами — В. М.).*

<sup>1</sup> "Therefore, cerebellar research does not support the argument of multiple realizability put forward in favor of functionalism. Instead it demonstrates that current findings of cerebellar research more closely support John Searle's objections, which derive from the argument of the Chinese room. If one assumes, that the human cerebellum, in contrast to the cerebellum of lower mammals is involved in cognition and emotion, then this can only be explained by the different anatomic connections to the cerebrum and not by different information processing itself. The argument of the explanatory gap, directed against functionalism, could be supported, too. As long as a loss of a mental state, due to a cerebellar damage, cannot be shown, a reduction of the mental state to the functions of the cerebellum is not possible. In conclusion, no empirical evidence for functionalism could be found from cerebellar research, even if the hypothesis of cerebellar involvement in cognition and emotion were confirmed."

<sup>2</sup> А. Добров, 2011 (Добров А. (Не)алгоритмический интеллект? <https://nature-wonder.livejournal.com/194513.html>, 17.10.2019 p.); ідея "квантової свідомості" S. Hameroff й R. Penrose (див. далі); Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В. О. Малышенко. Предисл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2005. — 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему). С. 367.

<sup>3</sup> "Irreducibility".

<sup>4</sup> Котрий тією чи іншою мірою пов'язаний з активністю мозку — В. М.

<sup>5</sup> "If consciousness is inherent to all mentation, it may be fundamental in nature, as opposed to a product of particular types of brain function." "... consciousness may not be the product of specific arrangements or configurations of neural activity, but a fundamental property of all mentation." "I have elaborated on the hypothesis that there may be no such a thing as an unconscious mental process. All mental processes may be conscious, in the sense that there may be something it is like to have such mental processes in and of themselves. Our impression that some mental processes are unconscious may arise from (a) their consisting in non-self-reflective experiences not amenable to introspection or (b) their being strongly dissociated from the executive ego and, therefore, inaccessible to it."

<sup>6</sup> Тобто холистичних або квазіхолістичних й індетерміністських ідей. Про зв'язок редукціонізму і детермінізму — <https://ru.qwe.wiki/wiki/Reductionism>; див. також: Бондаренко НГ. Проблема детермінізму в сучасній науці та естествознавстві. Вестник Стверопольського державного університету. 2004;36:63–9; Музрукова ЕБ, Фандо РА. Редукціонізм і холізм в познанні живого: методологічний диалог // Епістемологія і філософія науки. 2014; XXXIX (1):211–26.

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen\\_interpretation#Metaphysics\\_of\\_the\\_wave\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen_interpretation#Metaphysics_of_the_wave_function); [https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty\\_principle](https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle); [https://en.wikipedia.org/wiki/Complementarity\\_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Complementarity_(physics)).

<sup>8</sup> Penrose, R. (1989). *The emperor's new mind: Concerning computers, minds, and the laws of physics*. Oxford University Press, 480 p.; Penrose, R. (1994). *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*. Oxford University Press., 457 p.; Penrose R, Hameroff S. What 'Gaps'? Reply to Grush and Churchland. *Journal of Consciousness Studies*. 1995;2(2):98–111; Hameroff S, Penrose R. *Orchestrated Objective Reduction of Quantum Coherence in Brain Microtubules: The "Orch OR" Model for Consciousness*. In: *Toward a Science of Consciousness — The First Tucson Discussions and Debates*, eds. Hameroff, S. R., Kaszniak, A. W. and Scott, A. C., Cambridge, MA: MIT Press, 1996, pp. 507–540; M. Jibu ma



усієї “квантово-біологічної” проблематики: яким чином квантові, типово субатомарні властивості транслюються на мікро- і мезоскопічний рівень<sup>1</sup> організації живого? Згідно з цією концепцією, в основі поширення своєрідностей квантової реальності на клітинний і органний рівень лежать ефекти квантової когерентності<sup>2</sup> і квантової нелокальності<sup>3</sup>, котрі, як можна зрозуміти, розкриваються у межах стінок тубулінових мікротрубочок<sup>4</sup> і/або у добре ізольованих від оточення їхніх внутрішніх циліндричних порожнинах<sup>5</sup>, а квантові конформації мономерів тубуліну розглядаються як аналоги “кубітів”, або елементарні складові таких “когерентнісних”, квантових “обчислювальних” інструментів<sup>6</sup>. Незважаючи на значну критику<sup>7</sup>, професійна вага фігури нобелівського лауреата сера Роджера Пенроуза, його роль у популяризації цієї гіпотези<sup>8</sup> уже пере-

співавт., 1994; R. Penrose, 2001; N. J. Woolf, S. R. Hameroff, 2001; S. Hagan та співавт., 2002; S. Hameroff та співавт., 2002, 2010 а, 2010 б, 2014; S. R. Hameroff, 1998 а, 1998 б, 2001 б, 2006, 2007 а, 2007 б, 2012 а, 2013, 2014; S. Hameroff, R. Penrose, 1996, 2014; P. W. Barlow, 2015; N. Li та співавт., 2018; S. R. Hameroff, 2018. Праця стосовно “гравітаційного механізму” редукції (колапсу) хвильової функції — Penrose R. On Gravity’s role in Quantum State Reduction. Gen Relat Gravit. 1996;28:581–600. S. Hameroff та співавтори (2002) — праця, у якій подано ретроспективу ідеї стосовно мікротрубочкового апарату клітини як субстрату інформаційних процесів. Гіпотеза гальмування квантово-механічних процесів у тубуліновому апараті як механізму хімічного загального знеболення, тобто наркозу — S. R. Hameroff, 2001 а; T. J. A. Craddock та співавт., 2012 а, 2012 б, 2014; 2015, 2017; T. J. A. Craddock, 2014.

<sup>1</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроскопічний\\_масштаб](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроскопічний_масштаб).

<sup>2</sup> Суперпозиції, накладання квантових станів багатьох елементів, формування певного загального стану; [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_superposition](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_superposition); [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computing); [https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый\\_компьютер](https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер); [https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация\\_Пенроуза](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация_Пенроуза); у цьому сенсі концепція викликає симпатію у “емерджентистів” і “синергетиків” — прихильників гіпотези емерджентної еволюції чи самоорганізації як механізму виникнення нового із суми елементів ([https://en.wikipedia.org/wiki/Emergent\\_evolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Emergent_evolution); [https://en.wikipedia.org/wiki/Synergetics\\_\(Haken\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Synergetics_(Haken))). Див.: Малинецкий Г. Г. Синергетика, нелинейность и концепция Роджера Пенроуза. В кн.: Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В. О. Малышенко. Предисл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. М.: Едиториал УРСС, 2005. 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему). С. 5–25.

<sup>3</sup> Типу Ейнштейна — Подольського — Розена — “EPR-like”; стосовно самого ефекту — [https://en.wikipedia.org/wiki/EPR\\_paradox](https://en.wikipedia.org/wiki/EPR_paradox); [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_teleportation](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_teleportation); згадки про такого роду нелокальні ефекти у концепції — S. Hameroff, 2012 а, S. Hameroff, R. Penrose, 2014.

<sup>4</sup> Вибачайте за тавтологію. Йдеться про простір усередині кожної такої трубки. Все це формулюється, наприклад, так: “Згідно з запропонованою мною попередньою точкою зору, свідомість є проявом такого квантовозчепленого внутрішнього стану цитоскелета разом з участю цього стану у взаємодіях (OR — об’єктивна редукція) між процесами квантового і класичного рівнів. Комп’ютероподібна система нейронів, класичним чином з’єднаних один з одним, неперервно піддається дії згаданих цитоскелетних процесів, котрі виступають у ролі проявів “свободи волі” (що б ми під цим словом не розуміли). Нейрони в цій системі виконують функції, швидше, збільшувальних лінз, за допомогою яких мікроскопічні цитоскелетні процеси “підіймаються” на рівень, на котрому можлива дія на інші органи тіла, — приміром, на м’язи. Відповідно, нейронний рівень опису, до якого зводиться модне наразі уявлення про мозок і розум, є не більш ніж тінню цитоскелетних процесів глибшого рівня — саме там, в глибині, перебуває фізичний фундамент розуму, який ми настільки вперто шукаємо! Ця картина, треба визнати, не позбавлена деякої умовляючості, однак вона ні в чому не суперечить сучасним науковим уявленням.” (переклад українською наш — В. М.; Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании. — Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. — 688 с. С. 574). Вікіпедична інтерпретація: “В 1990-х годах совместно со Стюартом Хамероффом разработал теорию квантового нейрокompьютинга Хамероффа — Пенроуза на основе “Orch OR” модели сознания. Согласно этой теории, активность мозга рассматривается как существенно квантовый процесс. При этом за счёт эффектов квантовой гравитации происходит процесс непрерывной “объективной редукции” (англ. — objective reduction — OR) волновой функции частей мозга, что вызывает расхождение квантовых состояний пространства-времени до предела, после которого они редуцируются. Процесс редукции описывается как “оркестрованный” (англ. — orchestrated — Orch) выбор соответствующего состояния (термин “оркестрованный” применяется авторами, так как они считают, что коллапс макроскопического перепутанного состояния в микротрубочках клеточных органелл в некоторой мере управляется — оркестрируется — мембранными белками) [S. R. Hameroff, R. Penrose, 1996 а].” ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Пенроуз,\\_Роджер#Научные\\_достижения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пенроуз,_Роджер#Научные_достижения)).

<sup>5</sup> Й, напевне, — на торцях.

<sup>6</sup> Квантових комп’ютерів. Слід зазначити, що ця концепція є продовженням гіпотези обчислювальної здатності тубулінових мікротрубочок (R. Lahoz-Beltra та співавт., 1993), або можливості обробки інформації мікротрубочками (S. R. Hameroff, R. C. Watt, 1982). Вважають, що “сукупності тубулінів можуть певний час розвиватися у повній відповідності до законів квантової механіки, а потім зазнавати об’єктивної редукції (незважаючи на те, що спостереження чи процедури спостереження нема!) [див. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация\\_Пенроуза](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация_Пенроуза) — В.М.] і переходити у класичний стан. Саме ця редукція і відповідає за момент осаяння” (переклад наш — В. М.; Малинецкий Г. Г. Синергетика, нелинейность и концепция Роджера Пенроуза. В книге: Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В. О. Малышенко. Предисл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2005. — 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему). С. 12). Уточнимо: вважається, що до моменту редукції тубуліни перебувають у стані квантової суперпозиції станів, після редукції — у звичайних, несуперпозиційних станах; момент редукції (колапсу хвильової функції); [https://en.wikipedia.org/wiki/Wave\\_function\\_collapse](https://en.wikipedia.org/wiki/Wave_function_collapse)) у класичній інтерпретації пов’язують з моментом вимірювання, в альтернативній — з реалізацією моделі мультиверсума, тоді як Пенроуз пропонує модель “об’єктивної редукції” — незалежної від спостереження і від концепції паралельних світів, натомість обумовленої гравітацією чи достатньою масою об’єкта ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация\\_Пенроуза](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерпретация_Пенроуза); [https://ru.wikipedia.org/wiki/объективная\\_редукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/объективная_редукция)).

<sup>7</sup> A. Litt та співавт., 2006 (відповідь на озвучені проблеми сторони — S. R. Hameroff, 2007); L. K. McKemmish та співавт., 2009; V. J. Vaars, D. V. Edelman, 2012 (критична дискусія — W. Klimesch, A. Arora, 2012; J. R. Wessel, 2012; A. K. Seth, 2012; G. Bernroider, 2012; S. Hameroff, 2012 б); J. R. Reimers та співавт., 2014; P. Jedlicka, 2017.

<sup>8</sup> Penrose R. The Emperor’s New Mind: Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics. Oxford University Press. 1989. 480 p.; Penrose

вели квантовомеханічні роздуми на нейробіологічні теми з ряду паранаукових спекуляцій у шеренгу сміливих гіпотез<sup>1</sup>, вартих серйозного обговорення. Сам Пенроуз є прихильником своєрідного трихотомічного улаштування реальності, виділяючи у ній, за пізньою версією, платонівський математичний світ, ментальний світ і фізичний світ<sup>2</sup>.

R. Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness. Oxford University Press. 1994. 457 p.; P. Пенроуз, 2005 а, б (бібліографічні реквізити обох російськомовних монографій наведено у попередніх виводах).

<sup>1</sup> Інші гіпотези щодо ролі квантових чи квантовоподібних ефектів (їдеться про “квантову” модель екзоцитозу синаптичних міхурців і квазітунельний ефект, необхідний для цього — F. Beck, J. C. Eccles, 1992) у функції нейронів і психічної сфери — E. M. Pothos, J. R. Busemeyer, 2013 і коментарі до цієї праці; L. A. Cacha, R. R. Poznanski, 2014; K. B. Clark, 2014; S. Tarlaci, M. Pregolato, 2016; A. Marais та співавт., 2018; D. Melkonian та співавт., 2018; T. Li та співавт., 2019; M. Jamali та співавт., 2019; A. L. Wani, GGHA. Shadab, 2019; T. Zhao та співавт., 2019. Загальний огляд проблеми “квантового розуму” — [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_mind](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mind). Спроба пояснити навколлетальний візуальний досвід (“near death experiences”) за допомогою залежної від радикального окислення продукції так званих біофотонів нейронами сітківки (біолюмінесценції) — I. Bókkop та співавт., 2013. Щоправда, незрозуміло, яким чином автори уявляють собі механізм прямого активуючого впливу таких “біофотонів” не лише на рецептори сітківки, але й на нейрони центральних відділів зорового аналізатора; одним з таких механізмів міг би бути вплив на альтернативні форми опсинів, якби вони експресувалися цими нейронами. У авторів, якщо ми не помиляємось, виходить цікава натуралістична інтерпретація концепцій “внутрішнього зору”, “внутрішнього світу”, “освітлення свідомості”, котра ґрунтується на твердженні, що всі активні нейрони мозку продукують слабоенергетичні біофотони, котрі є основою перелічених питомих “внутрішньосуб’єктних” ментальних феноменів: “Specifically, photons reflected from objects are absorbed by photoreceptors and converted into retinal electrical signals. Next, retinotopic electrical signals are conveyed to the V1, where spike-related electrical visual signals are induced along classical axonal-dendritic pathways. These spike-related electrical visual signals travel along classical axonal-dendritic pathways and concurrently produce spike-related (neural activity-dependent) biophotons within the same population of retinotopic V1 neuronsthrough mitochondrial redox processes. These synchronized and activity-dependent biophotons can spatially and temporally create intrinsic pictures in the early visual area. Thus, retinal visual information can be re-represented through regulated biophotons in retinotopically organized, mitochondrial cytochrome oxidase-rich visual areas during visual imagery, visual perception as well as during REMS associated dreams or visual hallucination.” (виділено нами — В. М.). Огляд квантових підходів до проблем патофізіології психічних захворювань — S. Tarlaci, M. Pregolato, 2016, меншою мірою — A. L. Wani, GGHA. Shadab, 2019. Спробу опису класичної молекулярної системи зберігання і реалізації генетичної інформації засобами сучасної квантової теорії поля (з розглядом основних компонентів системи біосинтезу білка у якості системи часток і посередників — елементів абстрактного поля) здійснено у: Щебрик В.В., Буцацкий Л. П. Квантовая генетика: Монография. — К.: Издательско-полиграфический центр “Киевский университет”, 2003. 200 с.

<sup>2</sup> Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. — М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2007. 912 с. При цьому автор не бачить себе ідеалістом (і визнає себе атеїстом — [https://en.wikipedia.org/wiki/Roger\\_Penrose#Religious\\_views](https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Penrose#Religious_views)), формулює найбільшій для себе у світлоглядному плані погляд на феномен осмислення (усвідомлення) наступним чином: “Осмислення є результатом відповідної фізичної активності мозку, однак цю фізичну активність неможливо належним чином змодельювати обчислювальними засобами” (Пенроуз Р. Тени розума: в пошуках науки о сознании. — Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. 688 с. С. 35). Ця позиція, за його уявленнями, є третьою з чотирьох, котрі формують певний “семантичний градієнт” між крайніми точками — фізикалізмом і ідеалізмом (“менталізмом”). Ось вони (у нашому переказі — В. М.): 1) всяке мислення є обчисленням; зокрема, відчуття осмисленого усвідомлення є ніщо інше, як результат виконання відповідного обчислення; 2) осмислення (усвідомлення) є характерним проявом фізичної активності мозку; хоча будь-яку фізичну активність можна моделювати шляхом тієї чи іншої сукупності обчислень, обчислювальне моделювання як таке не здатне викликати осмислення (стан усвідомленості); 3) — див. вище; 4) осмислення (усвідомлення) неможливо пояснити у фізичних, математичних і взагалі наукових термінах. Зауважимо, що термін “усвідомлення”, “осмислення” (рос. — осознание, англ. — insight) широко акцептований у психології і означає також осяяння, у сенсі моменту отримання розв’язку завдання, розгадки, осмислення суті тощо (<https://en.wikipedia.org/wiki/Insight>). Щодо першої позиції автор, услід за J. Searle (1980, 1987, в інтерпретації Р. Пенроуза — Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В. О. Малышевой. Предисл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2005. — 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему). С. 53) вважає, що — як це не парадоксально — надання алгоритмічному принципу визначальної ваги у питанні “онтології” мислення саме по собі може розцінюватися як дуалізація, адже “природа” алгоритмів абстрактна, нематеріальна. Отже, складається враження, що автор часто і навіть нав’язливо відмежовує себе від “містицизму”, в смисл котрого, ймовірно, вкладає якісь стереотипні постхристиянські уявлення Західної Європи, котрі наврод чи мають щось спільне з реальним інтелектуально-інтерпретаційним багажем ключових релігій світу. Наприклад, такий пасаж: “Відкидаючи містицизм з його запереченням наукових критеріїв на користь наукового пізнання...” (Пенроуз Р. Тени розума:... 2005, С. 35, переклад українською наш — В. М.) — з релігійознавчої точки зору скандально маніпулятивний, оскільки на даний час жодна притомна релігійна доктрина не заперечує релевантність “наукового методу” у становленні науки чи у улаштуванні оточення, чи навіть у з’ясуванні науково-комплементарних проблем. Абсо ще: “... якщо ми і володіємо якимись достовірними відомостями про розум, то лише про той розум, котрий тісно пов’язаний з конкретним фізичним об’єктом — мозком, — причому різним станам розуму чітко відповідають різні фізичні стани мозку.” (Ibid., С. 91, переклад українською наш — В. М.) — розкриває проблему “тіла — розуму” у чисто позитивістському ключі і з точки зору психології й психіатрії виглядає вкрай однобоко. Тим не менш, видається, що автор знаходить для власної позиції науково-комплементарний, позбавлений усіляких “містичних релакцій” світлоглядний концепт “платонізму” (Ibid., С. 91, 92, 625–639), що, мабуть, дозволяє бути вислуханим представниками сучасного редукціоністського табору без затикання носа від того, що у публіцистичному викладі назвали б “стародом квазіхолістичних поляїв”. Не знаємо, чи праві ми, чи ні, але на наш погляд, усі ці інтелектуальні еківоки (якщо це не так — нехай вибачить нас за цей слововжиток сам автор, ми дійсно є його щирими прихильниками), перестороги й завірення публіки у “благодійності” позбавлені сенсу — варто лише пригадати роль платонізму у християнському богослів’ї (див., напр. Нестерук А. Логос и космос: Богословие, наука и православное предание / Пер. с англ. (Серия “Богословие и наука”). — М.: Библиейско-богословский институт св. апостола Андрея, 2006. — 443 с.; Торранс Т. Ф. Пространство, время и воплощение. (Серия “Богословие и наука”). М.: Библиейско-богословский институт св. апостола Андрея. 2010 г. — VI+186 с.; [https://en.wikipedia.org/wiki/Theosis\\_\(Eastern\\_Christian\\_theology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Theosis_(Eastern_Christian_theology)); <https://ru.wikipedia.org/wiki/Неоплатонизм>; <https://www.pravenc.ru/text/149567.html>). І напевне, ми не єдині, хто вбачає у ідеях Пенроуза щось більше, ніж реформацію (чи підрихтовку?) сучасного позитивізму — див. А. Нестерук, 2006 (“Модель Пенроуза и ее богословское истолкование”, с. 237–247; бібліографічний реквізит — див. вище).

З іншого боку, все частіше у гіпотезах про вищі функції мозку фігурує інша фундаментальна фізична і філософська категорія — енергія<sup>1</sup>, а також термодинамічна категорія — ентропія<sup>2</sup> й польові термодинамічні<sup>3</sup> чи топологічні термодинамічні<sup>4</sup> узагальнення нейромережевої фізіології. Висловлюються термодинамічні інтерпретації здатності живих організмів і мозку до тривалого перебування у питомо нерівноважних станах<sup>5</sup>, приміром, із залученням принципу вільної енергії<sup>6</sup>; пропонуються інші амбітні програми побудови “фізики розуму”<sup>7</sup> й подальших узагальнень інформаційної теорії когнітивного процесу<sup>8</sup>.

Окремий виклик — інтерпретація казуальних свідчень про позатілесні<sup>9</sup>, навіколелетальні<sup>10</sup>, псевдонавіколелетальні<sup>11</sup> й інші парapsихологічні реляції феномену свідомості (оглянуто у: *E. Facco та співавт., 2015, 2017*), кількість і якість фіксації котрих у майбутньому лише зростатиме.

Тим часом питання “онтологічності” свідомості суттєво гострішає у біоетичному та юридичному контексті, а відповіді позитивістського крила — спантеличують. Приміром, абсолютна прив’язаність феномену свідомості до нейронних мереж мозку вимагає визнання її градуальності у живому світі<sup>12</sup> чи у контексті людського онтогенезу<sup>13</sup>, загострює питання достоїнства і юридичного статусу мозкових органів<sup>14</sup>, антропо-анімальних химер<sup>15</sup>, носіїв “неповної”, “зниженої” чи “мінімальної” свідомості<sup>16</sup>, у тому числі тварин. Це відбувається на тлі протилежних, анаксіологічних й дегуманізуючих вподобань чи навіть переконань стосовно статусу людських концептусів, зародків<sup>17</sup>, плодів<sup>18</sup> і навіть дітей<sup>19</sup>. Визнання “достатності” нейрофізіологічної емпірії для осмислення феномену свідомості (*M. Owen, M. P. Gula, 2019*) і суміжні верифікаційні схеми свідомості, котрі не наполягають на винятковості феномену особистості<sup>20</sup>, дозволяють розширити у таксоно-

<sup>1</sup> A. Tozzi та співавт., 2016; S. Gu та співавт., 2018; R. Pepperel, 2018.

<sup>2</sup> J. F. Peters та співавт., 2017 a, b; A. Tozzi та співавт., 2018.

<sup>3</sup> A. Capolupo, 2013.

<sup>4</sup> A. Tozzi, J. F. Peters, 2017 b; A. Tozzi та співавт., 2017.

<sup>5</sup> Йдеться про “non-equilibrium steady-states” — нерівноважні стаціонарні стани.

<sup>6</sup> “Free energy principle”; K. Friston, 2010; C. L. Buckley та співавт., 2017; M. J. D. Ramstead та співавт., 2018; P. V. Badcock та співавт., 2019; [https://en.wikipedia.org/wiki/Free\\_energy\\_principle](https://en.wikipedia.org/wiki/Free_energy_principle).

<sup>7</sup> F. Schoeller та співавт., 2018; дискусія — N. Bellomo, N. Outada, 2018, а також <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29398558/>.

<sup>8</sup> G. A. Wiggins, 2020.

<sup>9</sup> Спиритуальні чи у зв’язку з іншими обставинами, приміром, з гіпнозом (*E. Facco та співавт., 2019*). На відміну від ілюзорного позатілесного досвіду (“out-of-body experience illusions”), пов’язаного у тому числі з патологією певних ділянок мозку (наприклад, елементів лобово-тім’яних мереж увагу), суб’єктивний позатілесний досвід, котрий виникає у стані гіпнозу чи внаслідок глибокого усвідомленого й інструктованого відтворення суб’єктом ознак позатілесності у власній уяві (на тлі оперантного спокою), пов’язаний з преферентною активацією структури лівої півкулі — SMA і TPJ (надкрайова і задня частина верхньої скроневої звивини); у випадку ілюзорної позатілесності характерна активація TPJ праворуч (*E. Facco та співавт., 2019*).

<sup>10</sup> “Near death experiences”; у тому числі отриманих у зв’язку з явищем клінічної смерті з наступною успішною кардіореанімацією (*S. Parnia та співавт., 2014, посилання на матеріали дискусії — https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25301715; думка першого автора щодо результатів власної публікації — https://www.livescience.com/60593-flatliners-movie-death-resuscitation.html*).

<sup>11</sup> Отримуваних під час відповідно спрямованого гіпнотичного сеансу (“hypnotic life regression sessions”; *L. Pederzoli та співавт., 2019*). Значна схожість може мати щонайменше дві “позитивістські” інтерпретації: 1 — смерть є програмою, для реалізації котрої характерні певні психічні атрибути, котрі й активуються під час гіпнозу; 2 — навіколелетальний досвід може бути модельованим (відтвореним) шляхом впливу на свідомість суб’єкта, отже, є певним ілюзорним епіфеноменом психіки, котрий ніяк не свідчить про реальність його компонентів (характерні передсмертні візуальні переживання, позатілесні переживання тощо).

<sup>12</sup> Shepherd J. Consciousness and Moral Status. Oxon (UK): Routledge; 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540410/>, doi: 10.4324/9781315396347. Хоча цілком можна уявити доволі вузьку “градуальність” свідомості людини за звичних умов, напевне, у межах 1-го, від сили — 2-х балів за шкалою ком Глазго. Чи є у тваринному світі “нормальні” відповідники стану сопору (9–10 балів шкали ком Глазго) — невідомо.

<sup>13</sup> M. Obladen, 2018; S. Hostiuc та співавт., 2019.

<sup>14</sup> A. Lavazza, M. Massimini, 2018; J. Shepherd, 2018; S. Hostiuc та співавт., 2019.

<sup>15</sup> J. J. Koplin, 2019; D. Degrazia, 2019; J. A. Tannenbaum, 2019.

<sup>16</sup> Shepherd J. Consciousness and Moral Status. Oxon (UK): Routledge; 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK540410/>, doi: 10.4324/9781315396347.

<sup>17</sup> Ембріонів.

<sup>18</sup> Фетусів; у контексті лібералізації показань для здійснення абортів — C. Kaczor. Ethics of Abortion. 2nd edn. New York, NY: Routledge, 2015. Оглянуто у: A. Giubilini, F. Minerva, 2012; D. V. Hershenov, R. J. Hershenov, 2017; H. Friberg-Fernros, 2017.

<sup>19</sup> У контексті легалізації інфантициду; оглянуто у: A. Giubilini, F. Minerva, 2012; J. McMahan, 2013; D. V. Hershenov, R. J. Hershenov, 2017; J. Räsänen, 2016; H. Friberg-Fernros, 2017.

<sup>20</sup> Хоча усі значимі атрибути свідомості так чи інакше торкаються феномену особистості; сумнівність якісної градуальності (варіацій набору “атрибутів” свідомості чи їх виразності у різних видів), не означає відсутності градуальності цілісного феномену свідомості людини, що відображено, наприклад, у клінічній значимості шкали ком Глазго — верифікаційного засобу, котрий спирається на градуальність функції сприйняття (виконання мовних інструкцій) і продукції мови (від гортанної фонації до осмисленого і зв’язного розкриття інформації

мічному<sup>1</sup> сенсі коло біологічних “носіїв” феномену свідомості (С. М. А. Pennartz та співавтор, 2019), закладаючи фундамент концепції панпсихізму (*ibid.*). Усі ці питання традиційно отримують аргументовану гуманітарну рефлексію, у міру сил, засобів і вподобань сучасної філософії<sup>2</sup>.

Мотивація боротьби за нередуктивність феномену особистості<sup>3</sup> розкривається, окрім іншого, і у пошуку відповіді на таке питання: чи матимемо ми підстави коли-небудь вважати рукотворні аналоги людськості й ментальності<sup>4</sup> “кимось”, а не “чимось”? В. Kastrup (2017 a), приміром, вважає це неможливим<sup>5</sup>. Від себе зауважимо, що існуючий підхід до верифікації суб'єктності на основі так званого тесту Тюрінга<sup>6</sup> містить у сутності методологічну ваду. Дійсно: якщо суб'єктність окреслювана, пізнана — отже, вона відтворена; визначаючи гаму питань для тесту Тюрінга, покликаних верифікувати суб'єктність, ми тим самим уже окреслюємо її, демонструємо її принципovu збагненність, отже — і нашу спроможність до її штучного відтворення. Лапідарно: наводячи вичерпний перелік питань, котрі верифікують суб'єктність, ми тим самим ще до процедури верифікації відповідаємо позитивно на питання про можливість її (суб'єктності) штучного відтворення. Виходить, що єдиним методом верифікації суб'єктності залишається використання лише тих питань, відповідь на котрі на даний час невідома. У такому випадку верифікатором суб'єктності<sup>7</sup> стає ретроспективна оцінка “відповідей” на “складні питання” з точки зору існуючих соціоконсенсусних чи релігійних світоглядних доктрин з можливістю до багаторазового перегляду висновків у майбутньому. Вибір такого шляху — чергова демонстрація ірраціональності осередка суб'єктності.

у часовому та просторовому вимірах), градуальність усвідомленого зорового сприйняття (функція відкривання очей), а також усвідомленої соматосенсорної функції (точність просторового сприйняття локального ноцицептивного впливу і рухова реакція, спрямована на його усунення). Використання технічних засобів (ЕЕГ, фМРТ, транскраніальна магнітна стимуляція), безсумнівно, збільшить точність діагностики рівня свідомості, що є ключовим у випадках тривалого коматозного чи вегетативного стану і синдрому замкнутої людини (“locked-in” syndrome; А. М. Owen, М. R. Coleman, 2008; А. Soddu та співавтор, 2009; D. Fernández-Espejo, А. М. Owen, 2013; О. Gosseries та співавтор, 2014; N. Tasneem та співавтор, 2017). Приміром, за допомогою відслідковування ЕЕГ-картини над сенсомоторною корою у пацієнта з апалічним синдромом (12 років поспіль) на тлі прохання здійснити рухи руками D. Cruse та співавтори (2012) реєстрували випадки зміни β-активності, що може свідчити про певне сприйняття мови і появу рухових інтенцій. Наявність значного числа подібних казусів (А. М. Owen, М. R. Coleman, 2008; D. Fernández-Espejo, А. М. Owen, 2013) ставить питання про досконалість сучасного протоколу верифікації смерті мозку, передусім у зв'язку з вирішенням питання органного донорства (J. L. Verheijde та співавтор, 2018: “... the primary claim that brain death equates to biological death has then been de facto falsified. This conclusion has profound philosophical, religious, and legal implications that should compel respective authorities to (1) reassess the philosophical rationale for the definition of death, (2) initiate a critical reappraisal of the presumed alignment of brain death with the theological definition of death in Abrahamic faith traditions, and (3) enact new legislation ratifying religious exemption to death determination by neurologic criteria.”; автори також цитують такі цікаві праці: S. Parnia та співавтор, 2014; N. Rouleau та співавтор, 2016). Місце особистісності у верифікації феномену свідомості і відношення до панпсихічних (Strawson, G. et al. (2006). *Consciousness and its place in nature*. Exeter, United Kingdom: Imprint Academic) чи космопсихічних (I. Shani, 2015; J. Keppeler, I. Shani, 2020) концепцій, побудованих на позаособистісній градуальності свідомості — аналізуються у роботі В. Kastrup (2017 b).

<sup>1</sup>Кладистичному.

<sup>2</sup>А. Brook, 2009; P. Thagard, 2009; W. Bechtel, 2010; L. Van Oudenhove, S. E. Cuypers, 2010; S. Brinkmann, 2011; J. Trigg, M. Kalish, 2011; M. Stier та співавтор, 2014; B. Kotchoubey та співавтор, 2016; N. D. Theise, M. C. Kafatos, 2016; E. Facco та співавтор, 2017; M. Kafatos, G. C. Kato, 2017; В. Kastrup, 2014 [Kastrup, B. (2014). *Why materialism is baloney*. Winchester, United Kingdom: Iff Books], 2017 a, b; D. Telles-Correia, 2018; H. H. Maung, 2019.

<sup>3</sup>Як і за питомою неградуальністю (тобто суттєву і наявну за нормальних умов) феномену свідомості.

<sup>4</sup>Цих ментальних ляльок, або “зомбі” (В. Kastrup, 2017 a).

<sup>5</sup>“According to the proposed ontology, consciousness is an ontological primitive. As such, it cannot—and does not need to—be created, for it already underlies all nature. Creating something means inducing a certain pattern of excitation of and in TWE. Universal consciousness is thus that within which all creation happens and out of which all creation is made. Yet, what is ordinarily meant by ‘artificial consciousness’ in the field of Strong Artificial Intelligence entails more than just the creation of consciousness proper: it entails the engineering of an entity with separate, private conscious inner life, akin to yours and mine. In the context of the proposed ontology, this amounts to artificially inducing dissociation in universal consciousness, thereby creating an artificial alter of TWE. Most attempts to realize ‘artificial consciousness’ center on mimicking the patterns of information flow discernible in biological nervous systems (e.g., [43,44]). This, however, only captures the formal — not the essential — aspects of alters of TWE. In this specific sense, the attempts are akin to what Feynman called “cargo cult science” [45] (pp. 242–243). Indeed, according to the proposed ontology, a functioning biological nervous system is merely the extrinsic appearance of an intrinsic view. It does not logically follow that, by mimicking this appearance, the intrinsic view will also be reproduced. Engineering work in this direction may even succeed in creating philosophical zombies whose behavior is indistinguishable from that of living organisms, but there will be nothing it is like to be these zombies in and of themselves, for the same reason that — at least as far as you can tell — there is nothing it is like to be an individual neuron in your brain. There is only something it is like to be your brain as a whole — that is, you. Analogously, there is only something it is like to be the non-metabolizing universe as a whole, zombies being integral parts of its extrinsic appearance just as the individual neuron is an integral part of your brain. If biology is the extrinsic appearance of alters of TWE, then the quest for artificial consciousness boils down to abiogenesis: the artificial creation of biology from inanimate matter. If this quest succeeds, the result will again be biology, not computer simulations thereof. The differences between flipping microelectronic switches and actual metabolism are hard to overemphasize. Therefore, there is no empirical reason to believe that a collection of flipping switches could ever be what individualized, private conscious inner life looks like from the outside, even if these flipping switches perfectly mimic the patterns of information flow discernible in metabolism.”

<sup>6</sup>[https://uk.wikipedia.org/wiki/Тест\\_Тюрінга](https://uk.wikipedia.org/wiki/Тест_Тюрінга).

<sup>7</sup>І не лише штучної, а й нашої з вами.

Отже, на наш погляд, очевидно, що, вилучивши із феномену людини ірраціональність, ми отримуємо вповні відтворений конструкт — сув'язь складних, однак вповні модельованих психічних автоматизмів. І всі нові варіації на тему “людини”, отримані у позаприродний, у тому числі в небіологічний спосіб, котрі митимуть прошиту матрицю такої “людськості”, легко пройдуть тест Тюрінга, загострений саме на віднайдення досліджених і тому штучно відтворюваних властивостей.

Звернімо також увагу на те, що палке і суєтне обговорення таких без перебільшення трепетних і космічних своїм масштабом світоглядних тем відбувається в умовах істотної методологічної недовершеності їхнього основного винуватця<sup>1</sup> — нейропсихології. Обидва засоби функціонального мапування мозку — залежне<sup>2</sup> і незалежне<sup>3</sup> від волі досліджуваного суб'єкта-добровольця — рухаючись один до одного, на даний час ще далекі до зустрічі. Хоча спроби побудови інтерактивних функціональних мап, котрі б враховували обидва масиви даних, наявні<sup>4</sup>. Залишається проблемним нівелювання чи, в необхідних випадках, увиразнення індивідуальних особливостей фМРТ-корелятивів психічних функцій<sup>5</sup>. І ще: чи можливе хоча б часткове узагальнення казуїстичної інформації стосовно психічних явищ?

Отже, хіба дивно, що актуальні знання про механізми свідомості (С. Koch та співавт., 2016), не кажучи вже про інші аспекти вищої психічної функції, істотно обмежені? І в цих умовах, якщо експериментальна грань сучасної нейропсихології питома позитивістська<sup>6</sup> — уникнення вадного кола світоглядної інтерпретації її надбання неможливе: сконструйована на такій платформі методологія формування експериментального дизайну сприятиме отриманню результатів, комплементарних її філософським засадам.

У зв'язку із цим, з точки зору наукової доброчесності, використання даних стосовно активності мозку на тлі реалізації певних психічних функцій для формування однозначних висновків про мережеву обумовленість цих функцій — необачне<sup>7</sup>. Тим не менш, саме в такому ключі популяризуються результати численних нейропсихологічних досліджень<sup>8</sup>, так що широкі маси вже повідомлено про існування мозкового “центру Духу Різдва”, “центру Бога” й про багато іншого<sup>9</sup>, чим вкотре укріплено впевненість у “механістичності” і всецілій матеріальній обумовленості психіки.

Отже, ми неодмінно повинні враховувати наявні гносеологічні й епістемологічні труднощі, усвідомлювати глибину досліджуваних атрибутів психіки як під час їх експериментального відтворення, так і під час суспільної трансляції отриманих даних.

Нарешті, слід пригадати й історичні приклади дуалістичного підходу до вирішення проблеми “тіла — розуму”. Напевне, найкарколомнішим є прецедент Декарта: відігравши непересічну (м'яко кажучи) роль у постанні раціоналізму<sup>10</sup>, він залишався питомих дуалістом<sup>11</sup>. Більш того, за свідченням В. Kotchoubeу і спі-

<sup>1</sup> У сенсі “призвідника”, “причинця”.

<sup>2</sup> Контрольована в експериментальних умовах функція — активність ділянок мозку; див., наприклад, G. Herbet, S. Moritz-Gasser, 2019.

<sup>3</sup> Окреслене ураження чи стимуляція анатомічних ділянок мозку — зміна функції; див., наприклад, K. C. R. Fox та співавт., 2018; G. Herbet, S. Moritz-Gasser, 2019.

<sup>4</sup> D. Conant та співавт., 2014; J. A. Bednar, S. P. Wilson, 2015; M. F. Glasser та співавт., 2016; G. Varoquaux та співавт., 2018.

<sup>5</sup> S. R. Cooreg та співавт., 2019.

<sup>6</sup> Один із рутинних прикладів — G. Varoquaux, R. A. Poldrack, 2019.

<sup>7</sup> Це очевидно. Приміром, ідентифікувавши переміщення населення Києва у Пасхальну ніч, навіть склавши найретельнішу карту такого загальноміського трафіку шляхом реєстрації світла домівок і автомобільних фар, ми не можемо стверджувати, що знайшли “пояснення” Першопричини того, що відбувається. Адже мотивація учасників цього радісного весняного зрушення залишається за такого дизайну дослідження фактично незрозумілою. Так само, спостерігаючи з висоти пташиного польоту за динамікою світла під час концерту, приміром Pink Floyd чи Jarre, ми мало що збагнемо стосовно явища рок-музики, електронної музики і музики взагалі. Слухаючи Баха, чи навіть близького нам Шостаковича, чи уже зовсім сусіднього Сільвестрова, ми, не будучи зануреними в культурний контекст їхнього творчого життя, навряд чи відчуємо всю красу їхньої спадщини, а у Сільвестрова — можемо й музику-то не почути. Ще років через 50 більшість (якщо не всі) алюзії, натяки, культурологічні цитати й інші соціальні елементи гумору Гайдая, напевне, втратять значення і його комедії залишаться взірцем мізансценного мистецтва середини ХХ сторіччя. Такою є роль соціально-історичного контексту; твір не розкриває усіх його особливостей, лише може надати гаслову характеристику епохи, послугувати її фотографічним відбитком без глибокого розкриття внутрішніх пружин — найцікавішого питання для допитливого розуму. І ось, ми так само мало розуміємось у закономірностях мережевої активності мозку, насамперед через складність топології цих мереж, котра (складність) залишається нездоланим бар'єром для екстраполяції наших (теж обмежених) уявлень про функцію окремого нейрона. А крім того, як уже згадувалось вище і буде повніше розкрито в епілозі, до наших уявлень про функцію мозку можуть незабаром доєднатися нові горизонти знань, у яких ми на даний час орієнтуємося не краще, ніж мандрівник із гасовим ліхтарем в руках у глуху безмісячну ніч.

<sup>8</sup> Отимані за допомогою методу фМРТ. Ця тема добре розкрита G. A. Miller (2010) на значній кількості науково-популярних дописів сучасних суспільно-політичних видань.

<sup>9</sup> Хоча “локалістичні” гіпотези функціональної регіоналізації кори головного мозку з точністю до дрібних нейронних ансамблів чи навіть окремих нейронів — “носіїв” певної інформації — актуальні до цього часу; наприклад, їх використовують для опису мозкових корелятивів абстрактних понять (оглянуто у A. Roy, 2017).

<sup>10</sup> Він просто вважається його засновником: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Пене\\_Декарт#Теорія\\_пізнання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Пене_Декарт#Теорія_пізнання).

<sup>11</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Пене\\_Декарт#Філософське\\_вчення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Пене_Декарт#Філософське_вчення). Приміром, він розглядав епіфіз як місце взаємодії душі і тіла —

вавторів (2016), до видатних фізіологів, котрі критично або й вороже ставились до редукціоністської програми у нейрофізіології, слід відносити: Gustav Fritsch, Sir Charles Sherrington, Sir Edgar Adrian, Sir John Eccles, Wilder Penfield<sup>1</sup>, Ragnar Granit. У цьому ряду чи не найпримітнішою є постать Дж. К. Екклза — представника дихотомічного, згодом — своєрідного трихотомічного світогляду<sup>2</sup>.

З огляду на все це, вповні стигматизуючі у науковому середовищі констатації значущої позитивної кореляції між релігійністю/марновірством і прихильністю до дуалістичної інтерпретації проблеми “тіла — розуму”<sup>3</sup> викликають іронічну посмішку.

## творчість і лялькн

Інший ракурс. Те, що до цього часу вважають найвищими компонентами чи навіть рівнями психіки людини, сказати б, людського духу — у переважній більшості випадків розкривається непередбачувано. Ніхто не знає, коли прийде натхнення чи осяяння, коли людині відкриється плід релігійної молитовної практики, коли огорне невимовний смуток чи героїчна лють, коли охопить пророче откровення — чи в художній<sup>4</sup>, чи у релігійній площині. Можливо, у майбутньому, за умови винайдення портативних засобів моніторингу істотних атрибутів функції мозку, ми зможемо відслідковувати ці моменти, але, враховуючи відчайдушну боротьбу людини за індивідуальну свободу, майстерно змальовану в численних антиутопіях, реалізація такої дослідницької програми видається сумнівною<sup>5</sup>.

Загальніше: чи може бути схематизовано процес творчості? Частково так — про це свідчить існування мистецьких закладів освіти. Але ж ми всі розуміємо, що у такому пересічному сенсі йдеться про навчання інструментам творчого процесу, про збільшення майстерності. Тоді як серцевина — власне обдарованість — навряд чи передавана; вона розкривана, однак не створювана й не “передаровувана” іншому. Хтось покладає надії на генетику й епігенетику. Але такі уповання видаються непереконливими: сучасні методи генетичної й інших інженерій на тлі слабких із системної точки зору уявлень про функцію геному, транскриптому і протеому нагадують ковиряння гайковим ключем “12/14” самі знаєте де<sup>6</sup>.

C. U. M. Smith, 1998; F. López-Munoz та співавт., 2011, 2012; N. Bassiri, 2013; M. Berhouma, 2013.

<sup>1</sup> У пізньому періоді творчості — В. М.

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Eccles\\_\(neurophysiologist\)#Philosophy](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Eccles_(neurophysiologist)#Philosophy). Принагідно пригадаймо також і протилежну у філософському плані постать — Е. Кандел і його впливову працю 1998-го року, у якій сформульовано 5 принципів відношення сучасного біолога до проблеми “мозку — розуму” у типовому редукційно-фізикалістському ключі (E. Kandel, 1998; *приклад критики поглядів Е. Кандел — С. Баглей, 2016*, <https://stevenbagley.net/blog/kandel-reduced.html>).

<sup>3</sup> T. Riekkі та співавтори (2013): “The results elucidate the contention that dualism is a manifestation of universal cognitive processes related to intuitions about physical, biological, and psychological phenomena by showing that especially **individuals who confuse the distinctive attributes of these phenomena tend to set the mind apart from the body.** ... Reflective and common sense dualism were not only connected to religiosity, but they were also strongly related to paranormal beliefs (such as belief in astrology, omens of bad luck, extrasensory perception, and psychokinesis). Reflective and common sense dualism as well as religiosity and paranormal beliefs were strongly and positively related to explicit (Study 1) and implicit (Study 2) ontological confusions about the fundamental properties of mental, biological, and physical phenomena. For example, the more lifeless entities (e.g., force, stars) were bestowed with life or intentions, and the more emotions were attributed with the properties of material objects (e.g., sadness literally moves in the stomach), the more dualism, paranormal beliefs, and religiosity were endorsed. Categories such as mental phenomena, animate and living organisms, lifeless material objects, and physical processes are all ontologically basic categories, and their distinct properties cannot be borrowed to characterize an entity in another ontological category without making a category mistake (Carey, 1985; Keil, 1979; Ryle, 1949). **Based on these results, we suggest that reflective dualism, afterlife beliefs, and paranormal and religious beliefs are different facets of a more general tendency to extend the distinctive attributes of physical, biological, or psychological phenomena inappropriately to other domains.** In addition, the mediation effects found in the two studies suggest that mind-body dualism may be an important step in understanding how religious and paranormal beliefs evolve. **If the universal, naturally emerging idea that mental processes are different from physical processes progresses to a radical view of total independency of mental phenomena from the body, it may serve as fertile ground for various, culturally specific religious and paranormal beliefs.**” (виділено нами — В. М.). Сподіваємось, не потрібно пояснювати, що означає у сучасному науковому середовищі тавро “прихильника астрології, парапсихологічних явищ і марновірства.”

<sup>4</sup> Провидчий дар часто розкривається саме через митців, згадаймо хоча б Шевченка.

<sup>5</sup> Проблема полягає у тому, як віднайти талановитих осіб для формування вибірки: часто значимість таланту особистості розкривається набагато пізніше. Тим більше, як з’ясувати значимість праці, виконуваної у момент моніторингу? Чи виявиться вона дійсно нетривіальною? Застосування ж біологічних критеріїв талановитості заперечується вадним колом: обдаровану людину можна віднайти, маючи на руках матеріальні критерії талановитості, котрі ми й прагнемо сформулювати за допомогою таких експериментів. Та й навіть за вдалого моніторингу моментів реалізації таланту, якою буде доказова вага отриманого емпіричного матеріалу? Адже він з очевидних причин слабватиме на казуальність.

<sup>6</sup> Питання у тому, чи можемо ми сутнісно вдосконалювати складні системи, а не фрагментарно покращувати певні функції, звужуючи чи навіть ламаючи ряд інших (котрі могли б вдало проявитися в інших умовах). Схоже, ми лише “майстри-ламайстри”, а наші практичні успіхи у царині генної інженерії до болю нагадують контент рубрики “Своими руками” чи “Маленькие хитрости” академічного науково-популярного журналу “Наука и жизнь” епохи зрілого і всепронемаючого соціалізму: там були поради, як, приміром, із старої хутрової шапки пошити дефіцитні теплі дитячі рукавиці, як із ацетону й пінопласту вибвотати добротний клей для кахелю, що відвалився у вбиральні, як “реанімувати” буханець передчасно здерев’янілого хліба і так далі, і тому подібне. Ми все ще не співтворці, точніше, залишаємось

Безперечно, психіка, навіть найвищі її форми, в силу цілісності феномену людини є питомо залежною від тілесного і, в тому числі через це, — містить безліч автоматизмів і може зазнавати матеріальних впливів. Однак, чи вичерпують наші уявлення про найскладніші психологічні поведінкові алгоритми феномен особистості, сповнений значною кількістю слабо відтворюваних казуальностей? Іншими словами, у який момент власного життя кожен з нас є людиною глибинно, а коли лише поверхово, масково, шаблонно? І що потрібно для того, аби здерти з нас цю маску, привідкрити особистісну глибину? Оглядаючи людське буття, можемо визнати, що ця глибина особистості проявляється у здатності продукувати питомо нове, в тому числі утримує від *“шаблонних рефлексій”*<sup>1</sup>.

Словом, такий досвід тяжко відтворюваний і досліджуваний; однак саме у ньому й нуртує квінтесенція людини, осердя особистості, серцевина, котру ми ось-ось витрусимо із себе. І тоді досягнення робототехніки і наші скромні суб'єктні здібності стануть вповні порівнюваними, замикаючи вадне коло особистісного зміління<sup>2</sup>.

Цікаво, що *“верифікація суб'єктності”* квазіінтелектуальних новотворів, за умови збереження поважного відношення людини до феномену власного тіла, може набути й іншого виміру: у вигляді з'ясування схожості штучного обличчя чи інших анатомічних ділянок зі справжніми. З огляду на зухвалість

співтворцями лише тоді, коли нашого розуму багато не потрібно — у сфері біологічного розмноження і виховання нащадків. Цікаво, що вимога до вдосконалення власної психічної сфери рефреном проходить також і через усі релігії, питання лише у напрямку і проявах такого *“прогресу”*, що залежить у тому числі й від *“міри онтологічності”* феномену особистості у межах того чи іншого релігійно-містичного напрямку. Але й тут, у теологічній площині, виникає свій несподіваний поворот: а якщо раптом природних властивостей новотвореного нами механоїда чи органідої виявиться достатньо для повноцінної взаємодії з духовним джерелом вищих психічних функцій — чи стане такий об'єкт суб'єктом, у тому числі в релігійному сенсі слова? У християнській філософії це питання, думаємо, отримує просту відповідь: шляхи Господні невідомі, від Нього, а також від впертості (*чи наполегливості?*) людини залежить, чи настане така можливість, чи ні. Від Нього й залежатиме і виконання закону, згідно з яким наявність певних матеріальних передумов *“зобов'язує”* долучення нематеріальної складової. У християнстві Бог сповідується Абсолютом і примусовий спосіб загалом недоречний, хіба що йтиметься про свободу особистості *“світворця”* — людини. Врешті-решт, Бог, цінуючи свободу особистості, вповні допускає реалізацію такої обумовленості у випадку подружньої творчості, навіть якщо дитина у майбутньому (*Богу це вповні відомо*) стане Гітлером, Сталінім чи іншим душогубом. Бог може також допустити й власне невтручання: і тоді місце *“нематеріального”* у такому технічному новотворі людини уповні може зайняти одвічний ворог роду людського чи його посіпаки. Отже, стосовно *“суб'єктивізації”* людських новотворів з точки зору християнського світогляду — усе в руках Господніх. Зрештою, чи можемо ми заперечувати, що у плани Творця не входило вдосконалення людської істоти? Усе питання лише у тому, що *“методи”* справжнього вдосконалення навряд чи можуть бути *“безбожними”*: єдиним джерелом таких змін є сама Досконалість, наш же вклад у них — щонайменше, згода.

<sup>1</sup> За такого формулювання стає зрозумілішим християнський підхід до феномену страждання, відкриваються інші грані складних етичних проблем (*приміром, евтаназії*), розкривається моральна краса мотивації щоденних борців з буденністю — людей, для котрих у силу тих чи інших спонук щоденна поведінка стала перманентним *“зриванням шаблону”*, оскільки контрастувала зі схематизованою більшістю. Згадаймо борців за свободу й людські ідеали на теренах Радянського Союзу. Перечитаймо Стуса. І ми зрозуміємо, що введена у фокус рутинна боротьба з власною шаблонністю, яловістю, примітивністю і тому поширеною рефлексійністю, тобто з власними недоліками і пристрастями — все це аргументована і сильна сторона багатьох варіантів релігійної поведінки. Лиш би боротьба ця сама не вироджувалася у шаблонність. Є також боротьба проти іншої крайності — тотальної казуальності, тобто хаосу, розпаду, доведеним до абсурду руйнуванням будь-якої сталості. У цьому сенсі шаблонність втрачає негативну конотацію: до певної міри (*відчуваної здебільшого ірраціонально*) вона стає позитивним явищем. У такому випадку сталість є проявом *“динамічної сталості”* протистояння здорового розпаду. Порухення здорового балансу між цими двома вимірами поведінки є причиною багатьох відомих соціальних потворств, і не лише у релігійній сфері. Прикладів багато. У юридичній площині — доречність виконання закону і слушність його ігнорування чи зміни; у медицині — виконання протоколу лікування і відступ від нього; у мистецтві — дотримання канону (*чи моди*) і відхід від нього. Ймовірно, це пов'язано з тим, що нашими законами, частіше заборонними, ніж дозвільними, ніяк не вичерпується і, думаємо, не вичерпається усе буття, всі його локальні у часі і просторі варіації. За умови ж принципової й абсолютної окреслюваності буття у сучасному раціональному розумінні — часу й руху не існувало б (*узagalі*). За *“легкої метризації”*, приміром, лише топологічної, але не геометричної (*див. далі*) — час і рух вичерпувалися б геометричними змінами. Адже хіба змінюються члени математичних рівностей? Ні, оскільки знак рівності чи тотожної рівності унеможлиблює щось інше, аніж жорстку єдність між обома частинами рівняння. Якщо в таких умовах існуватимуть *“напірівності”* у *“метарівняннях”* — це означатиме, що буття принципово неохопне метричною сіткою, сіткою логіки, тобто має певний рівень ірраціональності. Отже, рухаючись тут і зараз, змінюючись не лише геометрично, а й топологічно, ми можемо бути впевнені, що світ принципово неохопний тим, що ми розуміємо під терміном *“ratio”* у геометрично чи топологічно вираженій формі. Звідси релятивність і тимчасовість наших шаблонів, а отже, їхня бімодальність: вони можуть мати як *“позитивні”* (порівняно з примітивнішим упорядкуванням), так і *“негативні”* (порівняно з кращим упорядкуванням) сторони. Про ідеологічну й іншу заангажованість такого оцінювання — нічого й говорити.

<sup>2</sup> Важко не помітити, що спрощеність нейропсихологічних уявлень замикає суспільний цикл психологічно-поведінкової *“вульгаризації”*, *“тривіалізації”* людини, її *“механізації”*. Характерні повідомлення з переднього краю нейронауки збуджують пристрасть наукових фантастів і фахівців зі *“штучного інтелекту”*, котрі рисують рутинні жанрові ситуації позалюдини (*транслюдини*) чи післялюдини (*постлюдини*), її вдосконалених у механістичний спосіб дериватів, що ясно виливається на метри кіноплівки. Маскульт формує суспільну думку й очікування, відтак — запит на відповідні дослідження й проекти, що і замикає вадне коло. І от уже пересічний член суспільства войовничо переконалий, що його *“брудненькі, пронизані пивцем мізки”* — це щось на кшталт борозенок на городі у сільському дитинстві (*зневажаючи, зазвичай, селянськість як таку*). А от смартфон, куплений за великі грошенята у надкушеному магазині, який навіть ідентифікує його відбиток пальців — це п'яний подих нанотехнологічного майбутнього з рідкокристалічними тілами, як у T-1000, чи металоорганікою, чи ще якимись прибабасами... На наше щастя, серед митців, проникливість котрих часто відповідає творчій майстерності, існують ще такі, котрі здатні розглядіти у всьому цьому гармидері добрячу дешевизну. І тоді на світ виринають монументальні антиутопії, у котрих людська ірраціональність ще у моді, а *“органічні тіла”* помирають, незважаючи на гігантські технологічні звершення *“у далекій-далекій галактиці”*...

біотехнологічного прогресу<sup>1</sup>, такий варіант верифікації людськості обіцяє бути не менш драматичним. Виявлений ефект “жолоба жаху”<sup>2</sup> (рис. 78) свідчить, що при збільшенні візуальної<sup>3</sup> схожості моделей питомо людських елементів тілесності<sup>4</sup> їх позитивне сприйняття людиною-оглядачем зростає лише до певної межі: за досягнення значного рівня схожості<sup>5</sup> виникає різка зміна емоції сприйняття аж до появи відчуття жаху, моторошності<sup>6</sup>; при подальшому збільшенні схожості позитивне сприйняття швидко відновлюється до попереднього рівня й перевершує його, сягаючи значень, характерних для сприйняття реальної людини<sup>7</sup>. Отже, між істотною несхожістю й ідентичністю існує проміжний стан значної схожості, у котрому відмінності розрізняються неусвідомлено, сказати б, ірраціонально<sup>8</sup>, і котрий викликає суттєве сум’яття у оглядача. Значення цього ефекту у формуванні наших уявлень про майбутнє людини і технологію антропоморфних носіїв так званого штучного інтелекту — незаперечне. Про культурологічний вимір явища — годі й говорити.

## кров і дух: все так просто

Із матеріалу глави зрозуміло, що у формуванні мозкових корелятив моральності, естетичного відчуття, релігійності і пізнавального процесу найбільше значення мають ділянки, котрі формують у кожній півкулі своєрідне кільце: орбітофронтальна кора і VMPFC, MPFC, ACC, MCC, PCC, ретроспленіальна і медіальна тім’яна кора, латеральна верхня і нижня тім’яна кора, TPJ, верхня скронева звивина і верхня скронева борозна, *operculum temporale*, *operculum parietale*, острівець, *operculum frontale*, VLPFC і DLPFC. Причому найважливіші — орбітофронтальна кора й ACC, передній острівець і ділянка TPJ. Про значення такого топологічного улаштування асоціативних зон кори ми детальніше поговоримо пізніше, а зараз зауважимо ось що: ACC, задні відділи орбітофронтальної кори і передня частина острівця повинні отримувати один з найінтенсивніших серед усіх ділянок кори механічний вплив від прилеглих пульсуючих судин. І ось чому.

Найближчими до основного стовбура середньої мозкової артерії<sup>9</sup> є неостріарні, палідарні, таламічні, а серед кіркових — острівцеві гілки (рис. 79–84): сегмент M2<sup>10</sup> і його біфуркація<sup>11</sup> розпластані по поверхні острівця<sup>12</sup>. Віддаленішими полями васкуляризації *a. cerebri media* є частини покривки<sup>13</sup>, задні відділи MPFC, ACC й MCC, у тому числі TPJ, далі — VMPFC, і найбільш віддаленими серед вузького околу — орбітофронтальна кора і VLPFC (Т. G. Phan та співавт., 2014). На фронтальних проєкціях селективних каротидних ангиограм мозку добре видно, що зона острівця отримує гілки, сказати б, “найпряміші” стосовно основного стовбура *a. cerebri media* (S. Prabhu, 2011<sup>14</sup>). Цілком очевидно, що найближчі до магістральних стовбурів артеріальні

<sup>1</sup> Вирощування обличчя? — Чому б і ні...

<sup>2</sup> “Uncanny valley” — “моторошного яру”, “моторошної улоговини”, “моторошної долини”; у багатьох працях це спостереження розглядають гіпотезою.

<sup>3</sup> Загальніше — перцептивної.

<sup>4</sup> Приміром, обличчя ляльки чи робота.

<sup>5</sup> Реалістичності.

<sup>6</sup> Схожий психологічний механізм, імовірно, лежить в основі генези відчуття моторошності при зустрічі й упізнанні особи, котра для нас суттєво постарішала або змінилася у гірший бік внаслідок соматичної чи психічної хвороби, а також у випадку захоплення поглядом обличчя мерця.

<sup>7</sup> Уперше такий розвиток подій окреслено японським робототехніком М. Mori (Mori, Masahiro (1970). *Bukimi no tani The uncanny valley* (К. F. MacDorman & Т. Minato, Trans.). Energy, 7(4), 33–35. (Originally in Japanese); [https://uk.wikipedia.org/wiki/Моторошна\\_долина](https://uk.wikipedia.org/wiki/Моторошна_долина); сучасний стан проблеми оглянуто у: М. Mori та співавт., 2012; Y. T. Matsuda та співавт., 2012; E. Poliakoff та співавт., 2013; J. Kätsyri та співавт., 2015; К. F. MacDorman, D. Chattopadhyay, 2016; S. Lay та співавт., 2016; S. Wang, P. Rochat, 2017.

<sup>8</sup> Ми вловлюємо цю різницю, не маючи змоги зрозуміти, в чому вона, і напевне саме тому відчуваємо, що втратили розуміння цього суб’єкта, він для нас став чужим і непередбачуваним, що й є однією з основних причин характерного для такого стану моторошного відчуття. І в той же час, невпевненість під час розпізнання особи може бути причиною не лише жаху, а й трепетного, урочистого піднесення; урочистість саме й забезпечується існуванням цієї дистантності між згодом, ірраціональним передчуттям правильності згоду і впевненістю у правильності розпізнання, між зовнішнім, явним, однак не вповні схожим на того, кого хотіли бачити чи бачите, і ним реальним. Також відомі психічні розлади, при котрих порушується самоідентифікація, саморозпізнання — відчуття ведення іншою, зовнішньою силою, відчуття “зробленості” власних дій тощо (див. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Синдром\\_Кандинского\\_—\\_Клерамбо](https://ru.wikipedia.org/wiki/Синдром_Кандинского_—_Клерамбо)).

<sup>9</sup> *A. cerebri media*.

<sup>10</sup> Цей сегмент через своє розташування отримав назву острівцевого (“insular segment”; <https://www.imaio.com/en/e-Anatomy/Anatomical-Parts/Insular-part-M2-segment>).

<sup>11</sup> Інколи трифуркація — [https://en.wikipedia.org/wiki/Middle\\_cerebral\\_artery](https://en.wikipedia.org/wiki/Middle_cerebral_artery).

<sup>12</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Middle\\_cerebral\\_artery](https://en.wikipedia.org/wiki/Middle_cerebral_artery); Т. G. Phan та співавт., 2014; S. Celik та співавт., 2018.

<sup>13</sup> Сегмент M3 середньої мозкової артерії — покривковий (“opercular segment”).

<sup>14</sup> Fig. 11, p. 35. Prabhu S. M2 segment middle cerebral artery aneurysms: Retrospective analysis of clinical and radiological features and surgical outcome: Thesis submitted in fulfillment of the rules and regulations for MCh Degree Examination of Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences



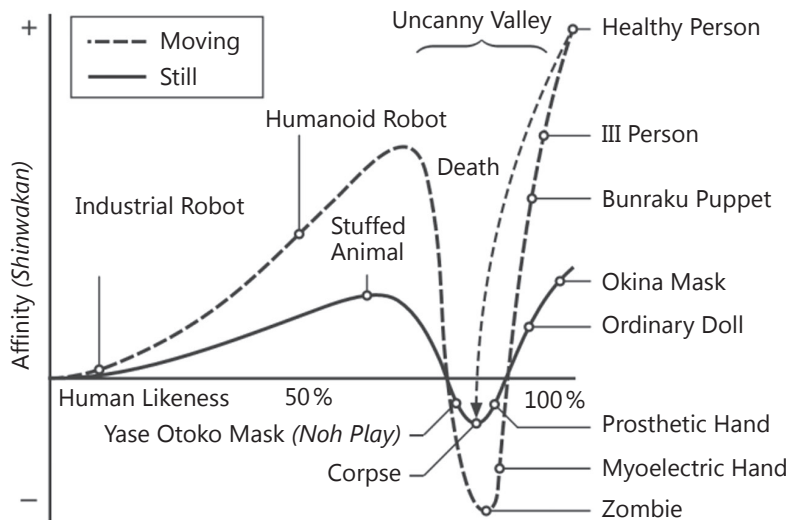


Рис. 78. Жолоб жаху. М. Mori (2012)

гілки несуть більші за амплітудою пульсові хвилі. При цьому слід враховувати, що сегмент M2 виходить на поверхню острівця у нижньопередній його частині (S. Celik та співавт., 2018), що обумовлює найменшу відстань до основного стовбура *a. cerebri media* саме передніх частин острівця. Більш того, *a. cerebri media* та її гілки на поверхні острівця вкриті *operculum frontale et temporale*, що виключає дисипацію механічної енергії пульсової хвилі, тобто судини за такого анатомічного улаштування при пульсовому розширенні діють на тканину острівця сильніше, впираючись з протилежного боку у тканину покришки. Думаємо, все це має важливе значення з огляду на матеріал, щодо ролі пульсової гемодинаміки в активності нейронних мереж<sup>1</sup> острівця, тобто у ретрансляції впливу серцево-судинної системи на вищу психічну сферу, а також на генезу серцевих викликаних потенціалів у мозку<sup>2</sup>. Аналогічний висновок можна зробити й для невеликої ділянки МРФС, для поясної звивини, для гіпокампа<sup>3</sup> і стовбура мозку<sup>4</sup>. Інші частини префронтальної кори, ділянка ТРJ і тім'яна кора кровопостачаються довгими гілками *a. cerebri media* і тому, ймовірно, отримують слабші пульсові хвилі.

І ще. Дивлячись на фронтальні чи горизонтальні зрізи мозку, легко бачити, що з усіх ділянок кори великих півкуль острівця чи не найдужче наблизений до шлуночкової системи<sup>5</sup>. Загальновідомо, що пульсуюче судинне сплетення розташоване у 3-му і нижніх рогах 1–2-го шлуночків<sup>6</sup>. Отже, передні відділи острівця отримують пульсові коливання не лише від *a. cerebri media*, а й від передніх рогів бічних шлуночків<sup>7</sup>, задні — від гілок цієї ж артерії і від третього шлуночка<sup>8</sup>. Зазначимо, що схожою з такої точки зору ділянкою мозку слід визнати гіпокамп, котрий розташований навіть набагато ближче до шлуночкової системи — до нижніх рогів бічних шлуночків.

Чи правильні всі ці наші інтуїції — покаже час.

and Technology, Thiruvananthapuram. October 2011. <http://dspace.sctimst.ac.in/jspui/bitstream/123456789/1948/1/538.pdf> (07.09.2020 p.).

<sup>1</sup> Див. том II, с. 384 і далі.

<sup>2</sup> Див. том III — с. 10 і далі.

<sup>3</sup> Разом з ніжками мозку отримує короткі гілки від задньої мозкової артерії (E. F. Ciceri та співавт., 2001).

<sup>4</sup> Прилягає і отримує короткі гілки від основної артерії ([https://en.wikipedia.org/wiki/Basilar\\_artery](https://en.wikipedia.org/wiki/Basilar_artery)).

<sup>5</sup> Між ним і передніми рогами бічних шлуночків — масив речовини мозку, товщиною, як нам здається, ~3 см, до якого входять головка хвостатого ядра, внутрішня капсула, біла куля і огорожа; каудальніше між острівцем і третім шлуночком розташовані таламус, внутрішня капсула, біла куля, лушина і огорожа.

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Choroid\\_plexus](https://en.wikipedia.org/wiki/Choroid_plexus).

<sup>7</sup> Опосередковано через речовину мозку.

<sup>8</sup> Опосередковано через речовину мозку.

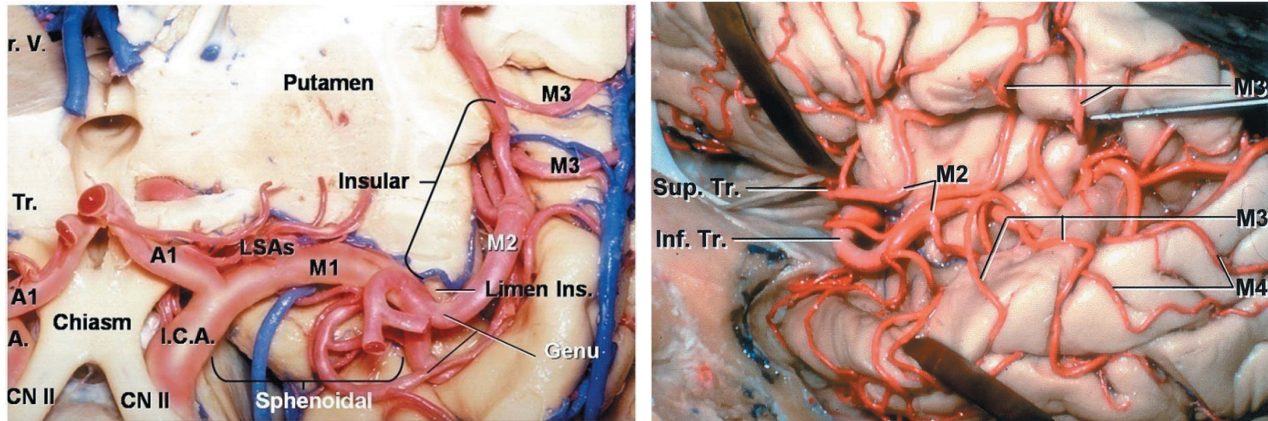


Рис. 79. Хірургічна анатомія середньої мозкової артерії — вигляд збоку (зона острівця — у центрі, під позначенням сегмента артерії “M2”; частини покривки відведено) і зверху й спереду (конвексимальна частина півкуль великого мозку видалена, зону горизонтального зрізу добре видно; острівцеву частину позначено дужкою — “insular”). S. Prabhu (2011)<sup>1</sup>. Розкриття умовних позначень віднайти у тексті праці не вдалося, однак вони вповні зрозумілі

<sup>1</sup> Fig. 2, Fig. 3, p. 14, 15. Prabhu S. M2 segment middle cerebral artery aneurysms: Retrospective analysis of clinical and radiological features and surgical outcome: Thesis submitted in fulfillment of the rules and regulations for MCh Degree Examination of Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences and Technology, Thiruvananthapuram. October 2011. <http://dspace.sctimst.ac.in/jspui/bitstream/123456789/1948/1/538.pdf> (07.09.2020 p.). Інформацію стосовно першоджерела ілюстрації, а також щодо методики виготовлення препаратів у тексті знайти не вдалося.

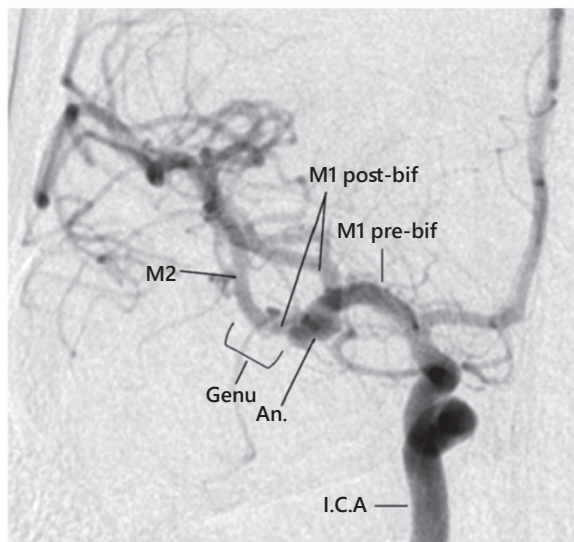


Рис. 80. Гілки середньої мозкової артерії на каротидній селективній ангиограмі. Фронтальна або квазіфронтальна проекція. S. Prabhu (2011)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fig. 11, p. 35. Prabhu S. M2 segment middle cerebral artery aneurysms: Retrospective analysis of clinical and radiological features and surgical outcome: Thesis submitted in fulfillment of the rules and regulations for MCh Degree Examination of Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences and Technology, Thiruvananthapuram. October 2011. <http://dspace.sctimst.ac.in/jspui/bitstream/123456789/1948/1/538.pdf> (07.09.2020 p.).

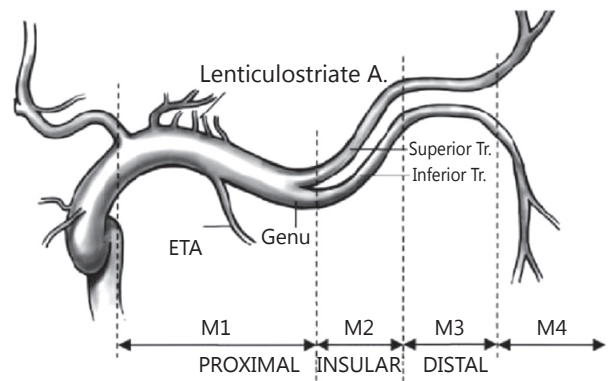


Рис. 81. Схема частин і сегментів середньої мозкової артерії. S. Prabhu (2011)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fig. 1, p. 13. Prabhu S. M2 segment middle cerebral artery aneurysms: Retrospective analysis of clinical and radiological features and surgical outcome: Thesis submitted in fulfillment of the rules and regulations for MCh Degree Examination of Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences and Technology, Thiruvananthapuram. October 2011. <http://dspace.sctimst.ac.in/jspui/bitstream/123456789/1948/1/538.pdf> (07.09.2020 p.). Інформацію стосовно першоджерела ілюстрації і розкриття умовних позначень знайти не вдалося.

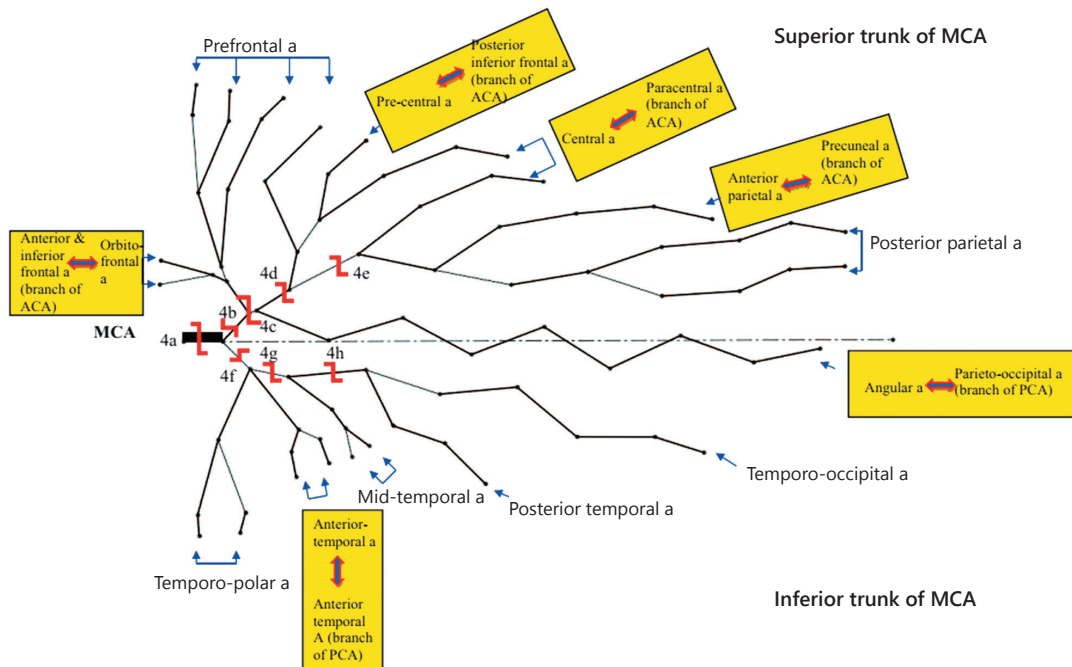


Рис. 82. Площинна схема галуження середньої мозкової артерії. T. G. Phan та співавтори (2014)<sup>1</sup>. Анастомози з гілками передньої (ACA — anterior cerebral artery) і задньої (PCA — posterior cerebral artery) мозкової артерії позначено синьо-червоними опасистими двоспрямованими стрілками. а — artery

<sup>1</sup> Адаптовано з: Brozici M, van der Zwan A, Hillen B. Anatomy and functionality of leptomeningeal anastomoses: a review. *Stroke* (2003) 34:2750–62; Rhoton AL Jr. The supratentorial arteries. *Neurosurgery* (2002) 51:S53–120.

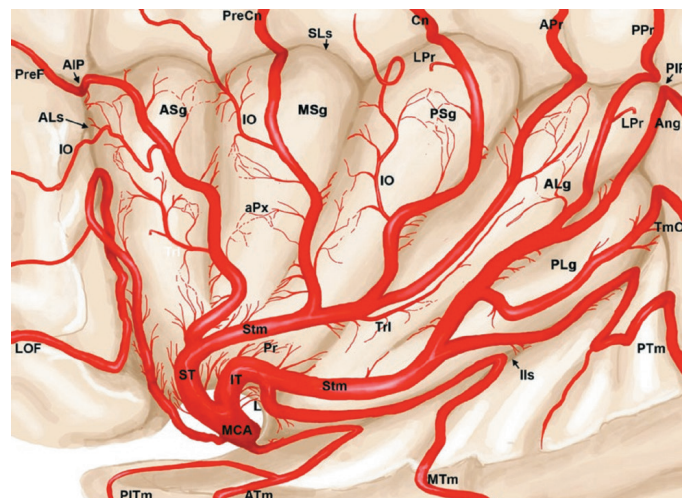


Рис. 83. Схема площинного розподілу гілок середньої мозкової артерії по поверхні острівця і регіоналізація васкуляризації. S. Celik та співавтори (2018). Умовні позначення: AIP — anterior insular point; ALg — anterior long gyrus; ALS — anterior limiting sulcus; Ang — branch to angular gyrus; APr — anterior parietal artery; ASg — anterior short gyrus; ATm — anterior temporal branch; aPx — pial arterial pelxus; ILS — inferior limiting sulcus; IO — insuloopercular artery; IT — inferior trunk of middle cerebral artery; L — limen of the insula; LPr — long perforating artery; MCA — middle cerebral artery; MSg — middle short gyrus; MTm — middle temporal branch; PIP — posterior insular point; PLg — posterior long gyrus; PITm — polar temporal artery; PPr — posterior parietal artery; Pr — perforating insular artery; PSg — posterior short gyrus; PTm — posterior temporal branch; SLs — superior limiting sulcus; ST — superior trunk of middle cerebral artery; Stm — stem artery; TmO — temporooccipital branch; TrI — terminal insular artery

## мозок як атопологічна машинерія: мережі, верстаки й топологічне руно. досвід однієї інтелектуальної фантазії

У попередніх роботах<sup>1</sup> ми звертали увагу на переваги топологічного, а не геометричного, підходу у формуванні теоретичних засад біології, нейрофізіології чи патофізіології. Це пов'язано з принциповою "еластичністю" топологічного опису<sup>2</sup>, неприв'язаністю його до точних просторових чи часових<sup>3</sup> ознак, словом, усім тим, що ми бачимо у функціональній структурі питомо пластичних біологічних систем, у принципах їхньої роботи, а також у властивостях мозку і в його функціях. Для усіх цих випадків характерна значна свобода просторового втілення чи прояву, індивідуальна тактична варіативність за високої стратегічної схожості. У складних серійних механізмів, виготовлених людиною, такі властивості практично відсутні, толеруються лише задля демонстрації неповторності товару<sup>4</sup> і тією мірою, котра не порушує його функцію.

З часу наших, згаданих щойно публікацій хід світової науки підтвердив чільність топологічного тренду. Окрім добре відомих засобів мережевого аналізу у нейрофізіології<sup>5</sup> чи конектотного аналізу у молекулярній біології<sup>6</sup>, можна навести щедрі переліки інших прикладів вжитку топологічного інструментарію для вирішення прикладних завдань біології і нейрофізіології. Зокрема, заслуговує на увагу досвід використання топології двовимірних многовидів для аналізу онтогенетичних процесів (*V. V. Isaeva та співавт., 2012*), а також у пристосуванні до функціонального картування кори головного мозку, її онтогенетичних перетворень<sup>7</sup> і трансформації кіркових корелятивів відображень тих чи інших об'єктів (*S. P. Wilson, J. A. Bednar, 2015; J. F. Mangin*

<sup>1</sup> Медведєв В. В. Топологічний підхід в біологічній науці // Тези 54 Науково-медичної конференції студентів та молодих вчених, 1999. С. 84; Цымбалюк В. І., Медведєв В. В. Спинной мозг. Элегия надежды: монографія. Вінниця : Нова Книга, 2010. 944 с. С. 541–635; Цымбалюк В. І., Медведєв В. В., Сенчик Ю. Ю. *Se.re.bellum*, або мозочок: монографія. Вінниця : Нова Книга, 2013. 272 с. С. 77–81, 93.

<sup>2</sup> Йдеться про різницю між "геометричним" і "топологічним", котра, на наш погляд, полягає у більшій "ригідності" першого варіанта опису світу порівняно з "еластичністю" другого. Однак слід розуміти саме відносний характер такої різниці: топологічне представлення теж доволі "ригідне", оскільки задається певними правилами (*метрикою і переліками усіх можливих перетворень, наприклад, гомотопій і гомеоморфізмів*), тобто властивостями, котрі зберігаються при "дозволеніх" трансформаціях. Є й інші, глибші реляції. Усі геометричні властивості можуть, хоча би у мозку, тобто суб'єктивно, представлятися топологічними засобами завдяки операції співставлення впорядкованих послідовностей. Більша чи менша величина виявляється саме такою завдяки впорядкованості як топологічній властивості, котра може описуватися, приміром, ланцюгом зачеплень (*ланцюгом зачеплених кілець*). Кожен елемент зачепу може деформуватися і розтягуватися як завгодно, однак якщо аналогічні деформації торкатимуться й еталона — вони залишаться невідчутними. Великою мірою, увесь світ є саме топологічним, і його метризація — це фактично запис на тканину, сплетену з ниток, тобто на суто топологічне тло. Отже, вповні може виявитися, що геометрія — це уявне, відносне, завжди уявне при зіставленні з еталонним поняттям, котре є похідним від топології. Насправді, співвідношення між топологією і геометрією можуть виявитися обопільно безмежними: певна топологія може вироджуватися у безмежну множину геометричних втілень, але й певна геометрія при спробі її побудови топологічними засобами повинна встатися безмежною наповнення топологічними структурними елементами. Інтуїтивно, уникнути потреби у згадуваному еталоні, тобто удійснити геометрію топологічними засобами можна, напевне, лише тоді, коли змінність геометричного тіла вимагатиме атопологічної змінності його структури. Можливо, саме через це, незважаючи на безмежність з потужністю континууму, відрізок прямої — впорядкована множина дійсних чисел — геометричний, нерозтягливий, адже розтягливість відрізка нівелюватиме в тому числі особливий топологічний статус його кінців, внаслідок чого відрізок ставатиме гомеоморфним прямій (*а відрізок, на відміну від інтервалу, прямій не гомеоморфний*). Таке "ховання проблеми у безмежність" може видатися моветонном — якщо топологічні елементи, котрі формують зчеплене, зіткане тло, еластичні, чому б їм не залишатися такими ж і тоді, коли їхня кількість безмежна? Однак може виявитися, що змінність геометрії тіла означає зміну топологічного його улаштування на "мікрорівні" й зміну потужності множини елементів, котрі його формують. Або навіть так: наявність геометричної змінності означає зміну макротопологічних характеристик об'єкта, що означає і зміну його "структурних, мікротопологічних характеристик." Наприклад, змінність форми однодимірною кільця можна описати, вичерпавши усі можливі варіанти; множина таких варіантів матиме вищу розмірність, аніж саме кільце, причому цілком зрозуміло, що розмірність може виявитися безмежно більшою і означатиме також зміну "мікроструктури" геометричного об'єкта — його елементи формуватимуть зв'язності не за принципом "діадизованої тріади" ( $-A-B-C-$ ), а у вигляді тріадизованої тріади (*кожен елемент прямо пов'язаний з трьома іншими*) чи ще іншим чином. Якщо вдається довести, що така зміна "мікроструктурного улаштування", по-перше, атопологічна, а по-друге, означає зміну потужності множини, сформованої елементами, — гіпотеза про можливість визначення геометричних властивостей топологічними засобами виявиться вірною.

<sup>3</sup> Див., наприклад, Е. Delі та співавтори (2017), де пропонується топологічний засіб ув'язування швидких і повільних ЕЕГ-коливань (*як відображень одне одного у просторі вищої розмірності*) і формування універсальної часової шкали мережевих коливних процесів у мозку. Що це означає для теорії внутрішньої репрезентації часу, можна зрозуміти, ознайомившись з наявними у цій важливій ділянці нейропсихології гіпотезами (*том II, с. 185-213*).

<sup>4</sup> Йдеться про так звані "вироби ручної роботи", наприклад, автомобілі Rolls Roys чи суперкари Lamborghini.

<sup>5</sup> A. Irimia та співавт., 2012; A. Irimia, J. D. Van Horn, 2013, 2014, 2016; J. D. Van Horn та співавт., 2012; S. E. Petersen, O. Sporns, 2015; A. Ponce-Alvarez та співавт., 2015; Danielle S. Bassett, E. T. Bullmore, 2016; N. A. Crossley та співавт., 2016; C. Giusti та співавт., 2016; W. C. A. Lee та співавт., 2016; D. S. Bassett, O. Sporns, 2017; J. Grandjean та співавт., 2017; R. D. Mill та співавт., 2017; M. W. Reimann та співавт., 2017; S. Shipp, 2017; D. S. Bassett та співавт., 2018; F. Battiston та співавт., 2018; A. P. Millán та співавт., 2018; A. E. Sizemore та співавт., 2018; B. Szalkai та співавт., 2018; N. Wang та співавт., 2018; M. Xing та співавт., 2018; F. C. Yeh та співавт., 2018; F. Zhu та співавт., 2018; J. Zimmermann та співавт., 2018.

<sup>6</sup> A. Gorkiewicz, J. Szemraj, 2018.

<sup>7</sup> Див. також: M. Á. García-Cabezas та співавт., 2019; L. Puelles та співавт., 2019.

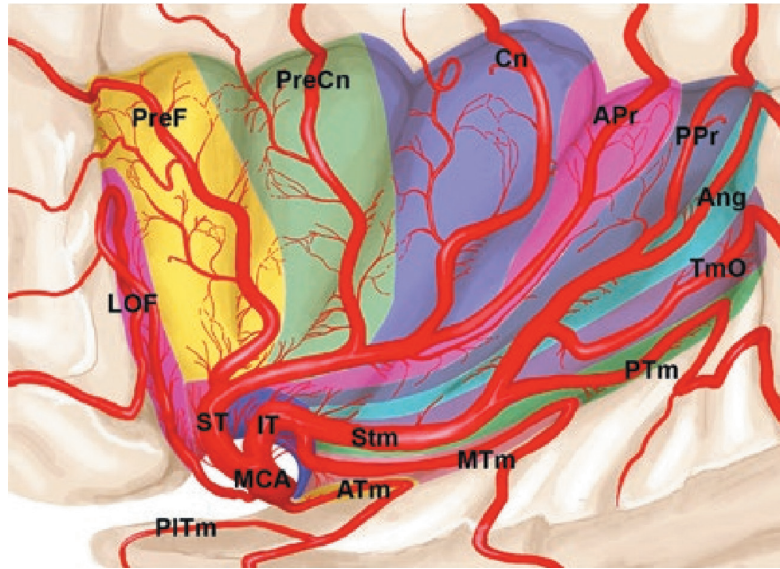


Рис. 84. Схема васкуляризації островця. S. Celik та співавтори (2018). Умовні позначення: Ang — branch to angular gyrus; APr — anterior parietal artery; ATm — anterior temporal branch; Both — transitional or mixed vascular area, Cn — central sulcal artery; IT — inferior trunk of the middle cerebral artery; LOF — lateral orbitofrontal artery; MCA — middle cerebral artery; MTm — middle temporal branch; PITm — polar temporal artery; PPr — posterior parietal artery; PreCn — precentral sulcal artery; PreF — prefrontal artery; PTm — posterior temporal branch; ST — superior trunk of middle cerebral artery; Stm — stem artery; TmO — temporooccipital branch

та співавт., 2017), приклад використання топології стрічки Мебіуса у контексті функціональної реконструкції локальних зв'язків між колонками соматосенсорної кори (J. J. Wright та співавт., 2014, J. J. Wright, P. D. Bourke, 2016), досвід використання топологічної теореми Борсука — Уляма для узагальненої інтерпретації мозкової активності (A. Tozzi та співавт., 2017), приклад застосування топології многовидів вищої розмірності для функціонального аналізу у мережевій нейрофізіології (A. N. Gorban та співавт., 2018), а також використання топології многовидів конектому ЕЕГ-активності мозку на тлі реалізації певних психічних функцій з перспективи 2-вимірного евклідового простору (M. Xing та співавт., 2018). Відомий також дотичний досвід — аналізу функціонального ландшафту кори<sup>1</sup> засобами неевклідової геометрії (A. Afgoustidis, 2015), конектотного аналізу у термодинамічній інтерпретації макромасштабних мережеских процесів мозку (S. Gu та співавт., 2018), конструювання й вивчення багаторівневих нейронних мереж<sup>2</sup> (R. M. Cichy, D. Kaiser, 2019).

Звертаючись до матеріалу цієї частини книги, зауважмо просту й очевидну особливість функціонального мапування кори головного мозку людини (рис. 86). Позначивши на поверхні півкулі ключові для реалізації вищих психічних функцій ділянки, ми раптом виявляємо, що вони утворюють замкнуте кільцеве пасмо, усередині якого — прилеглі первинна і вторинна соматосенсорна кора, зовні — первинні і вторинні слухові, нюхові, смакові і зорові зони. Зоною замикання пасма чи, можливо, вищим асоціативним центром, навколо якого це пасмо у топологічному сенсі замикається, є острівець.

Дивовижно, але схожа топологічна особливість регіоналізації кори прослідковується з найраніших стадій розвитку мозку ссавців (рис. 87, 88). Так, у контексті впливової моделі онтогенезу кори головного мозку — гіпотези “протокарти”<sup>3</sup> кільцева зона у нижчих ссавців представлена протоділянками середньої

<sup>1</sup> Йдеться про зорову кору.

<sup>2</sup> Йдеться про так звані глибокі нейронні мережі — “deep neural networks”.

<sup>3</sup> “Protomap hypothesis”; [https://en.wikipedia.org/wiki/Protomap\\_\(neuroscience\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Protomap_(neuroscience)). Ознайомитись з концепцією можна у наступних джерелах: P. Rakic, 1988, 2009; S. C. Noctor та співавт., 2001; E. A. Grove, T. Fukuchi-Shimogori, 2003; I. Bystron та співавт., 2008; P. Shaw та співавт., 2008; P. Rakic та співавт., 2009; V. Fernández та співавт., 2016; L. Vasung та співавт., 2016; G. J. Clowry та співавт., 2017; C. de Juan Romero, V. Borrell, 2017; див. також стосовно молекулярних механізмів ранньої патернізації кори — D. D. M. O’Leary та співавт., 2007; J. F. Montiel, F. Aboitiz, 2015; I. K. Suzuki, P. Vanderhaeghen, 2015; G. Agirman та співавт., 2017. Стосовно міжвидової гомології протомапи — A. J. Reiner, 2000; J. Dugas-Ford, C. W. Ragsdale, 2015; M. Á. García-Cabezas та співавт., 2019. Стосовно механізмів утворення звивин, або “озвивинення” мозку (“gyrification”, “gyrogenesis”) — L. Ronan, P. C. Fletcher, 2014; S. Budday та співавт., 2015; G. F. Striedter та співавт., 2015.

кори<sup>1</sup> — зачатками поясної кори, кори острівця і дрібних частин нюхової кори<sup>2</sup>; зачаткова ділянка нової кори<sup>3</sup> перебуває усередині цього кільця, а зовні розташоване кільце протозон різнорідної кори<sup>4</sup> — зачатків гіпокампа, комплексу підставки, енторінальної й решти кори парагіпокампальної звивини<sup>5</sup>, нюхової і прилеглої грушоподібної кори, а також нюхової цибулини (*L. Puelles та співавт., 2019*<sup>6</sup>).

Завдяки наявності у людини префронтальної<sup>7</sup> і тим'яної асоціативної кори<sup>8</sup>, розглядуване нами кільцеве пасмо асоціативних ділянок кори<sup>9</sup> відрізняється від описаного щойно "мезокортикального кільця" двома особливостями. По-перше, рострально АСС поєднується з острівцем у єдине пасмо не стільки прямо<sup>10</sup>, скільки через МРФС, орбітофронтальну кору, VLPFC і лобову покришку. По-друге, завдяки тим'яній асоціативній корі замість ледь помітного переходу пострінальної кори в РСС, котрий замикав би кільце виключно у межах медіобазальної поверхні півкулі<sup>11</sup>, розглядуване нами пасмо асоціативних ділянок з РСС продовжується на преклін, далі — на ділянку TPJ, на тим'яну і скроневу частини покришки і в острівцеві. За такого улаштування тим'яна асоціативна кора розбиває неокортикальні відділи кори на дві групи: ростральну — префронтальна, рухова<sup>12</sup> і соматосенсорна кора, і нижньокаудальну — слухові і зорові ділянки. Враховуючи принципову можливість тангенційного єднання нейронних мереж у складі покришки<sup>13</sup>, острівцеві можна умовно вивести з пасма й мезокортикального кільця<sup>14</sup> — у такому разі ця ділянку мозку слід було б розглядати як місце "дотуку" усіх трьох типів кори — нової, середньої і різнорідної<sup>15</sup>.

Бачачи таке топологічне улаштування кори на площинному мезоскопічному рівні, неможливо утриматись від творчих спекуляцій стосовно механізмів функції мозку.

Ось погляньте. Інформація, що доставляється у мозок основними аналізаторами, у топологічному сенсі є результатом дотику<sup>16</sup> між тривимірним тілом людини і зовнішнім світом. Дотик без порушення цілісності оболон тіла в умовах тривимірності простору реалізується у межах двовимірної ділянки. Це найочевидніше у випадку зорового і тактильного сприйняття, і саме у цих випадках притаманна двовимірна організація рецептивних полів і первинних ділянок кіркової частини аналізаторів<sup>17</sup>. У топологічному сенсі двовимірні

<sup>1</sup> Мезокортексу.

<sup>2</sup> Пері- і пострінальна кора.

<sup>3</sup> Неокортексу — зорової, слухової, соматосенсорної, рухової і префронтальної кори.

<sup>4</sup> Алокортесу.

<sup>5</sup> Енторінальна ділянка у всіх досліджуваних на даний час видів класу ссавців в анатомічному плані розглядається як частина парагіпокампальної кори (*G. W. van Hoesen та співавт., 2000*): "Indeed, the entorhinal cortex is a sizeable part of the parahippocampal area in all species." Ймовірно, автори мають на увазі саме кору парагіпокампальної звивини, оскільки термін "парагіпокампальна кора" може мати інше значення: "The anterior part of the gyrus includes the perirhinal and entorhinal cortices"<sup>[citation needed]</sup>. The term parahippocampal cortex is used to refer to an area that encompasses both the posterior parahippocampal gyrus and the medial portion of the fusiform gyrus." ([https://en.wikipedia.org/wiki/Parahippocampal\\_gyrus](https://en.wikipedia.org/wiki/Parahippocampal_gyrus)).

<sup>6</sup> Див. також М. А. García-Cabezas та співавт., 2019. Розташування кілець зазначених типів кори у зрілому мозку при погляді з медіальної поверхні півкулі через значний розвиток неокортексу (еуламінатної кори) протилежне (*M. A. García-Cabezas та співавт., 2019, Fig. 4*): внутрішнє кільце — алокортикальне, більш зовнішнє — агранулярне лімбічне, далі назовні — дисгранулярне лімбічне і найзовнішнє — неокортикальне, еуламінатне; мезолімбічному кільцю відповідають агранулярне і дисгранулярне кільця.

<sup>7</sup> Префронтальна кора наявна, ймовірно, навіть і у гризунів: *H. B. M. Uylings та співавт., 2003*.

<sup>8</sup> Асоціативна тим'яна кора наявна, ймовірно, навіть і у гризунів: Krubitzer L., Padberg J. (2009) Evolution of Association Pallial Areas: Parietal Association Areas in Mammals. In: Binder M. D., Hirokawa N., Windhorst U. (eds) Encyclopedia of Neuroscience. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_3121](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_3121).

<sup>9</sup> Облишмо тут з'ясування визначень ([https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral\\_cortex#Association\\_areas](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral_cortex#Association_areas)), ділянки, котрі ми зараховуємо до розглядуваного пасма — перелічено вище, причому ми звернули увагу на них саме через їхню участь у найвищих психічних функціях, котрі, ясна річ, потребують значної асоціації кіркових "інформаційних потоків", тобто мережевої активності, котра виринає із функціонально вужчих ділянок мозку.

<sup>10</sup> Чи залишається у дорослої людини таке єднання?

<sup>11</sup> Залишаючи, фактично, увесь зрілий неокортекс назовні; острівцеві у такому випадку був би латеральним випинанням кільця.

<sup>12</sup> Звісно, теж частина нової кори: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral\\_cortex#Types\\_of\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral_cortex#Types_of_cortex).

<sup>13</sup> *Operculum*; дорзомедіально тим'яна і префронтальна кора поєднуються через МСС, SMA і пре-SMA.

<sup>14</sup> Див. *L. Puelles та співавт., 2019*.

<sup>15</sup> Нео-, мезо- і алокортесу (котрий містить у тому числі й гіпокампально-енторінальний комплекс). Схожою є ділянка РСС, котра, будучи елементом мезокортексу, поза розглядуваним пасмом дотикається до неокортексу (потилична кора) і різнорідної кори. Однак, на відміну від острівця, РСС важко вивести за межі пасма і функціональний спектр цієї ділянки істотно скромніший. Іншими надважливими ділянками є АСС, TPJ і префронтальна кора.

<sup>16</sup> "Дотик" ніяк не означає, що місце контакту — нульвимірна точка.

<sup>17</sup> Звичайно, на мікрорівні і зір, і дотик є тривимірними взаємодіями, оскільки відображають не лише властивості оболон об'єктів (світло відбивається від кількох шарів об'єкта), а й надають фізичному медіатору інформацію про певні, пов'язані з внутрішнім улаштуванням властивості об'єкта (спектр світла внаслідок відбивання змінюється) і при цьому завершуються не оболонкою людини, а проникають у внутрішнє середовище: світло проникає углиб сітківки (до речі, деякі ділянки мозку експресують опсини, котрі вповні можуть

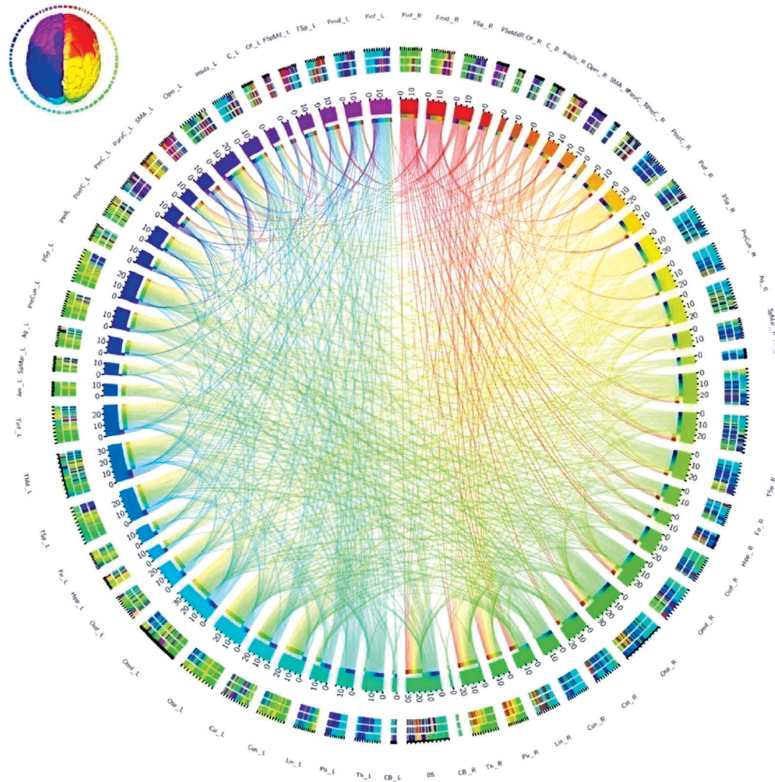


Рис. 85. Конектом мозку на мезоскопічному рівні. Елементи — відомі ділянки мозку (назви подано абрєвіатурно по зовнішньому колу діаграми, розшифрування — не наводимо з міркувань доцільності); зв'язки великих ділянок мозку позначено різними кольорами (коліористично-анатомічний ключ наведено у верхньому лівому куті).

F.-C. Yeh та співавтори (2018). Цілком очевидно, що далі буде

площини — принципово стягувальні<sup>1</sup>, їх розгорнуте існування у тангенційних нейронних мережах повинне забезпечуватися якимись додатковими засобами. Якими?<sup>2</sup> І ось, найпростішим топологічним засобом, котрий унеможливує колапсування<sup>3</sup> одно- чи двовимірного об'єкта, є організація цього об'єкта у вигляді кільця у просторі вищої розмірності. І реалізацію саме цього принципу ми вбачаємо у петльовій тангенційній ор-

виявлятися світлочутливими — [https://en.wikipedia.org/wiki/Opsins#Opsins\\_in\\_the\\_human\\_eye\\_brain\\_and\\_skin](https://en.wikipedia.org/wiki/Opsins#Opsins_in_the_human_eye_brain_and_skin); чи може їхня функція бути пов'язаною зі стимуляцією електромагнітними хвилями відповідної частоти, тобто чи можуть ці хвилі потрапляти углиб черепа — невідомо), дія механічної сили чи теплової енергії, безперечно, проникає до рівня дерми й глибше, впливаючи також і на нутрощі (тобто, безсумнівно, сприймається й інтероцептивно). І інші впливи відбуваються не за типом дотику, а шляхом проникнення: хімічні аналізатори (нюх і смак) та акустичний аналізатор (слух) у силу властивостей фізичних (приміром, акустичних хвиль) чи хімічних посередників (хімічний тривимірний контакт від “нутрощів” об'єкта до нутрощів людини — смак або нюх). Отже, усі ці впливи “нормально” пенетрують об'єкти, не травмуючи їх, не порушуючи топологію їхніх умовних оболонок (оскільки забезпечуються спеціальними продуцентами і приймачами). Тому, якщо оболони тіла, спрощуючи, вважати герметичними — такі впливи слід описувати у 4-вимірному просторі. Суттєвою відмінністю смакового, нюхового і слухового аналізаторів є менш виражене двовимірне мапування впливів. Хоча двовимірні мапи, щонайменше, за певними фізичними (слух) чи просторово-орієнтаційними (нюх) характеристиками вповні можуть реконструюватися під час опрацювання таких впливів. Питання стосовно розмірності ділянки дотику нетривіальне, адже цілком зрозуміло, що рецептивні поля наших аналізаторів уповні могли б розкласти всі стимули в одновимірний (як, приміром, звукові коливання різної частоти) чи, що цікавіше, — у тривимірний спосіб, забезпечуючи сприйняття тривимірних об'єктів не проєктивно-площинно чи голографічно, а об'ємно. Переконані, що відповідь на це питання торкається філософсько-світоглядних сфер. Прикладом такого “об'ємного” сприйняття, на нашу думку, є інтероцепція. Причому, враховуючи наву інформацію про функцію цієї системи (том III, с. 17-21), припускаємо, що на рівні острівця й зацентральної звивини може відтворюватися інтероцептивна тривимірність: постцентрально звивина квазідвовимірна, а острівець, імовірно, містить ознаки одновимірної організації вздовж передньо-задньої осі.

<sup>1</sup> У напрямку до точки, але, ясна річ, не у точку.

<sup>2</sup> Яким чином елементи площини кіркового поля аналізатора — тимчасові групи нейронів — залишаються “функціонально дискретизованими” на тлі питомої континуальності (у сенсі розповсюдження впливів звичними синаптичними механізмами) нейронної мережі?

<sup>3</sup> Стягування до як завгодно малого розміру, однак не в точку.

ганізації кори. Дійсно, ланцюг поєднаних у петлю ділянок кори може виступати саме тим місцем мозку, на котрому, як на верстаті, витворюється асоціативний, що вміщує інформацію усіх первинних аналізаторних ділянок кори, мережевий топологічний корелят будь-якого образу — репрезентату того чи іншого об'єкта зовнішнього світу у свідомості. Петля не може стягнутися у точку, отже, будь-який репрезентат, вбираючи у себе атрибути, отримувани стосовно і для нього від різних аналізаторів, асоціює їх не у точці, а в петлі. Такі мережеві петлі можуть “точково” асоціюватися чи зчеплюватися одна з одною, формуючи які завгодно поєднані репрезентати чи відтворюючи мережеву взаємодію між ними.

Отже, у цій моделі великі циклічні мережеві системи мозку є своєрідними “верстатами для плетіння”, на конічній робочій зоні котрих петлями накладається плетиво мережевих репрезентацій. Не виключено, що існування петлистої топології мереж мозку має свій осциляційний вираз на рівні ЕЕГ-активності; більш того, і це чи не найспокусливіша думка — на таких “петльових верстатах” можуть формуватися поки що невідомі нам відтворювані молекулярно-генетичні кореляти конституйованих репрезентатів<sup>4</sup>. Підозрюємо, що “вузловими станціями” системи мозкового плетіння репрезентатів, у котрих відбуваються атопологічні події — розмикання, змикання й зачеплення, — є відомі асоціативні ділянки: орбітофронтальна кора і MPFC, кора поясної звивини, тім'яна асоціативна кора, ділянка TPJ, кора верхньої скроневої борозни, і найголовніше — передня острівцева кора<sup>5</sup>.

Думаємо, окремим осередком “топологічного плетіння” є смугасте тіло<sup>6</sup>. Повторимось, що “нетлі” асоціативних зв'язків за його участю вміщують нейрони хвостатого ядра, внутрішнього сегмента блідої кулі<sup>7</sup>, сітчастої частини чорної речовини<sup>8</sup>, таламуса і кори<sup>9</sup>; первинна і вторинна рухові, асоціативні, а також, ймовірно, сенсорні зони кори відсилають у неостріатум проєкції, впливи від котрих інтегруються у стріарних модулях<sup>10</sup> (оглянуто у: Р. Шмидт, М. Визендангер, 1996<sup>11</sup>). Нейронна мережа неостріатума, поряд з гіпокампом і мозочком — одне з типових місць реалізації інтенсивної синаптичної пластичності<sup>12</sup>. Враховуючи вірогідність стріарного нейрогенезу у людини<sup>13</sup> (А. Ernst та співавт., 2014), а також значну роль астроцитарної глії у регуляції мережевої активності стріатума (В. S. Khakh, 2019), можна припускати істотний вплив тканинних факторів на функцію цієї частини мозку. Не кажучи вже про вплив судинно-пульсового фактора — з огляду на раннє відгалуження стріарних гілок від стовбура *a. cerebri media* (S. Prabhu, 2011<sup>14</sup>; T. G. Phan та співавт., 2014). І стріатум, безперечно, бере участь у складних інтегративних функціях<sup>15</sup>; можливо, саме завдяки йому відбувається приведення мережевих нейрофізіологічних корелятів сфери свідомості до тривимірного й зануреного у час вигляду (див. також: том II, с. 108-111).

Пофантазуймо далі. Якщо відтворення фіксованої описаним чином інформації у сфері свідомості супроводжується реалізацією її петльових мережевих корелятів, вищі асоціативні зони кори можуть формувати

<sup>4</sup> Мережеві кореляти сприйнятої і запам'ятованої, приміром, завдяки “петльовим верстатам” гіпокамально-енторіального комплексу. Можна запропонувати численні спекулятивні механізми зв'язку між функціональною топологією нейронної мережі, характером її осциляційної електричної активності і формуванням молекулярно-генетичних патернів на рівні окремих нейронів мережі.

<sup>5</sup> Можливо, для інших “петльовальних верстатів” мозку такими ділянками є кора нового мозочка (*neocerebellum*).

<sup>6</sup> *Corpus striatum*.

<sup>7</sup> Дорзомедіальної/ростролатеральної його частини.

<sup>8</sup> Ростральної ділянки.

<sup>9</sup> Оглянуто у: А. М. Graybiel, 2005; М. Rivin-Etzion та співавт., 2006.

<sup>10</sup> Сторіосоми, матриксні й інші компартменти; С. R. Gerfen, 1992; К. R. Brimblecombe, S. J. Cragg, 2016; Е. М. Prager, J. L. Plotkin, 2019. Модульна організація комплементарна кластеризації дофамінергічних, середньомозкового походження, аферентів від кори і таламуса (С. R. Gerfen, 1992).

<sup>11</sup> Шмидт Р., Визендангер М. Двигательные системы // Физиология человека : в 3 т. : пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М. : Мир, 1996. Т. 1., С. 113–116.

<sup>12</sup> Bolam J. P., Bennett B. D. Microcircuitry of the neostriatum / Molecular and cellular mechanisms of neostriatal function / ed. M. A. Ariano, D. J. Surmeier. Austin: RG Landes Company. 1995:1–20; Plenz D. When inhibition goes incognito : feedback interaction between spiny projection neurons in striatal function. Trends Neurosci. 2003;26(8):436–43; Grillner S., Hellgren J., Menard A. [et al.]. Mechanisms for selection of basic motor programs — roles for the striatum and pallidum. TRENDS in Neurosciences. 2005;28(7):364–70.

<sup>13</sup> Обмеженого популяцією стріарних інтернейронів.

<sup>14</sup> Fig. 1, p. 13. Prabhu S. M2 segment middle cerebral artery aneurysms: Retrospective analysis of clinical and radiological features and surgical outcome: Thesis submitted in fulfillment of the rules and regulations for MCh Degree Examination of Sree Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences and Technology, Thiruvananthapuram. October 2011. <http://dspace.sctimst.ac.in/jspui/bitstream/123456789/1948/1/538.pdf> (07.09.2020 p.). Інформацію стосовно першоджерела ілюстрації і розкриття умовних позначень знайти не вдалося.

<sup>15</sup> Приміром, смугасте тіло відіграє важливу роль у механізмах підкріплення, навчання, здійснення вибору (оглянуто J. Cox, I. B. Witten, 2019), у реалізації підсвідомих і усвідомлених, раціональних поведінкових реакцій (I. J. Vamford, N. S. Vamford, 2019), а також у патогенезі ряду психічних розладів — обсесивно-компульсивного (T. W. Robbins та співавт., 2019; T. Macpherson, T. Hikida, 2019), великого депресивного й генералізованого тривожного, а також у формуванні залежностей (аддикцій) і шизофренії (T. Macpherson, T. Hikida, 2019; R. A. McCutcheon та співавт., 2019).



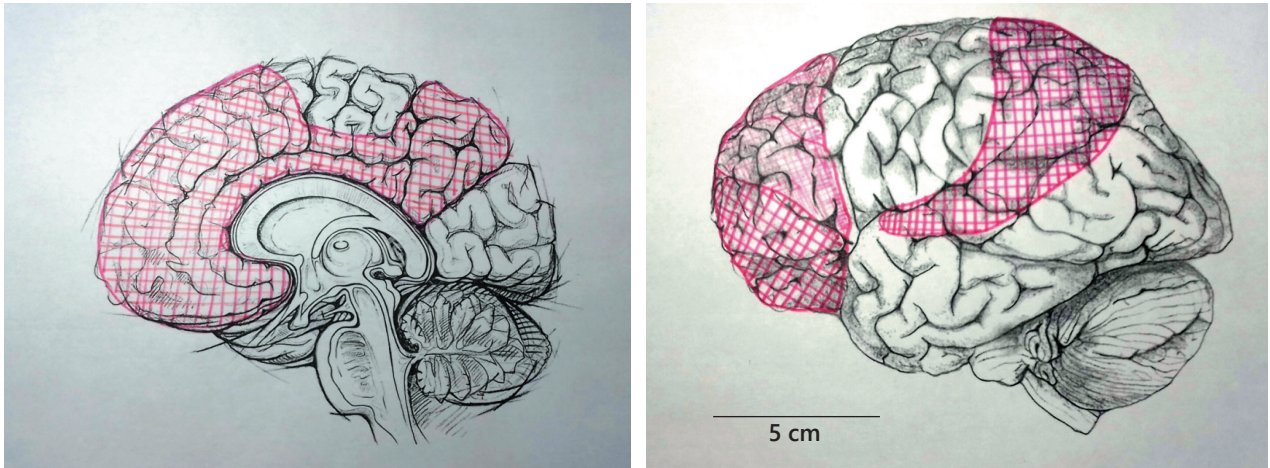


Рис. 86. Асоціативні ділянки кори великого мозку, найчастіше помічені у реалізації найскладніших психічних функцій. Укрито червоною грубою сіткою. Острівцеві не показано. У виконанні схеми використано зображення головного мозку, наявні у мережі у вільному доступі

“арену” для “буття” цих корелятивів, представлених<sup>1</sup> у вигляді ділянок<sup>2</sup> їхнього “дотику” до площинно організованої мережі “арени”. За допомогою долучення одномірної петльової мережевої структури двовимірні репрезентати можуть перетворюватися у тривимірні й далі — із залученням ще однієї лінійної структури — у чотиривимірні, тобто темпорально забарвлені. Загалом, завдяки петльовому засобу конституювання лінійності<sup>3</sup> можливе конструювання засобів для внутрішньої просторовості і темпоральності<sup>4</sup>. Причому не лише у такий, вповні банальний спосіб (див. далі).

Наприклад, яка доцільність латералізаційного дублювання відображення світу у мозку, існування білатеральної будови нервової системи й тіла, у той час як для нутрощів<sup>5</sup> — анатомічна структура лиш аксіально симетрична<sup>6</sup>? По-перше, слід думати, що задля унеможливлення мережевого тангенційного колапсування<sup>7</sup>, петлі мережі у будь-якому випадку повинні охоплювати ділянки, позбавлені кори, — центральні, міжпівкульні зони, простіше — перекидуватися на протилежну півкулю, однак таким чином, щоб кожна перекинута петля мала дорзальну<sup>8</sup> і вентрокаудальну<sup>9</sup> стосовно проміжного мозку частину. По-друге, і найцікавіше, наявність парної мережевої репрезентації будь-якого об’єкта свідомості, виявляється, дає підстави розглядати глобальну білатеральну мережу мозку як абстрактну 4-вимірну топологічну структуру і забезпечує тривимірність репрезентованого об’єкта<sup>10</sup>. У такий спосіб можлива реалізація топологічних структур і ще більшої

<sup>1</sup> Представлених на арені.

<sup>2</sup> Сукупності нейронів.

<sup>3</sup> Лінії не колапсують, не стягуються у точку.

<sup>4</sup> Стосовно ділянок мозку, залучених до реалізації цієї функції, — див. том II, с. 99-111.

<sup>5</sup> За винятком, щонайменше, легень, нирок, надниркових, прищитоподібних, статевих, молочних і слинних залоз.

<sup>6</sup> Йдеться про симетрію трубчастих органів, центр симетрії — центральна вісь трубки; див. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Осевая\\_симметрия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Осевая_симметрия).

<sup>7</sup> Тобто налагодження мережевих зв’язків через конвексимальні ділянки кори усередині петлі, по яких міжнейронні впливи (йдеться, звісно, передусім, про збудження) можуть розповсюджуватися від одного плеча петлі до іншого “навпростець”, поза петлею.

<sup>8</sup> Ця частина петлі матиме волокна у *corpus callosum*.

<sup>9</sup> Ця, зворотна частина петлі повинна проходити через стовбурові і/або дієнцефальні структури.

<sup>10</sup> Зокрема, саме цю думку покладено в основу концепції А. Tozzi й J. F. Peters (2016, 2017 а, 2018). Вони використовують теорему Борсука — Уляма: кожне неперервне відображення із  $n$ -сфери (об’єкта  $[n+1]$ -вимірного простору) в евклідові  $n$ -простір відображає деяку пару діаметрально протилежних точок цієї  $n$ -сфери в одну точку  $n$ -простору ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорема\\_Борсука\\_—\\_Уляма](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорема_Борсука_—_Уляма)). Автори стверджують, що глобальну нейронну мережу, на якій формуються кореляти 3-вимірних об’єктів зовнішнього чи внутрішнього світу, слід розглядати як 3-вимірну сферу в абстрактному 4-вимірному просторі. Це, з одного боку, інтерпретує білатеральне дублювання мереж мозку, з іншого — демонструє, що таке дублювання є основою буття мережі, описуваного 4-вимірним способом. Ще раз: автори констатують, що за наявності завжди парного мозкового відображення будь-яких об’єктів внутрішнього світу у білатералізовані нейронні мережі і у зв’язку з “відчуваною” нами 3-вимірністю таких об’єктів, нічого не залишається, як вважати топологічний еквівалент глобальної мозкової мережі — сферичною поверхнею 4-вимірної кулі. Тоді кожне парне, білатералізоване відображення якогось об’єкта на такій 3-сферичній топологічній мережі мозку при уявному проєктуванні на евклідові 3-вимірний простір, який ми мислимо і досвід якого ми щомиті переживаємо, “даватиме”, точніше, відповідатиме єдиному об’єкту нашої свідомості з 3-вимірними властивостями. Це пояснює, чому, незважаючи на те, що топологічно мережа мозку завдяки існуванню білатералізаційного подвоєння володіє фактично 4-вимірними властивостями, наш внутрішній світ, хоч і має особливості, котрі найпростіше описати, увівши додаткову розмірність (уявне проходження

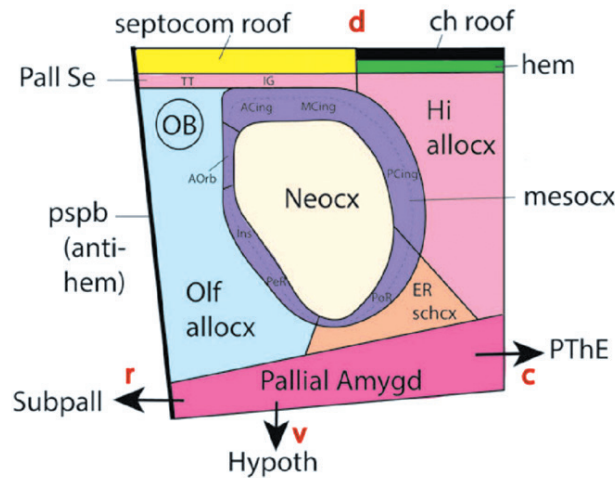
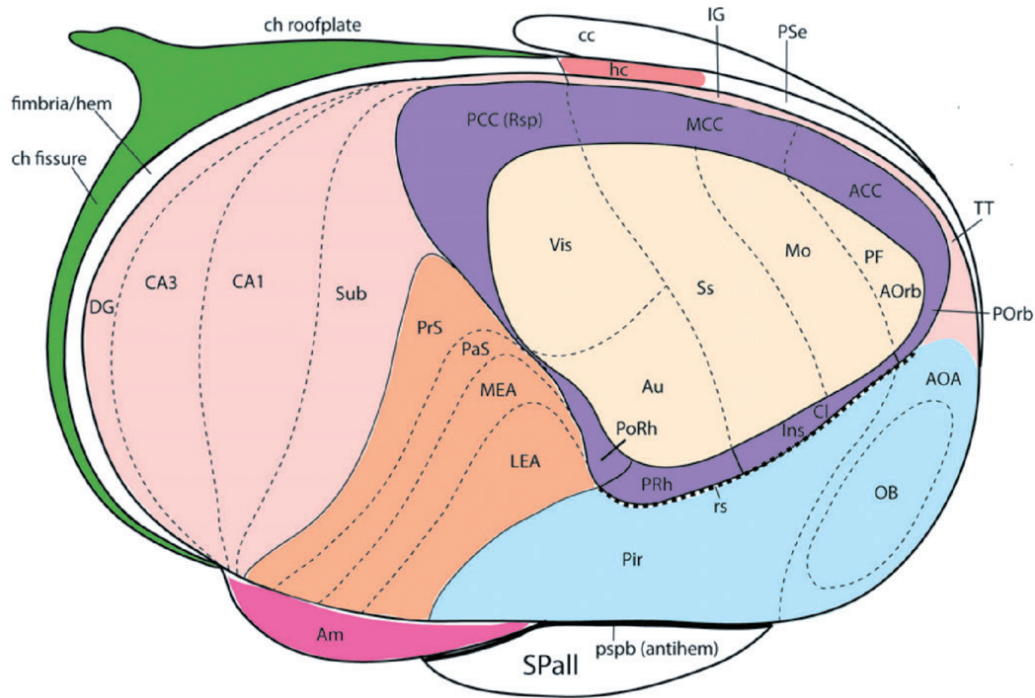


Рис. 87. “Двокольцева” схема<sup>1</sup> улаштування незрілої кори головного мозку ссавців. Схему нанесено на розпластаний<sup>2</sup> один з двох міхурів кінцевого мозку. L. Puelles та співавтори (2019). Умовні позначення: ACC — anterior cingulate cortex; allocx — allocortex; Am — amygdalar territory; AOA — anterior olfactory area; AOrb — anterior orbital neocortex; Au — auditory cortex; c — caudal; cc — corpus callosum; ch — choroidal; d — dorsal; DG — dentate gyrus; ER — entorhinal; hc — hippocampal commissure; Hi — hippocampus; Hypoth — ймовірно, hypothalamus; IG — indusium griseum; Ins — insular mesocortex; LEA — lateral entorhinal area; MCC — midcingulate cortex; MEA — medial entorhinal area; mesocx — mesocortex; Mo — motor cortex; OB — olfactory bulb; Olf — olfactory; Pall — pallial; Pall Se — pallial septum; PaS — parasubiculum; PCC — posterior cingulate cortex; Pf — prefrontal cortex; Pir — piriform cortex; PoRh — postrhinal cortex; POrb — posterior orbital cortex; PRh — perirhinal cortex; PrS — presubiculum; PSe — pallial septum; pspb — palliosubpallial border; PThE — prethalamic eminence; r — rostral; rs — ймовірно, rhinal sulcus; Rsp — retrosplenial cortex; schcx — schizocortex; septocom — septo-commissural; Ss — somatosensory cortex; Sub — subiculum; Subpall — subpallial; TT — taenia tecta; v — ventral; Vis — visual cortex

<sup>1</sup> “Double-ring model”.

<sup>2</sup> “Flattened”.

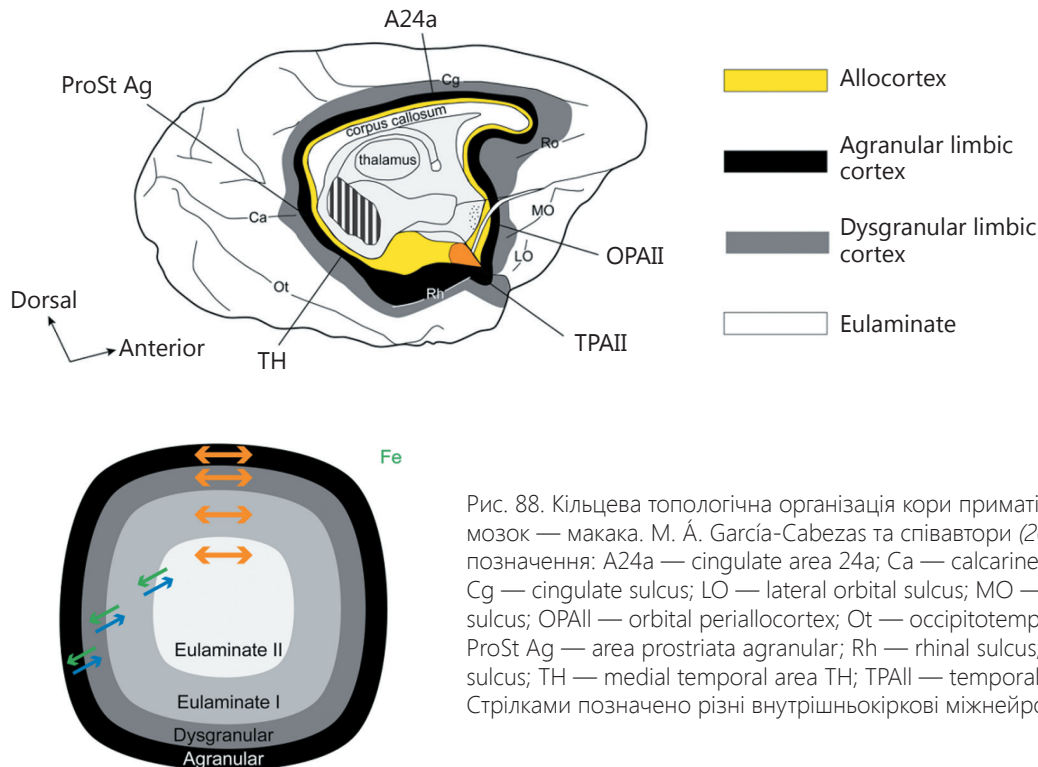


Рис. 88. Кільцева топологічна організація кори приматів. Зображений мозок — макака. М. Á. García-Cabezas та співавтори (2019). Умовні позначення: A24a — cingulate area 24a; Ca — calcarine fissure; Cg — cingulate sulcus; LO — lateral orbital sulcus; MO — medial orbital sulcus; OPAII — orbital periallocortex; Ot — occipitotemporal sulcus; ProSt Ag — area prostriata agranular; Rh — rhinal sulcus; Ro — rostral sulcus; TH — medial temporal area TH; TPAII — temporal periallocortex. Стрілками позначено різні внутрішньокіркові міжнейронні зв'язки

через уявні ж 3-вимірні перешкоди, миттєві, позапросторові “переміщення” поміж точками уявного 3-вимірного простору, за таких умов — скривленого, тощо), все ж “архітектурно” й “візуально” (їдеться про внутрішньоспрямовану увагу, “внутрішній зір”) є 3-вимірним, відповідним оточуючому світові. Хоча, правду кажучи, й оточуючий світ на мікрорівні може виявитися мислимим (відображуваним) у просторі більшої розмірності, додаткові ж вимірності, як вважають протягом останнього століття, можуть бути “компактифікованими” (такі припущення мають тяглість від теорії Калуци — Клейна [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\_Калуци\_—\_Клейна] до n-вимірних многовидів Калабі — Яу у теорії суперструн [https://uk.wikipedia.org/wiki/Многовид\_Калабі\_—\_Яу]). А. Tozzi і J. F. Peters (2017 b) використовують аналогічний підхід для розгляду функції мозку з термодинамічної перспективи, а також для аналізу феномену спонтанної активності мозку у контексті функції мережі оперантного спокою (A. Tozzi й J.F. Peters, 2016). До речі, автори розглядають цільну мережу мозку не як гіперсферу, а як гіпертороїд (A. Tozzi та співавт., 2017), прагнучи сформулювати обриси мережевої “топодинаміки” мозку (термін наш — В. М.). Зокрема, вони припускають, що аналіз фМРТ активності кори головного мозку свідчить про рухомість зони збудження, елементи організованого, поступального характеру якого можна виявити у межах 3-сфери (гіперсфери; J. F. Peters та співавт., 2017 b), тоді як при проектуванні на звичайну, 2-вимірну сферу часові топографічні зміни активності кори v1.fm вигляд розшматованого, сказати б, просторово не впорядкованого процесу. Аналізуючи фМРТ-кореляти обробки і введення у сферу свідомості екстероцептивної інформації, автори відзначають, що розмірність топологічних еквівалентів мережевих корелятів такої інформації зростає, зростає й ентропія (J. F. Peters та співавт., 2017 a). Інтерпретуючи ту ж теорему Борсука — Уляма в еволюційному контексті, автори демонструють, що вона може бути фундаментом поєднання “схожостей”, збільшення кількості варіантів схожих організмів, тобто основою варіатизації живого (A. Tozzi, J. F. Peters, 2018). Однак, і це слід підкреслити, таке “мультиплікативне конструювання” (термін наш — В. М., у авторів — “multiplicity from identity”), по-перше, вимагає усвідомлення, що зі збільшенням копій зростає й розмірність структури, котра їх “вміщує” і є похідною від первинної одновимірної (анцестора такої генеалогії). По-друге, такий механізм не розкриває власної доцільності. По-третє, він не відповідає на питання про причини очевидного ускладнення мультиплікованих багатовимірних варіантів (на тлі співіснування з їхніми одновимірними відповідниками). У зв'язку з цим усім додамо, що структурна “дублюваність” притаманна не лише мозку, а й ДНК, звідси — ДНК є ніяк не одновимірною, а щонайменше двовимірною системою. Враховуючи ж ще й квазідублювання хромосом — вона є тривимірною, а якщо взяти до уваги існування квадруплексів (M. Rosandić та співавт., 2015) або функціонально схожих генів — геном є структурною ще більшої розмірності. Згадаймо також, що у клітинах містяться квазікопії геному, транскриптому й протеому, експресується значна кількість генів (їдеться про гени, котрі експресуються тією чи іншою мірою у всіх клітинах). За таких умов картина стає загрозливо складною, адже клітини поєднані в групи, у тканинних компартменти, у тканини й органи... Якщо навіть не брати до уваги всю цю ієрархічність, розмірність на рівні простої сукупності копій геному у межах організму можна розрахувати комбінаторно. Усього в організмі  $\sim 3.72 \times 10^{13}$  клітин (E. Bianconi та співавт., 2013), що трохи перевищує  $2^{45}$  (https://uk.wikipedia.org/wiki/Степені\_2#Перші\_96\_степенів\_двійки), тобто може бути наслідком 44-х генерацій мітотичного поділу (апоптотична й інша елімінація не враховані) і, якщо ми усе вірно зрозуміли, відповідати аналогічній кількості поколінь у схемі A. Tozzi й J. F. Peters (2018). Тобто така система може бути описаною в межах абстрактного 44-вимірного простору... Крім того, аналогічний підхід можна застосувати й для копій РНК, білків тощо... І ще ставте квазіподвоєння усіх організмів... Якщо це все має певне значення для функції мозку (у чому ми не сумніваємося; крім наведених вище міркувань, — звернімо увагу на матеріал, поданий в епілозі, зокрема на те, що взаємодії поміж елементами багатокомпонентних надмолекулярних комплексів, приміром, рибосом —

розмірності<sup>1</sup>. Для цього необхідно не менше двох білатеральних “топологічних верстатів”. Чи володіє мозок таким інструментарієм? Так, адже, окрім білатеральної, мозок має передньо-задню симетрію, “відображаючись” у мозочку<sup>2</sup>. А кілька чотиривимірних “топоверстатів” можуть формувати засіб для маніпуляцій, котрі слід описувати у 5-вимірних просторах<sup>3</sup>. І так далі.

Додайте сюди вісцеральні<sup>4</sup> й молекулярно-генетичні засоби топологічних маніпуляцій (див. том II, с. 422-424), і, з великою ймовірністю, вас відвідає стан легкого запаморочення<sup>5</sup>.

Проте на цьому варто спинитися.

Позаяк є куди приємніша справа: перегорнути останні сторінки тривалої подорожі.

\* \* \*

У попередніх розділах було окреслено різні шляхи інтероцептивного і черезсудинного впливу серця на функцію мозку і зокрема на сферу психіки. З огляду на увесь цей матеріал, ми переконані, що сучасна нейробиологія перебуває на порозі сут-

нейроноподібні; *Y. Timsit, D. Bennequin, 2019*) — за такої, сказати б, “топологічної ємності” біологічної системи мислячої людини можна стверджувати, що геном завдяки мозковій топологічній машинерії взаємодії із зовнішнім світом є багатовимірним засобом, спроможним на досить повне відображення (уміщення, охоплення) всесвіту. Важливо, що людина здатна до самопізнання, отже, й пізнавальна топологічна машина людини принципово самопроектуюча, може обирати увагою власну частину, створюючи її збільшене, деталізоване відображення у самій собі, з’ясовуючи її властивості пізнавальним апаратом, змінюючи при цьому себе усю. Згодом, у змінений у такий спосіб сфери свідомості й пізнання, приміром, у її мережево-топологічних корелятах слід знову обирати увагою певні елементи, й усе повторюватиметься. Іншими словами — пізнаючи, людина може пізнавати й процедуру пізнання. І так до безкінечності. А це означатиме неухильне збільшення складності (якщо цей термін залишатиметься доречним; варіанти: інформаційної ємності, топологічної ємності чи складності тощо) мозкових корелятів психічної сфери, причому збільшення, котре у перспективі повинне торкатися фундаментальних властивостей матерії — “матеріалу” таких корелятів. Ясно, що такий процес або прямуватиме у безмежність, або матиме сингулярну точку, обумовлену, приміром, квантовомеханічними пересторогами, із формуванням “прямого доступу” машинерії пізнання до цього рівня, тобто з набуттям елементами сфери свідомості властивостей елементів матерії і, навпаки, посиленням “інформаційно-ментальних рис” матерії на елементарному рівні (такі риси наявні уже зараз, інакше матерія б залишалася принципово непізнаваною). Іншими словами, властивості елементів — учасників корелятів пізнаваного, будучи пізнаваними, фактично, відтворюватимуться у сфері свідомості: саме так ми прагнемо осягнути, відчутти, хоч якось відобразити на умоглядному рівні, приміром, квантовомеханічні чи інші парадоксальні особливості світобуття. Чи дійдемо ми до цієї сингулярності — нового рівня “єдності матерії і духу” і які для цього необхідні передумови? У кожній світоглядній і релігійній доктрині — власна відповідь на це питання, як і відношення до можливості реалізації такого розвитку подій. До цієї площини проблематики ми ще повернемося в епілозі. А зараз звернімо увагу на інше. Можна небезпідставно припускати, що пізнання з топологічної точки зору — це побудова єдиного метатопологічного об’єкта, відповідника “ключового знання”, певної “всеформули”, з якої можна отримати топологічні еквіваленти будь-якої похідної інформації шляхом проєктування на простори меншої розмірності (або шляхом зрізування просторами меншої розмірності). Можна подумати, що такий “метатопологічний об’єкт”, всотаний у той чи інший спосіб особою, виповнює і стає її внутрішнім світом. Однак насправді це не так: якби свідомість, внутрішній світ і особистісне начало людини були тотожні певному “метатопологічному об’єктові” — це одразу означало б реальність вичерпного раціонального опису цих атрибутів людськості і їхню незмінність: як уже зазначалося, топологічна фінітність непокінчена зі змінністю, вона задана уся й одразу, вона, як і будь-які математичні вирази зв’язності, самототожна, як самовідповідними є обидві сторони будь-якої математичної рівності. Абсолют теж не може описуватися жодним “метатопологічним об’єктом високої розмірності” за визначенням. Можна також припускати, що рух, життя і час є деривативно певного “руху підпростору, котрий зрізує метатопологічний об’єкт високої розмірності”, тобто на котрий цей метатопологічний об’єкт проєктується. Але це вадна логіка, оскільки одразу постає питання про природу такого “руху підпростору.” Далі. Що є матеріальним еквівалентом внутрішнього, психічного світу особистості? Чи не функціонуюча “всемережа” мозку? Відтворені на певних базових топологічних мережах “відбитки” різноманітних об’єктів, явищ тощо, котрі (“відбитки”) у силу коливної електрофізіологічної природи мережевих процесів мають істотний когерентний потенціал (у сенсі здатності до суперпозиції, зберігаючи до певної міри своєрідність). Як уже зазначалося, найвищі асоціативні центри кори (наприклад, передній острівцеві, АСС, префронтальна кора, ТРІ тощо) забезпечують мережу для когерентного співпредставлення найрізноманітніших мережевих еквівалентів і атопологічне конструювання нових. Розсудливо підозрювати, що на найближшому рівні принцип упорядкованості внутрішнього світу, ймовірно через складність, не має візуально-геометричних еквівалентів, ми лише “інтуїтивно, підсвідомо відчуваємо” існування, однак не бачимо зв’язків між певними об’єктами свідомості. Можливо, в основі такого представлення, такої “квазіметризації” лежить ступінь “повнотної невисказаності” (“невимовності”), “непізнаваної новинності”, а реалізація невисказаного ядра особистості (невисказаного, невимовного від надміру мислевповненості, а не від смислової порожнечі) здійснюється інструментами атопологічності, топологічності і геометричності (котра може виявитися “гіпертопологічністю” за суттю — див. вище) — триадою взаємопов’язаних властивостей.

<sup>1</sup> Хоча б для репрезентації часу.

<sup>2</sup> Останній має і півкулі, і ядра з топографічною і латералізаційною площинною організацією і дуже тісно пов’язаний з кінцевим мозком. Можна запропонувати й інші пари: “неостріатум — великий мозок”, “таламус — великий мозок”, регіонарні пари — “соматосенсорна — вісцероцептивна (задньоострівцева) кора”, інші пари сенсорних ділянок кори різних модальностей, можливо, пари кіркових і підкіркових ділянок зорового й слухового аналізаторів, а також “неостріатум — палеостріатум”, “нижні оливи — мозочок” тощо.

<sup>3</sup> Чи не на цих абстрактних рівнях можна намацати обриси мозкових корелятів вищих елементів психіки?

<sup>4</sup> Згадаймо, окрім іншого, що вісцероцепція є важливою підвалиною самоусвідомлення, у зв’язку з чим постає питання про її роль у улаштуванні просторовості внутрішнього, психічного світу людини...

<sup>5</sup> Стосовно можливої величини розмірності — див. одну із попередніх виносков.

тєвих зрушень в осмисленні низки найтаємничіших граней людської психіки, сказати б, людського духу. Інтригує те, що ми все ще не знаємо, які рівні улаштування матерії розкриються за порогом цієї зали.

Дверима поміж двома площинами непростого, ймовірно, атопологічного вивершення корелятивів різноманітних елементів психічної сфери — мозковим і судинно-інтероцептивним — є острівець і АСС. І, якщо хочете, з інтуїтивних, а можливо, й естетичних міркувань — у цій ділянці проглядається своєрідна анатомічна алюзія на “духовні”, “мисленні” очі.

А от з роллю серця у психіці особисто нам, після всього прочитаного, не до алюзій.

Якщо ж коротко — скидається на те, що чи не найширший спектр вищих психічних функцій, котрі розкривають феномен людини, охоплений активністю двох невеликих ділянок мозку — АСС і переднього острівця. І це саме ті ділянки, функція котрих чи не найістотніше залежить від інтероцептивних, зокрема, кардіогенних впливів, не кажучи уже про прямі пульсові. І саме ці ділянки містять таємничі гігантські веретеноподібні нейрони, вперше описані Володимиром Бецом.

Ось такий — *повірте, вповні ненавмисно* — витворився пазл.

## SAPIENTI SAT

ἴ  
 ν  
 α ι α  
 γ  
 μ  
 e n y g m a

# ГУГОЛОГІЧНИЙ ЕПІЛОГ

## В. Медведєв

Нам нічого більше не залишається, аніж навести факти — матерію, як відомо, вперту.

Аби вони були упертішими і чарівно-пантеличними, ми назбирали їх здебільшого цифровими.

Посеред цифр, котрі ви зустрінете, декотрі — наведено вперше.

Думаємо, цього стрімкого гугологічного<sup>1</sup> слалому буде вдосталь для осягнення масштабу явища людського мозку і відповіді на питання про його можливе "копіювання", "відтворення", "обмеженість" і "переверження".

Згідно з сучасними підрахунками, ординарний мозок людини містить ~86 млрд (75–125) нейронів<sup>2</sup>, ~60 млрд гліоцитів і ~20–25 млрд ендотеліоцитів<sup>3</sup>. Причому на кору головного мозку припадає лише 19 % від усієї кількості нейронів<sup>4</sup>, на стовбур — 0.8%<sup>5</sup>, а на мозочок — 80.2%<sup>6</sup>. Міжпівкульна різниця кількості нейронів у людини — 186 млн на користь лівої півкулі<sup>7</sup>. Найбільша популяція нейронів — клітини-зерна однойменного шару кори мозочка<sup>8</sup>. Середня маса нейрона кори головного мозку людини — ~57 пікограмів, мозочка — ~1.4 пікограмів, решти мозку — ~114 пікограмів<sup>9</sup>, загальна маса усіх нейронів складає 60–80 % від маси мозку<sup>10</sup>, на сіру речовину припадає 50 % загального об'єму головного мозку людини<sup>11</sup>. Загальна площа кори великого мозку<sup>12</sup> — 2500 см<sup>2</sup>, кори мозочка<sup>13</sup> — 500 см<sup>2</sup>. Сукупна довжина мієлінізованих волокон головного мозку — 150 000–180 000 км<sup>14</sup>.

<sup>1</sup>"Гугологія — розділ математики, об'єктами якого є великі числа і їх номенклатура." (<https://uk.wikipedia.org/wiki/Гугологія>; 15.04.2020 р.). Назва походить від терміна "гугол" — число, що дорівнює 10<sup>100</sup> (<https://uk.wikipedia.org/wiki/Гугол>; 15.04.2020 р.).

<sup>2</sup>R. Lent та співавт., 2012; S.erculano-Houzel, 2014. Кількість клітин людського тіла складає ~3,72 × 10<sup>13</sup> (E. Bianconi та співавт., 2013).

<sup>3</sup>C. S. von Bartheld та співавтори (2016): "The current estimates of numbers of nonneuronal cells in the entire human brain, as revealed by the ["isotropic fractionator"], place the total glial numbers well below 85 billion (since these 85 billion include ~20–25 billion endothelial cells), and therefore are closer to the estimates of Haug (40–50 billion glial cells) rather than those of Blinkov and Glezer (100–130 billion glial cells) (fig. 3)". Порівняльно-біологічний аспект — S.erculano-Houzel (2009, 2011); у приматів співвідношення глія/нейрони навіть менше одиниці при максимальній густині нейронів у мозку серед усіх таксонів (див. fig. 9 S.erculano-Houzel, 2011, а також S.erculano-Houzel, 2014); і все ж густина нейронів мозку деяких птахів (папуг і співочих птахів — 'vocal learning songbird') удвічі більша, ніж у приматів — S. Olkowicz та співавтори (2016). Якби людина зі своєю кількістю нейронів головного мозку мала пропорції щура, її загальна маса була б 100 т, а маса мозку — 40 кг: "The power equation of rodents means that, to reach the number of neurons that humans have, a rodent would need a brain weighing about 40 kg, in a body of about 100 tons! Humans of 75 kg, if built under rodent scaling rules, would have brains no bigger than 150 g, with only about 3 billion neurons." (R. Lent та співавт., 2012). Важливо підкреслити, що популярне до цього часу уявлення про зв'язок інтелектуальної здібності (розумій — "обчислювальної здатності") і розміру мозку чи навіть кількості нейронів — помилкове (J. Pietschnig та співавт., 2015); приміром, мозок африканського слона масою 4.6 кг містить 257 млрд нейронів, з яких 251 млрд (97.5 %) припадає на мозочок і 5.6 млрд — на кору великого мозку (у людини — 16 млрд; S.erculano-Houzel та співавт., 2014). Маса мозку кашалота (*Physéter macrocéphalus*) — 7.8 кг, сірого кита (*Eschrichtius robustus*) — 4.3 кг, афаліни (рід Афаліна родини Дельфінових) — 1.5–1.6 кг (<https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>).

<sup>4</sup>При масовій частці у 81.2 % від маси головного мозку.

<sup>5</sup>При масовій частці у 7.8 % від маси головного мозку.

<sup>6</sup>При масовій частці у 10.3 % від маси головного мозку; R. Lent та співавт., 2012 з посиланням на: F. A. C. Azevedo та співавт., 2009.

<sup>7</sup><https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>, з посиланням на: Pakkenberg B, Gundersen HJG. Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. *J Comp Neurology*. 1997;384:312–20; Pakkenberg B, Pelvig D, Marner L, Bundgaard MJ, Gundersen HJG, Nyengaard JR, Regeur L. Aging and the human neocortex. *Exp Gerontology*. 2003;38:95–9.

<sup>8</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar\\_granule\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellar_granule_cell) (17.10.2019 р.).

<sup>9</sup>V. Mota, S.erculano-Houzel, 2014.

<sup>10</sup>V. Mota, S.erculano-Houzel, 2014.

<sup>11</sup>Оглянуто М. А. Hofman, 2014.

<sup>12</sup><https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>, з посиланням на: A. Peters, E. G. Jones, Cerebral Cortex, 1984 (ймовірно, йдеться про: *Cerebral Cortex. Functional Properties of Cortical Cells*. Ed.: E. G. Jones and A. Peters / Ser.: *Cerebral Cortex. Vol. 2*. Springer US, Springer Science+Business Media New York. 1984, 354 p. Softcover ISBN: 978-1-4615-6612-0; Series ISSN: 1566-6816).

<sup>13</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebellum>, з посиланням на: Linas RR, Walton KD, Lang EJ (2004). "Ch. 7 Cerebellum". In Shepherd GM (ed.). *The Synaptic Organization of the Brain*. New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-515955-4.

<sup>14</sup><https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>, з посиланням на: Pakkenberg B, Gundersen HJG. Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. *J Comp Neurology*. 1997;384:312–20; Pakkenberg B, Pelvig D, Marner L, Bundgaard MJ, Gundersen HJG, Nyengaard JR, Regeur

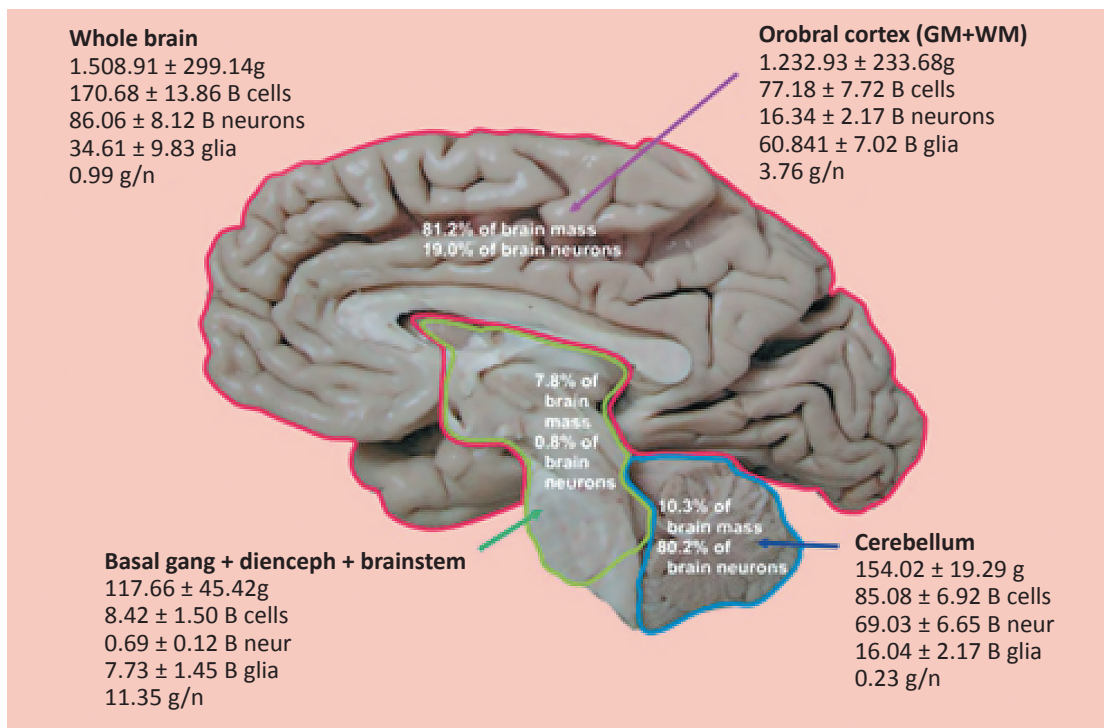


Рис. 89. Мозок у сучасних цифрах. Варіант R. Lent та співавторів (2012). Умовні позначення: **g** — грами; GM — gray matter; **g/n** — співвідношення кількості гліоцитів до кількості нейронів; **neur** — нейрони; WM — white matter

Із просторовим розподілом синапсів у мозку усе навпаки: розрахункова кількість синапсів у корі головного мозку людини — ~164 трлн<sup>1</sup>, у мозочку — ~4.21 трлн<sup>2</sup>, загалом — ~170 трлн<sup>3</sup>. Інші дані свідчать, що мозок трирічної дитини містить 1 квдрлн синапсів ( $10^{15}$ ), а мозок дорослої людини — 100–500 трлн синапсів ( $1-5 \times 10^{14}$ )<sup>4</sup>, або навіть від  $6.2 \times 10^{14}$  до кількох квадрильйонів ( $>10^{15}$ )<sup>5</sup>.

L. Aging and the human neocortex. *Exp Gerontology*. 2003;38:95–9.

<sup>1</sup>Y. Tang та співавт., 2001.

<sup>2</sup>На 1 клітину Пуркінє щура припадає 200 (175–200) тис. синапсів від паралельних волокон припадає (T. Tyrrell, D. Willshaw, 1992), кількість клітин Пуркінє людини — ~20 млн (14–26 млн.; J. G. Nairn та співавт., 1989; C.S. von Bartheld та співавт., 2016), отже, кількість синапсів між паралельними волокнами і клітинами Пуркінє — ~4 трлн. Кожна клітина Пуркінє отримує по 500 синапсів від лазячих волокон (J. I. Wadiche, C.E. Jahr, 2001), загалом — ~10 млрд. Кількість клітин-зерен у людини — ~50 млрд (3/4 усіх нейронів; <https://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/11510984>, з посиланням на: Llinas RR, Walton KD, Lang EJ (2004). "Ch. 7. Cerebellum". In Shepherd GM. *The Synaptic Organization of the Brain*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-515955-1), кожна клітина-зерно отримує по 4 синапси від мохоподібних волокон (H. Jorntell, C.-F. Ekerot, 2006, з посиланням на ряд першоджерел), загалом — ~200 млрд.

<sup>3</sup>~168 трлн ( $168 \times 10^{12}$ ).

<sup>4</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron> з посиланням на D.A. Drachman, 2005;  $1.8-3.2 \times 10^{14}$  — [https://aiimpacts.org/scale-of-the-human-brain/#Number\\_of\\_synapses\\_in\\_the\\_neocortex](https://aiimpacts.org/scale-of-the-human-brain/#Number_of_synapses_in_the_neocortex). Цифра  $\sim 10^{14}$  цікава тим, що вона ж відображає кількість клітин людського тіла (за іншими даними — 30 трлн, тобто  $0.3 \times 10^{14}$  — <https://whoswhos.org/126103-uchyonyie-poschitali-kolichestvo-kletok-i-bakteriy-v-organizme-cheloveka>, або точніше:  $0.372 \times 10^{14}$  — E. Bianconi та співавт., 2013) і, можливо, стільки ж атомів у одній клітині людського тіла (<https://www.quora.com/How-many-molecules-are-inside-one-cell>).

<sup>5</sup>J.C. Silbereis та співавтори (2016): "The human CNS contains approximately 86.1 billion neurons on average in 50- to 70-year-old males (Herculano-Houzel, 2015). There are approximately 16.34 billion neurons in the cerebral cortex, which includes as many as 2.58 billion neurons in the cortical white matter (Herculano-Houzel, 2009; Sigaard et al., 2014). However, it should be noted that published estimates of the number of cerebral neocortical neurons varies by as much as a factor of 2 (between 14.7 to 32.0 billion neurons) (Pakkenberg and Gundersen, 1997; Pakkenberg et al., 2003). It was estimated that there are 164 trillion synapses in the adult human cerebral neocortex (Tang et al., 2001). The published estimates for the number of synapses an individual neocortical neuron receives also vary between approximately 7,200 (Pakkenberg et al., 2003; Tang et al., 2001), 29,642 (DeFelipe et al., 2002), and 80,000 (Huttenlocher, 1979) synapses. The present authors did not find calculations for other human CNS regions. However, the average number of synapses per neuron certainly varies tremendously in other mammals and brain regions. In the rat brain, the number of synapses associated with a neuron ranges from an average of 2,186 for a calretinin-positive hippocampal interneuron (Gulya's et al., 1999), 31,700 for a hippocampal CA1 pyramidal neuron, to 175,000 for a cerebellar Purkinje neuron (Napper and Harvey, 1988). Thus, if we take the

Тут уже закінчуються звичайні, земні еквіваленти для ілюстрації величини цифр, виходимо у відкритий космос. Отже: кількість зірок у пересічній галактиці — 100 млрд<sup>1</sup>, у Молочному шляху — 200–400 млрд<sup>2</sup>, кількість галактик у спостережуваній частині Всесвіту — 100 млрд<sup>3</sup>, а розрахункова кількість зірок у ній<sup>4</sup> —  $10^{24}$ .

Т. М. Bartol Jr. та співавтори (2015), стверджують, що середньостатистичний синапс гіпокампа може перебувати у щонайменше 26 морфологічно відмінних станах<sup>5</sup>, що в інформаційному плані, на думку авторів, відповідає ємності синапсу у 4.7 бітів. Якщо ця цифра є середнім по головному мозку відображенням інформаційної ємності синапсу, оціненої за методологією авторів<sup>6</sup>, інформаційна ємність синаптому (*але не мозку загалом!*), враховуючи загальну кількість синапсів кори головного мозку на рівні  $164 \times 10^{12}$  (Y. Tang та співавтори, 2001), а загалом — не більше 170–200 трлн ( $170 \times 10^{12}$ – $200 \times 10^{12}$ ), становитиме  $\sim 8$ – $9 \times 10^{14}$  біт, тобто  $\sim 10^{14}$  байт, тобто 100 ТБ. Хоча за іншими розрахунками, здійсненими на основі даних цієї роботи, вона визнана у 10 разів більшою —  $\sim 1$  ПБ<sup>7</sup>, що відповідає порядку цифр, характерних для мережі "Internet" у цілому. В.Т. Goult (2021), імплементуючи можливості модульної просторової трансформації молекули таліну (*talin*), котра ув'язує цитоскелет і позаклітинний матрикс, у гіпотетичну схему обчислювальної функції нейронної мережі мозку, отримує інформаційну ємність одного синапса **лише за цим одним структурно-функційним показником** на рівні 100 байтів, а усієї мережі (100 трлн синапсів) — на рівні  $> 10$  ПБ.

Щоб продемонструвати "достовірність" такої цифри, підійдімо до проблеми інформаційної ємності мозку з іншого боку. Припустімо, що всі з  $0,2$ – $1 \times 10^{15}$  синапсів мозку можуть перебувати лише у двох станах<sup>8</sup>. Знехтуємо усіма можливими станами їхніх (нейронів) асоціатив. Якою кількістю можливих станів володітиме така сукупність елементів (синапсів)? Простий комбінаторний розрахунок<sup>9</sup> дає цифру  $2^{1\,000\,000\,000\,000\,000}$ , або  $\sim 10^{300\,000\,000\,000\,000}$ , тобто 1 і 300 трлн нулів. Схожий, за словами автора, дуже грубий і неточний, розрахунок<sup>10</sup> дає ще більш (хоча куди уже більш) гугологічну цифру:  $2^{2\,752\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000}$ , тобто  $\sim 10^{828\,666\,000\,000\,000\,000\,000}$ .

Призупинімося і переведемо дух. З чим його, це число порівняти? Ну, приміром, число Шеннона — приблизно мінімальна кількість неповторюваних партій на шахівниці<sup>11</sup> — складає  $\sim 10^{120}$ , розрахункова кількість

---

*lower estimate for human neocortical neurons (i.e., 7,200) and assume that this establishes a lower boundary for a typical CNS neuron, there may be around 620 trillion synapses in the entire adult CNS. Remarkably, if we take the higher of these estimates for neocortical neurons (i.e., 29,642 or 80,000), then there may be as many as several quadrillion synapses in the entire adult CNS."*

<sup>1</sup> <https://www.space.com/26078-how-many-stars-are-there.html>.

<sup>2</sup>  $2$ – $4 \times 10^9$ ; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Чумацький\\_Шлях\\_з\\_посиланням\\_на:\\_http://web.archive.org/web/20110413185926/http://www.seds.org/messier/more/mw.html](https://uk.wikipedia.org/wiki/Чумацький_Шлях_з_посиланням_на:_http://web.archive.org/web/20110413185926/http://www.seds.org/messier/more/mw.html).

<sup>3</sup>  $10^{11}$ ; [https://uk.wikipedia.org/wiki/Галактика\\_з\\_посиланням\\_на:\\_Mackie,\\_Glen.\\_\(2002-02-01\).\\_To\\_see\\_the\\_Universe\\_in\\_a\\_Grain\\_of\\_Taranaki\\_Sand.\\_Swinburne\\_University.\\_Архів\\_оригіналу\\_за\\_2011-08-11.\\_Найновіше\\_—\\_приблизно\\_200\\_млрд;\\_https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy,\\_з\\_посиланням\\_на:\\_\"Astronomers\\_were\\_wrong\\_about\\_the\\_number\\_of\\_galaxies\\_in\\_universe.\"\\_The\\_Jerusalem\\_Post.\\_Archived\\_from\\_the\\_original\\_on\\_January\\_14,\\_2021.\\_Retrieved\\_January\\_14,\\_2021.](https://uk.wikipedia.org/wiki/Галактика_з_посиланням_на:_Mackie,_Glen._(2002-02-01)._To_see_the_Universe_in_a_Grain_of_Taranaki_Sand._Swinburne_University._Архів_оригіналу_за_2011-08-11._Найновіше_—_приблизно_200_млрд;_https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy,_з_посиланням_на:_\)

<sup>4</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Star>.

<sup>5</sup> Йдеться про стани дендритних шипиків усередині *stratum radiatum* поля CA1 гіпокампа дорослого щура; вид нейронів з матеріалу статті встановити неможливо.

<sup>6</sup> Хоча з молекулярної чи навіть електрофізіологічної точки зору кількість функціональних станів синапсу взагалі з'ясувати складно саме через їхню назвичайно велику кількість; матеріал, що наглядно емулює молекулярну машинерію синапсу — B.G. Wilhelm та співавтори (2014); синаптоспецифічність на рівні постсинаптичного апарату добре ілюстрована K.S. Kosik (2016), молекулярна машинерія синапсу загалом — M. Korte і D. Schmitz (2016).

<sup>7</sup> <https://bgr.com/2016/01/21/brain-memory-capacity-petabyte/> (16.10.2019 р.); <https://naked-science.ru/article/sci/obem-pamyati-chelovecheskogo-m> (16.10.2019 р.). Цифровий об'єм 1 млн книг складатиме 6 ПБ (<https://uk.wikipedia.org/wiki/Петабайт>).

<sup>8</sup> Котрі традиційно позначають як "0" і "1".

<sup>9</sup> Використовували розрахунок кількості розміщень з повтореннями:  $\hat{P}(n, m) = n^m$ , де  $\hat{P}$  — кількість станів усієї множини синапсів,  $n$  — кількість станів кожного синапса,  $m$  — кількість синапсів в усій множині; під множиною синапсів розуміємо усю нейронну мережу ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення\\_\(комбінаторика\)#Розміщення\\_з\\_повтореннями](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення_(комбінаторика)#Розміщення_з_повтореннями)). Див. далі.

<sup>10</sup> <https://psychology.stackexchange.com/questions/12406/how-many-possible-states-does-a-brain-have>: "Disclaimer: This is obviously a very crude and imprecise estimation (in fact, it is ignoring some obvious parameters for the sake of simplicity). As Scott E. Page puts it: Even models that are far from accurate can teach us something. If one considers the design of future artificial brain, you can make these rough assumptions: A 32 bit floating point representation should suffice to capture synapse elasticity; There are about 86 billion neurons in the brain. The connectivity of which can be represented by a square matrix of size  $86 \times 10^{18}$  ( $86 \times 10^9$  to the power of 2). Each connection is weighted, 32-bit float. Resulting in  $86 \times 10^{18} \times 32$  bits =  $2752000000000000000000$  bits (2.75 sextillion). These many bits result in these many states:  $2^{2752000000000000000000}$ . This obviously a very rough estimation — you don't account, for example, to membrane potential, although you can argue that discarding membrane potential while maintaining neural connectivity and synaptic strength should suffice to 'reignite' a frozen brain. Perhaps more importantly, a network structure can be represented by a matrix, but more often is represented by a sparse matrix — no neuron is connected to all other neurons, I believe 1000 is the average and some sources state that there are about 1.000 trillion synaptic connections."

<sup>11</sup> [https://uk.wikipedia.org/wiki/Число\\_Шеннона](https://uk.wikipedia.org/wiki/Число_Шеннона).





біаторного поєднання різних видів мРНК у кожному синапсі з урахуванням розглянутого щойно рамкового принципу, уже на рівні трансляційної частини дендритного транскриптому виникають передумови для колосальної варіативності, котра вповні може забезпечити актуальну специфічність синапсів у масштабі всього мозку<sup>1</sup>. Ситуація стає загрозово складною, якщо спробувати врахувати у таких обчисленнях варіативність, приміром, хоча б машинерії внутрішньоклітинного докінгу макромолекул<sup>2</sup> чи протеому загалом.

## відступ 1: про гугологічну тісноту душі

Перед тим, як перейти до розрахункової демонстрації попереднього твердження, означмо кілька ключових технічних моментів. **1.** Розрахунок кількості можливих станів системи комбінаторною формулою розміщень з повторами<sup>3</sup> здійснюватимемо лише у тому випадку, коли два механізми варіатизації станів певного розглядуваного елемента<sup>4</sup> системи визнаються умовно незалежними один від одного, як у сенсі впливу результатів одного з них на ймовірність реалізації певних результатів іншого, так і у сенсі їхньої конкуренції за субстрат, тобто у смислі взаємовиключної реалізації кожного з них на спільному для них субстраті. Якщо остання вимога не виконувалася, варіатизацію стану умовно обраного елемента системи розглядали як результат реалізації усіх спряжених механізмів<sup>5</sup>. **2.** Іншою ключовою проблемою представленої далі (*і усіх схожих*) розрахункових програм є з'ясування кількісний результат якого із розглядуваних, процесуально незалежних, однак темпорально спряжених<sup>6</sup> механізмів варіатизації ви-

<sup>1</sup> А також відкриває можливість для темпоральної специфікації синапсів. Для ознайомлення зі складністю молекулярної структури і функції синапсу, поглядами на проблеми синаптопластичності і синапсоспецифічності пропонуємо ряд яскравих і ґрунтовних оглядів — N. A. O'Rourke та співавторів (2012), C. Sala та M. Segal (2014), M. Korte та D. Schmitz (2016), L.-F. Chen та співавторів (2017), G. Condorini, J. de Wit (2018), H. R. Monday та співавторів (2018), D. Park та співавторів (2018), D. Rajgor та співавторів (2021). M. Korte та D. Schmitz (2016) пишуть: "In addition to posttranslational modifications like phosphorylation and dephosphorylation of plasticity associated proteins occurring very fast, long-lasting memory storage also needs the synthesis or the degradation of a specific set of proteins. New synthesis can occur either via transcription (signaling to the soma, synthesized proteins are transported back to the activated synapses) or via local translation in dendrites. Local mRNA translation is an elegant way to solve the problem of how a neuron with 10,000 synapses can maintain changes in a few specific/selected synapses without affecting others (417, 418). But how does a neuron know which synapse shows changes in synaptic strength and has been activated? One solution would be that a tag is set to specifically mark a certain synapse. Alternatively but not exclusively, the proteome of dendrites and spines might be changed locally at the site of synaptic plasticity alteration via local protein translation in dendrites. <...> In addition to processes of local protein synthesis (translation), transcription in the nucleus has also been shown to be mandatory for long-term memory storage (196). But this leads to the following puzzle: on the one hand, long-term memory storage needs transcription in the nucleus (196), and on the other hand, it requires a local specificity for stimulated synapses (320). But how do the gene products generated in the nucleus find the appropriate synapse? A pyramidal neuron in the hippocampus might have up to 10,000 synapses, and during a certain learning event, plasticity is induced only in a subset of these synapses. One solution to this problem is provided by the synaptic tagging and capture (STC) hypothesis (127, 283). <...> Overall, these studies could demonstrate that translation and transportation can indeed be restricted to specific synapses. However, data from acute slices of mice support the view that, under a more complex network situation, there is additional cross-talk and interaction between synapses like cross-tagging (377) or competition for PRPs (122, 376). Experiments presented here (330, 457) are so far the most convincing studies how synapse specificity can be maintained during the implementation of associative memory storage along the line of the synaptic-tagging and capture hypothesis."

<sup>2</sup> Функціональна архітектура котрої доволі складна; див., приміром — C. S. Von Bartheld, A. L. Altick, 2011.

<sup>3</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Размещение#Количество\\_размещений\\_с\\_повторениями](https://ru.wikipedia.org/wiki/Размещение#Количество_размещений_с_повторениями); [https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення\\_\(комбінаторика\)#Розміщення\\_з\\_повтореннями\\_\(05.10.2021\\_p.\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення_(комбінаторика)#Розміщення_з_повтореннями_(05.10.2021_p.)): "Кількість можливих розміщень з повтореннями із  $n$  елементів по  $t$  дорівнює  $n$  піднесене до степеня  $t$ :  $\hat{P}(n, t) = n^t$ ."

<sup>4</sup> Його складу, особливостей просторового впорядкування тощо.

<sup>5</sup> Приміром, якщо умовитися, що усі посттрансляційні механізми торкаються з однаковою частотою стосовно певних (чи усіх) амінокислотних залишків білка, кожен з них, навіть якщо вони послідовні (у такому випадку слід формувати модель послідовного зменшення точок прикладання вздовж часового, процесуального ланцюга реалізації різних видів варіатизувальних впливів), не може вважатися таким, що поглиблює варіатизацію, здійснену іншими. За таких умов ми зводили до купи усі ~400 видів посттрансляційних модифікацій амінокислотної послідовності. Звичайно, реальний стан справ інший і, ймовірно, деякі види варіатизації хімічної структури первинної амінокислотної послідовності білка майже незалежні один від одного, інші — залежні, причому, у градуальний спосіб, отже кожен наступний крок у послідовності варіатизацій все менш ймовірніший і все більш обумовлений усіма попередніми. Отже, варіантів темпоральних ланцюгів таких посттрансляційних подій для кожного білка повинно бути менше, ніж у випадку використання моделі 400-ланкового каскаду необумовлених попередніми кроками, однак темпорально впорядкованої варіатизації. Тоді кількість варіантів на кожній часовій ланці розраховуватиметься як кількість розміщень з повтореннями (див. вище) — від останньої до першої, причому кількість варіантів на останній ланці ланцюга використовується у якості основи степеня, а кількість варіантів кожної попередньої у часі ланки — у якості величини показника степеня у формулі  $\hat{P}(n, t) = n^t$ . Фактично, саме таку модель було реалізовано у подальших розрахунках. Наскільки отримана таким способом кількість потенційних варіантів хімічної структури ординарного білка перевищує реальну — невідомо.

<sup>6</sup> Повторимо, йдеться про темпоральний ланцюг механізмів, у кожній часовій парі якого механізми реалізуються на тому самому субстраті, однак у різний час, причому результат реалізації попереднього механізму не впливає на особливості (архітектуру, потужність, тривалість тощо) реалізації іншого.

користувати для розрахунку кількості розміщень з повтореннями<sup>1</sup> у якості основи степеня, а якого із них — у якості показника степеня. На нашу думку, відповідь на це питання перебуває у темпоральній площині: у якості основи степеня ми використовували кількість потенційних варіантів на останньому з двох розглядуваних етапів каскаду варіатизації, а у якості показника степеня — кількість потенційних варіантів на попередньому етапі<sup>2</sup>. Такий шлях варіатизації слід вважати інтенсивним, оскільки він ґрунтується на поступовому ускладненні й (тому) урізноманітненні розглядуваних елементів системи<sup>3</sup>. Інший шлях — екстенсивний: формування комплексів розглядуваних елементів, під час якого жоден з елементів не зазнає сутнісних змін. У такому випадку кількість просторових, сказати б, "формальних" (а не сутнісних) комплексів розглядуваних елементів впливає на варіативність системи лише настільки, наскільки зростає їхня загальна кількість<sup>4</sup>. Хоча у реальному житті, такий екстенсивний, "формалізований" підхід навряд чи адекватний і, на наш погляд, дає занижену оцінку варіативності<sup>5</sup>.

**3.** Для оцінки кількості потенційних станів певної множини однакових елементів, кожен з яких володіє певною кількістю власних потенційних станів, слід обчислювати не кількість комбінацій таких станів (*величина комбінації* — *відповідає кількості елементів оцінюваної множини*), отримуваних із переліку власних потенційних станів одного елемента, а саме як розрахунок кількості розміщень з повтореннями —  $\hat{P}(n, m) = n^m$ , де у якості основи степеня ( $n$ ) фігуруватиме кількість усіх можливих станів одного елемента, а у якості показника степеня ( $m$ ) — кількість таких елементів розглядуваної множини (*див. вище*). Це пояснюється тим, що серед спектру усіх можливих станів об'єкта немає ідентичних (*за усіма показниками, приміром, за певним внутрішнім упорядкуванням*) і тому серед переліку станів у межах кожної комбінації (*оскільки повтори відсутні* — *немає значення тип комбінацій*), отриманої із такого спектру, ідентичні стани теж не виявлятимуться. Натомість, в умовах використаної нами розрахункової моделі варіативність елементів оцінюваної множини приймається неспівузгодженою (*що, на нашу думку, реалістичніше*), отже одномоментна експозиція одного і того ж стану у двох і більше елементів можлива.

**4.** Для обчислення кількості потенційних станів певного компартменту живого об'єкта з урахуванням геномної і транскриптомної варіативності у якості елементів слід розглядати гени (*а не білки*).

Після цих вступних зауважень, спробуймо оцінити межі варіативності мозку хоча б на рівні системи реалізації генетичної інформації. Важко сказати скільки з усіх можливих варіантів мРНК, котрі несуть інформацію про первинну структуру білків синаптому, обслуговують один ординарний синапс. Із даних, котрі наводить К. S. Kosik (2016), кількість генів, мРНК котрих знай-

<sup>1</sup> Йдеться про формулу  $\hat{P}(n, m) = n^m$ .

<sup>2</sup> Тобто, для кожного з варіантів, отриманих на попередньому етапі варіатизації, реалізується наступний, у даному випадку — останній етап.

<sup>3</sup> У даному випадку елементами системи є молекулярно-генетичні одиниці, структура яких має тяглість на етапі реалізації наявної у геномі клітини інформації про них: гени, первинні транскрипти, пре-мРНК, мРНК, амінокислотна послідовність, вторинна, третинна й інші варіанти структури синтезованого білка.

<sup>4</sup> Приміром, кількісний показник варіативності синапса, нейрона чи мозку можна розрахувати тим же способом, беручи у якості основи степеня величину варіативності структури одного білка, а у якості показника степеня — кількість білкових одиниць у кожному з перерахованих компартментів живого. Тобто, згідно з тією ж формулою розрахунку кількості розміщень з повтореннями (*див. вище*) реалізуватиметься операція з загальною варіативністю ординарного білка, де показником степеня розглядатиметься спершу кількість білків у синапсі (*отримаємо кількість варіацій протеому одного синапса*), далі — кількість синапсів у всьому мозку (*отримаємо кількість варіацій протеому усього синаптому головного мозку*). Аналогічно можна отримати кількість варіацій протеому усіх нейронів ординарного мозку разом узятих.

<sup>5</sup> Приміром, якщо кожен варіант набору білків синапса формує певну функціональну сукупність, у межах котрої реалізуються певні, нерозкриті на етапі біосинтезу властивості кожного білка (*зокрема, під час чи завдяки взаємодіям білків синапса один з одним*), ми повинні були б врахувати реалізовані у такий спосіб варіанти білків синапса. Тоді варіативність синапса слід було б обраховувати описаним вище шляхом, беручи у якості основи степеня кількість цих нових варіантів білка, а у якості показника степеня — величину — кількість усіх варіантів білка, розрахованих на попередньому етапі. Якщо ж синапс вважати певною новою сукупністю, котра має спектр своїх, інтегральних станів, при розрахунку загальної кількості станів синапса (*станів його протеому і певних, розглядуваних функціональних станів*) у якості основи степеня слід брати величину, що характеризує потенційну кількість інтегральних (*певних розглядуваних функціональних*) станів, а у якості показника степеня — величину, котра відповідає кількості обрахованих раніше варіантів його білкового профілю. Таким інтегральним, функціональним станом синапса може бути, наприклад, його електричні характеристики (*мембранний потенціал, трансмембранний йонний струм тощо*) або його геометрія. Як і у попередніх випадках, розрахункова модель ускладнюється тим, що обидві інтегральні характеристики певним чином залежать від конкретного протеомного профілю синапса. Тим не менш, кожен протеомний профіль синапса задає певну множину (*а не один єдиний*) електричних станів, котрі розкриваються під час функції синапса. Чи можна електричні властивості синапса дискретизувати і описувати сукупність їхніх проявів множиною? Напевне, так. Слід лише визначити релевантні критерії такої процедури.

дено у цитоплазмі дендритного дерева ординарного пірамідного нейрона поля CA1 гіпокампа, складає 2500, з яких на гени з високим дендритним представництвом власних мРНК припадає лише 100, а на гени з низьким представництвом — 2400. Логічно припустити, що не усі білки, мРНК котрих наявні у цитоплазмі дендритного дерева, присутні у постсинаптичних ділянках, а також що не усі білки постсинаптичних ділянок синтезуються саме у межах дендритного дерева. До складу ординарної пресинаптичної ділянки<sup>1</sup> півкуль великого мозку і мозочка щура зараховують не менше 300 000 білкових одиниць, серед котрих розглядають не менше 60 основних видів білків (B. G. Wilhelm та співавтор., 2014). На думку F. Коортманс та співавторів (2018), гіпокампальний синаптичний протеом ссавців і людини містить 336 різних ідентифікованих і внесених у наявні бази даних білків. Щоправда, немає жодних підстав вважати цю цифру вичерпною, а також, що усі ці види білків експресуються у кожному гіпокампальному синапсі. Дані, котрі цитують N. A. O'Rourke та співавтори (2012), свідчать, що для синаптичного протеому мозку ссавців загалом<sup>2</sup> характерна експресія більш ніж 3000 різних видів білків. Ця цифра<sup>3</sup>, фактично, демонструє величину множини генів, котрі кодують білковий апарат одного синапса<sup>4</sup>. Беручи до уваги усе це, розрахуємо: якщо, приміром, із 1000 усіх можливих варіантів мРНК, котрі несуть інформацію про первинну структуру білків усіх синапсів, кодування білків протеому кожного окремого синапса забезпечувало б 450, кількість комбінацій без урахування фактору повторень<sup>5</sup> із 1000-елементної множини по 450 елементів сягала б  $\sim 5 \times 10^{1682}$ . Якщо ж внутрішнє впорядкування таких 450-елементних вибірок не має функціонального значення<sup>6</sup> — кількість комбінацій<sup>7</sup> 450 елементів, вибраних із 1000-елементної множини, становила б  $\sim 10^{388}$ . Якщо ж узяти у якості пари для аналогічного розрахунку цифри 3000 і 350 отримаємо кожен із зазначених показників на рівні  $\sim 6 \times 10^{467}$  і  $4 \times 10^{485}$ . Екстраполяція цієї цифри на множину у  $\sim 10^{15}$  синапсів мозку людини<sup>8</sup> дає показник потенційної варіативності синаптому мозку на рівні  $\sim (10^{485})^{1\,000\,000\,000\,000\,000}$ , тобто  $\sim 10^{485\,000\,000\,000\,000\,000}$ .

Інший варіант отримання цієї цифри. Згадаймо, що у мозку людини наявно  $\sim 10^{11}$  нейронів, кожен з котрих несе  $\sim 10^4$  постсинаптичних частин аферентних синапсів і формує стільки ж пресинаптичних частин еферентних синапсів. Нехтуючи варіативністю поєднань станів кожної з цих двох компартментів синапса і не вдаючись у конкретизацію варіативності станів кожної з них, умовимось, що на один нейрон припадає  $10^4$  синапсів з варіативністю вибірки у  $\sim 350$  видів мРНК кожного з них на рівні  $\sim 10^{485}$ . Тоді кількість потенційних станів множини синапсів (*синаптому*) такого нейрона становитиме  $(10^{485})^{10\,000}$ , тобто  $10^{4\,850\,000}$ . Якщо врахувати, що кожен із розглядуваних станів синаптому такого нейрона формує його певний відмінний інтегральний стан<sup>9</sup>, наведена цифра характеризує кількість потенційних станів одного ординарного нейрона мозку.

<sup>1</sup> Яку автори цитованої далі праці (B. G. Wilhelm та співавтор., 2014) називають "синаптосою", скоріш за все, нехтуючи асоційованим клаптем постсинаптичної мембрани.

<sup>2</sup> Тобто, не для якоїсь окремої ділянки мозку.

<sup>3</sup> Котра перегукується з інформацією, поданою S. G. N. Grant (2019).

<sup>4</sup> Пре- і постсинаптичної частини.

<sup>5</sup> Йдеться про комбінації, у яких попри однаковий склад, порядок розташування елементів має значення; тут і надалі цей показник розраховували за формулою:  $\bar{C}_n^k = \frac{n!}{k! \times (n-k)!}$ , де  $n$  — кількість елементів загальної множини, з котрої формують комбінації розміром у  $k$  елементів кожна,  $k$  — кількість елементів кожної з комбінацій, котру "виотримують", формують із загальної множини ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число\\_сочетаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число_сочетаний); 05.10.2021 р.).

<sup>6</sup> Що, правду кажучи, може виявитись сумнівним.

<sup>7</sup> Йдеться про так звані "комбінації з повтореннями"; наскільки ми зрозуміли, мається на увазі, що усі ці "повторення", котрі відрізняються лише порядком розташування елементів, не враховуються, тобто враховуються лише як один варіант; тут і надалі цей показник (про що уточняли текстуально) розраховували за формулою:  $\bar{C}_n^k = \frac{(n+k-1)!}{k! \times (n-1)!}$ , де  $n$  — кількість елементів загальної множини, з котрої формують комбінації розміром у  $k$  елементів кожна,  $k$  — кількість елементів кожної з комбінацій, котру "виотримують" із загальної множини ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Сочетания\\_с\\_повторениями](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Сочетания_с_повторениями); 05.10.2021 р.).

<sup>8</sup> Розраховуємо кількість розміщень з повтореннями:  $\hat{P}(n, m) = n^m$ , де  $n$  — кількість варіантів вмісту кожної умовної комірки,  $m$  — кількість умовних комірок у розглядуваній множині ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення\\_\(комбінаторика\)#Розміщення\\_з\\_повтореннями](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення_(комбінаторика)#Розміщення_з_повтореннями)).

<sup>9</sup> Що, по-перше, є грубим обмеженням кількості можливих інтегральних станів нейрона, існування котрих обумовлюється не лише синаптомом, а й іншими впливами на нейрон, а по-друге, потребує подальших обмежувальних передумов задля окреслення смислу поняття "інтегральний стан нейрона".

Оскільки кількість таких нейронів у мозку людини становить  $\sim 10^{11}$ , отримуємо кількість потенційних "синаптомних станів" усієї сукупності мозкових нейронів на рівні  $(10^{4\ 850\ 000})^{100\ 000\ 000\ 000}$ , тобто на уже відомому нам рівні у  $\sim 10^{485\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$ . Оскільки кількість потенційних станів мозку у цілому повинна враховувати довільні попарні поєднання станів синаптому і сукупності його (мозку) нейронів, отримуємо цю величину на рівні  $10^{485\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000} \times 10^{485\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$ , тобто  $\sim 10^{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$ , або  $10^{10^{18}}$ .

Інший розрахунок. Пригадаймо, що кількість білків у одному нейроні описується<sup>1</sup> цифрою на рівні хоча б  $\sim 10^{10}$ , а потенційна кількість варіантів хімічної структури одного білка, генерованих внаслідок посттрансляційних його модифікацій, оцінюється<sup>2</sup>, щонайменше, на рівні  $\sim 10^{27}$ . Матимемо кількість можливих варіацій протеому нейрона на рівні  $\sim (10^{27})^{10\ 000\ 000\ 000}$ , тобто  $\sim 10^{270\ 000\ 000\ 000}$ . Якщо таких нейронів у головному мозку людини  $\sim 10^{11}$ , отримуємо цифру варіацій протеому нейронної мережі мозку на рівні  $(10^{270\ 000\ 000\ 000})^{100\ 000\ 000\ 000}$ , тобто  $10^{27\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$ , або  $10^{2.7 \times 10^{22}}$ . Ця цифра виявляється близькою до кількості варіацій системи атомів головного мозку людини (див. далі), якщо кожен з них перебуває, приміром, у 10 різних станах —  $\sim 10^{2 \times 10^{24}}$ .

Тепер застосуємо показник потенційної посттрансляційної варіативності хімічної структури білка до розрахунку варіативності синаптому головного мозку людини. Якщо для кожної із  $\sim 300\ 000$  молекул білків одного синапса<sup>3</sup> потенційно може існувати  $\sim 10^{27}$  посттрансляційних варіантів<sup>4</sup> і ці варіації для усіх актуально наявних однакових за первинною структурою молекул білків не обов'язково повинні бути відмінними<sup>5</sup>, отримуємо загальну посттрансляційну варіативність протеому одного синапса на рівні  $\sim (10^{27})^{300\ 000}$ , тобто  $\sim 10^{8\ 100\ 000}$ . Якщо кількість варіантів синаптичного 350-членного набору мРНК, кожен з яких (набір) обумовлює реалізацію  $\sim 300\ 000$  білкових молекул синапса, становить  $\sim 10^{485}$ , потенційний рівень варіативності протеомного профілю синапса повинен складати не менше  $(10^{8\ 100\ 000})^{10^{485}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{492}}$ . Для кількості синапсів мозку людини на рівні  $\sim 10^{15}$ , отримуємо рівень потенційної варіативності синаптому за цими показниками у  $\sim (10^{10^{492}})^{10^{15}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{507}}$ . Це перевищує число можливих станів спостережуваної частини Всесвіту як сукупності умовних елементів, кожен з котрих може перебувати, приміром, у  $10^{100}$  станах:  $\sim 10^{10^{82}}$  (див. вище).

Повернімось, однак, до показника потенційної варіативності хімічної структури молекули білка, пов'язаної з численними посттрансляційними модифікаціями<sup>6</sup>. Візьмімо, що кожна окрема молекула ординарного білка зазнає  $\sim 90$  посттрансляційних модифікацій (R. Aebersold та співавт., 2019) і уявимо, що усі вони займають різні точки амінокислотного ланцюга. Візьмімо також у якості середньої довжини первинної послідовності білка еукаріотів величину у 466 амінокислотних залишків<sup>7</sup>. І, нарешті, припустімо, що усі посттрансляційні модифікації незалежні одна від одної, стаються рівномірно вздовж усього амінокислотного ланцюга, однак рівнопретендують на усі амінокислотні залишки у якості субстрату своєї реалізації. Тоді кількість комбінацій<sup>8</sup> із 466-елементної множини по 90 елементів становитиме  $\sim 10^{98}$ . Якщо у

<sup>1</sup> "Extrapolating these protein densities to mammalian cells a value of about  $10^{10}$  proteins per cell is predicted for characteristic cell lines that have average volumes of  $2000\text{--}4000\ \mu\text{m}^3$ " (<http://book.bionumbers.org/how-many-proteins-are-in-a-cell/>; 29.09.2021 p.).

<sup>2</sup> Розрахункова кількість усіх варіацій хімічної структури білка, отриманого внаслідок експресії одного гена, з урахуванням усіх посттрансляційних модифікацій, теоретично може складати у середньому  $\sim 10^{27}$  (R. Aebersold та співавт., 2019).

<sup>3</sup> Див. вище; B.G. Wilhelm та співавт., 2014.

<sup>4</sup> Див. вище; R. Aebersold та співавт., 2019.

<sup>5</sup> Це дозволяє нам використовувати у якості арифметичного інструменту обчислення кількості розміщень з повтореннями (див. вступні зауваги до цього відступу на с. 201-202).

<sup>6</sup> Нагадаємо, що ця кількість за однією з версій складає  $\sim 10^{27}$ ; відомо  $\sim 400$  видів посттрансляційних модифікацій білка, на одну молекулу білка у середньому припадає  $\sim 90$  посттрансляційних модифікацій (R. Aebersold та співавт., 2019; див. також працю Y. Dai та співавт., 2019, й інші, свіжіші праці з цієї теми). До речі, аналогічна цифра фігурує у В.А. Кордюма (2006), щоправда, у якості найстриманішої, за словами автора, ілюстрації ступеню варіативності результатів роботи системи біосинтезу білка (Кордюм В. А. Наша "шагрєневая кожа" — это наша проблема. Нам ее и решать. К.: Логос, 2006. 264 с., С. 35, перший абзац зверху).

<sup>7</sup> Дріжджі, <https://en.wikipedia.org/wiki/Protein#Biosynthesis>. Згідно А. Tiessen та співавторами (2012) — 472 амінокислотних залишки; медіана кривої розподілу величини мономерного білка у залежності від методу розрахунку у дріжджів відповідає 358–368 амінокислотним залишкам, у людини — 248–431 (<http://book.bionumbers.org/how-big-is-the-average-protein/>; 01.01.2021 p.).

<sup>8</sup> Йдеться про комбінації без урахування фактору повторень (див. вище), тобто порядок у межах однакових за "внутрішнім складом" станів має значення; під внутрішнім складом у даному випадку маємо на увазі перелік модифікацій, котрі реалізувалися на множині із 90 амінокислот; повторенням вважається наявність двох і більше ідентичних за внутрішнім складом 90-амінокислотних послідовностей, котрі, однак, можуть відрізнятися порядком розташування модифікацій у послідовності; використаний алгоритм обчислення комбінації враховує цю обставину, тобто враховує усі такі повторення;

кожній точці 90-елементної послідовності потенційно може статися 400 різних змін, матимемо кількість можливих варіантів стану кожної такої послідовності на рівні  $(400)^{90}$ , тобто  $\sim 10^{120}$ . Отже, якщо таких послідовностей у межах однієї амінокислотної нитки середньої довжини потенційно може бути  $\sim 10^{98}$ , всього варіантів посттрансляційно модифікованого білка з такою первинною структурою має бути  $\sim (10^{120})^{10^{98}}$ , або  $\sim 10^{10^{100}}$ , тобто  $10^{\text{гугол}}$ . Використаймо цю цифру для розрахунку варіативності протеому ординарного синапса<sup>1</sup> —  $(10^{10^{100}})^{300\,000}$ , або нейрона<sup>2</sup> —  $(10^{10^{100}})^{10\,000\,000\,000}$ , чи синаптому<sup>3</sup> —  $\sim 10^{3 \times 10^{120}}$  або множини усіх нейронів мозку —  $\sim 10^{10^{121}}$ .

Обидва попередні розрахунки практично не враховують потенціал посттрансляційної варіативності амінокислотної послідовності білка — хоча би такі механізми і явища, як поліморфізм генів, альтернативний сплайсинг і РНК-редагування<sup>4</sup>. виправити цю хибу на даний час вкрай важко через обмеженість інформації щодо варіативності кодувальних елементів геному і транскриптому. Ймовірно, що в умовному, узагальненому диплоїдному геномі людини<sup>5</sup> кількість різних одонуклеотидних поліморфізмів (SNP<sup>6</sup>) складає не менше 4–5 млн<sup>7</sup>. Це означає, що 1 SNP трапляється кожні 1200–1600 нуклеотидів умовного, узагальненого ядерного геному людини, що відповідає раннім даним (Y. Yamaguchi-Kabata та співавт., 2008, з посиланням на: J.C. Venter та співавт., 2001). Оскільки середня довжина ланцюга первинної структури ординарного білка у людини складає  $\sim 400$  амінокислот<sup>8</sup>, що відповідає 1200 нуклеотидам, на ділянку, яка кодує амінокислотну послідовність білка, повинно припадати  $\sim 1$  SNP. Тим не менше, у вибірці, якою оперували L.R. Pal та співавтори (2015), на 235 253 SNP припало 1259 (0.54 %) так званих "missense SNP", або перекодувальних SNP — таких, котрі спотворюють амінокислотну послідовність білка<sup>9</sup>. Оскільки ці 1259 SNP торкалися нуклеотидної послідовності генів 540 окремих видів білків, частота перекодувальних SNP за цими даними може бути оцінена як  $\sim 2$  на один ген, причому частота "інформаційно інтактних" SNP повинна бути значно більшою. Отже, кожен ген може мати щонайменше 1–2 перекодувальних SNP і якщо у сайті, де може реалізуватися SNP, може міститися 4 нуклеотиди, кількість варіантів гена за цим параметром можна оцінити на рівні 4–16. Якщо припустити, що SNP, окрім іншого, є елементами соматичного генного мозаїцизму серед клітин організму — можемо використовувати одну з цих цифр у якості потенційної варіативності будь-якого гена окремо розглядуваної клітини людського організму. Далі. На даний час кількість ідентифікованих сайтів лише "A-to-I" РНК-редагувальних впливів<sup>10</sup> у людини становить  $\sim 2.5$  млн (G. Ramaswami та співавт., 2016),  $\sim 4.7$  млн (C. Lo Giudice та співавт., 2020),  $\sim 16$  млн (L. Mansi та співавт., 2021), або й більше 100 млн (L. Bazak та співавт., 2014). X. Peng та співавтори (2018) повідомляють, що незважаючи на переважне розташування сайтів "A-to-I"-редагування у некодувальних ділянках нуклеотидних послідовностей РНК, їхнє загаль-

формула обрахунку:  $C_n^k = \frac{n!}{k! \times (n-k)!}$ , де  $n$  — кількість елементів загальної множини, з котрої формують комбінації розміром у  $k$  елементів кожна,  $k$  — кількість елементів кожної з комбінацій, котру "виотримують" із загальної множини ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число\\_сочетаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число_сочетаний); 05.10.2021 р.).

<sup>1</sup> Котрий містить, виходячи з припущень В. G. Wilhelm та співавторів (2014), не менше  $\sim 300\,000$  білкових молекул. Повторимо, ми припускаємо, що ці варіації хімічної структури для усіх актуально наявних однакових за первинною структурою молекул білків не обов'язково повинні бути відмінними — це дозволяє нам використовувати у якості арифметичного інструменту обчислення кількості розміщень з повтореннями (див. вступні зауваги до цього відступу на с. 201-202).

<sup>2</sup> Містить, ймовірно  $10^{30}$  білкових молекул: "Extrapolating these protein densities to mammalian cells a value of about  $10^{10}$  proteins per cell is predicted for characteristic cell lines that have average volumes of  $2000\text{--}4000\ \mu\text{m}^3$ " (<http://book.bionumbers.org/how-many-proteins-are-in-a-cell/>; 29.09.2021 р.). Повторимо, ми припускаємо, що ці варіації хімічної структури для усіх актуально наявних однакових за первинною структурою молекул білків не обов'язково повинні бути відмінними — це дозволяє нам використовувати у якості арифметичного інструменту обчислення кількості розміщень з повтореннями (див. вступні зауваги до цього відступу на с. 201-202).

<sup>3</sup> Для  $10^{15}$  синапсів:  $(10^3 \times 10^{105})^{1\,000\,000\,000\,000\,000}$ .

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Post-transcriptional\\_modification](https://en.wikipedia.org/wiki/Post-transcriptional_modification); [https://en.wikipedia.org/wiki/RNA\\_editing](https://en.wikipedia.org/wiki/RNA_editing); [https://uk.wikipedia.org/wiki/Процесинг\\_РНК#Редагування\\_та\\_модифікації\\_РНК](https://uk.wikipedia.org/wiki/Процесинг_РНК#Редагування_та_модифікації_РНК).

<sup>5</sup> Диплоїдний геном людини містить  $\sim 6\,200$  млн нуклеотидів [https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_genome#SNP\\_frequency\\_across\\_the\\_human\\_genome](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_genome#SNP_frequency_across_the_human_genome).

<sup>6</sup> Англ. — single nucleotide polymorphism, SNP.

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-nucleotide\\_polymorphism](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-nucleotide_polymorphism), з посиланням на: 1000 Genomes Project Consortium та співавт., 2015.

<sup>8</sup> <http://book.bionumbers.org/how-big-is-the-average-protein/> (01.01.2021 р.).

<sup>9</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-nucleotide\\_polymorphism#Types](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-nucleotide_polymorphism#Types) (04.01.2021 р.).

<sup>10</sup> Йдеться про "A-to-I"-редагування, див. том I, с. 45.

не представництво у кодувальних ділянках транскриптому людини перевищує 1000, причому хоча б у клітинах пухлин деякого виду цей показник вищий. Однак, перекодувальний вплив таких подій, тобто їхня диверсифікувальна роль деякими авторами оцінюється на низькому рівні (С. L. Kleinman та співавт., 2012) або розглядається малозначимою з точки зору функції організму у цілому (G. Xu, J. Zhang, 2014). Тим не менш, загалом, описано 163 види хімічних модифікацій РНК<sup>1</sup>, ймовірність редагування у певних сайтах пре-мРНК істотно варіює (D. Harjanto та співавт., 2016), а середнє значення цього показника у наявній літературі нам знайти не вдалося. Не краща ситуація з оцінкою варіації амінокислотних послідовностей з урахуванням сплайсингу пре-мРНК. Більшість авторів декларують, що цей механізм торкається пре-мРНК понад 95 % так званих мультиекзонних генів людини (Y. Liu та співавт., 2017; W. Jiang, L. Chen, 2020). Однак показник кількості такого типу генів у людському геномі у наявній літературі знайти вкрай важко, тим більш, важко оцінити функціональну значимість альтернативного сплайсингу, тобто усіх потенційно утворюваних за його участі варіантів молекули того чи іншого виду білка<sup>2</sup>. Середня ж цифра актуальної варіативності мРНК одного гена, котра фігурує у літературі, дорівнює 7-ми (W. Jiang, L. Chen, 2020). Рамковий характер цифри, котра демонструє відому на даний час загальну кількість ізоформ-транскриптів (~150 000), що слугує джерелом для обрахунку озвученої щойно варіативності мРНК одного ординарного гена, не дозволяє зрозуміти який сегмент пост-транскрипційних модифікацій охоплено нею<sup>3</sup>. Наприклад, ранні припущення стосовно кількості актуальних варіантів транскриптів ординарного гена людини виражалися цифрами у межах від дюжини до сотень і тисяч<sup>4</sup>.

Враховуючи це все, спробуймо оцінити варіативність транскриптому людської клітини. Якщо кількість перекодувальних подій (з урахуванням лише пре-мРНК-редагування) стосовно однієї послідовності пре-мРНК довжиною 1200 нуклеотидів складає 100, причому таких подій існує 160 видів і усі вони можуть рівноймовірно реалізуватися стосовно кожного нуклеотида 100-нуклеотидної комбінації, матимемо наступне. Кількість комбінацій<sup>5</sup> із 100 елементів, отриманих із 1200-елементної множини, становитиме  $\sim 1.2 \times 10^{148}$ . Якщо у кожній точці такої 100-елементної послідовності (комбінації) може статися 160 різних змін, отримаємо кількість хімічних варіантів такої послідовності на рівні  $160^{100}$ , тобто,  $16^{100} \times 10^{100}$ , або  $2^{400} \times 10^{100} \approx 10^{120} \times 10^{100} = \sim 10^{220}$ . Тоді за означених вище вихідних умов матимемо кількість можливих варіантів мРНК після процедури редагування на рівні  $\sim (10^{220})^{10^{48}}$ , тобто  $\sim 10^{2 \times 10^2 \times 10^{48}} \approx 10^{2 \times 10^{50}}$ . Припустимо, що лише  $10^{10^{50}}$  таких варіантів є трансляційно успішними. Припустимо також, що кожна пре-мРНК, котра стає об'єктом таких редагувальних змін, є результатом сплайсингу, який, у свою чергу, забезпечує варіативність усього лиш на рівні  $10^3$  варіантів пре-мРНК, отриманої внаслідок транскрипції одного гена. Також припустимо, що завдяки існуванню одонуклеотидних поліморфізмів кожен ген може перебувати у 10 станах. Тоді варіативність нуклеотидної послідовності на прередагувальному рівні становитиме  $(10^3)^{10}$ , тобто  $10^{30}$ . Отже, потенційна варіативність мРНК одного гена повинна оцінюватися на рівні  $\sim (10^{10^{50}})^{10^{30}}$ , що дорівнює  $\sim 10^{10^{50} \times 10^{30}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{80}}$ . За таких умов потенційна варіативність продукту експресії одного гена становитиме  $(10^{10^{100}})^{10^{10^{80}}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{10^{80}}}$ . Зрозуміло, що якою (у межах реального) не була б кількість таких генів (наприклад, синаптоспецифічних генів) у одному нейроні і навіть кількість таких нейронів у головному

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/RNA\\_editing](https://en.wikipedia.org/wiki/RNA_editing), з посиланням на P. Vocaletto та співавт., 2018; див. також: С. J. Lewis та співавт., 2017.

<sup>2</sup> "Changes in the selection of splice sites may arise not only due to disease but also to the natural adaptation of a cell. Many stimuli including growth factors, cytokines, hormones and cell depolarization cause altered splice site selection [120]. Sequence analyses predict that only around 10% of AS events are likely to delete, insert or modify functional domains in proteins and these events give a fairly straightforward approach to design suitable experiments for addressing the functional consequences of AS [10, 121]. As for the remaining 90% of AS events found in coding regions, they do not overlap with boundaries of functional protein domains or regions which are vital for overall protein folding [10]. Most AS events influence coiled or "loop" regions of secondary protein structures and the greater part of these coding sequences are situated on protein surfaces [122]. These regions help perform protein-protein interactions or interactions with other types of ligands [10]" (B. Roy та співавт., 2013).

<sup>3</sup> Яким методом визначали ізоформи-транскрипти, чи чутливий цей метод до невеликих відмінностей нуклеотидної послідовності, чи є цей показник усередненим по усіх тканинах і органах — ми спеціально не з'ясовували.

<sup>4</sup> D. L. Black, 2000; <https://www.the-scientist.com/features/alternative-splicing-provides-a-broad-menu-of-proteins-for-cells-66937> (03.10.2021 р.).

<sup>5</sup> Йдеться про комбінації без урахування фактору повторень, тобто порядок у повторях має значення:  $C_n^k = \frac{n!}{k! \times (n-k)!}$  ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число\\_сочетаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сочетание#Число_сочетаний); 05.10.2021 р.).

мозку людини, загальна варіативність протеому практично не зміниться:  $(10^{10^{10^{80}}})^{10^{10^{80}}} \approx 10^{10^{10^{80}}}$ , оскільки  $10^{80} + 21 \approx 10^{80}$ . Із розрахунків також видно, що при істотному збільшенні варіативності нуклеотидної послідовності гена або кількості варіантів пре-мРНК, виниклих завдяки альтернативному сплайсингу, отриманий результувальний показник може зрости у бік збільшення "башти ступенів" щонайменше на один "поверх". Цілком зрозуміло, що верхня межа варіативності нуклеотидної послідовності ординарної пре-мРНК до редагувальних хімічних впливів не може бути вищою, аніж кількість варіантів послідовності із 1200 ланок, кожна з яких являє собою один з 4-х можливих нуклеотидів —  $4^{1200}$ , або  $\sim 10^{722}$ . Застосувавши це число для обчислення кількості усіх варіантів мРНК з урахуванням варіативності на рівні РНК-редагування ( $\sim 10^{10^{50}}$ ), отримаємо цифру  $\sim (10^{10^{50}})^{10^{722}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{722}}$ , що відповідає потенційній варіативності білкового продукту експресії одного гена і транскриптому нейронної частини головного мозку на рівні  $\sim (10^{10^{100}})^{10^{10^{722}}}$ , тобто  $\sim 10^{10^{10^{722}}}$ , або  $\sim 10^{10^{10^{8 \times 10^2}}}$  чи навіть, простіше,  $\sim 10^{10^{10^{10^3}}}$ . Причому, наведена нами розрахункова схема примітивна не лише з математичної точки зору, а й через неврахування багатьох молекулярно-біологічних деталей<sup>1</sup>. Приміром, незважаючи на певну обумовленість хімічною структурою білка, тривимірне конформування амінокислотного ланцюга з формуванням вторинної, третинної і четвертинних структур теж має певний ступінь свободи, особливо, з огляду на концепцію "формуотворювачів" чи "формопідтримувачів"<sup>2</sup>, а також гіпотезу згортання амінокислотних послідовностей у функціональні просторові форми на попередниках цього ж виду білків<sup>3</sup>. Ми також обійшли увагою явище сплайсингу амінокислотних послідовностей<sup>4</sup>, а також варіації геному на підставі епігенетичних впливів у зв'язці чи нарізно від обумовленого фізико-хімічними чинниками мутаційного процесу, у тому числі, спричиненого мобільними елементами геному<sup>5</sup>. І як з таким жити у "чотирьох стінах", розміром  $10^{10^{82}}$ ? Можливо, тому людина у своїх переконаннях, мріях, сподіваннях і прагненнях часто виходить за межі світу, у котрому мешкає тілом?

До речі, про "стіни". Число  $\sim 10^{10^{10^{80}}}$  істотно більше, ніж "можливе число всесвітів в мультиверсумі за оцінкою А. Лінде і В. Ванчуріна у відповідності з хаотичною теорією інфляції"<sup>6</sup>  $10^{10^{10^7}}$  "час очікування появи більцманівського мозку у результаті квантової флуктуації у де-сіттерівському вакуумі"<sup>7</sup>  $10^{10^{50}}$  років). Що таке "більцманівський мозок" поінформованому читачу переказувати немає сенсу<sup>8</sup>. Однак чи враховували під час обчислення часу для випадкової появи "більцманівського мозку" складність його улаштування, критично необхідного для здійснення функції самоусвідомлення? Якщо, приміром до гіпотетичного мультиверсуму (*гіпотеза існування котрого, на наш погляд, контроверсійна й мілка*) входять всесвіти з рівнем варіативності  $10^{10^{80}}$ , його потенційна кількість станів повинна обраховуватися як  $(10^{10^{80}})^{10^{10^{10^7}}}$ , що відповідає рівню  $10^{10^{10^{10^7}}}$ . Однак, не поспішайте радіти (*чи засмучуватися*): кожна готова у функціональному плані молекула білка має свій, чимось неповторний спектр властивостей, котрі виражаються переліком її тривимірних конформацій, пов'язаних із цим варіантів розподілу електричного заряду по її умовному об'єму, а далі — ще й квантовомеханічних характеристик тощо. Іншими словами, до палітри потенційних станів білка слід заносити і усі викликані різноманітними впливами зміни його хімічної чи фізико-хімічної природи. До речі, вповні можливо, що спектр таких станів білкової молекули залежить від виду її функціональної асоціації у межах надмолекулярних комплексів і (*хто зна*) субклітинних компартментів, а також від асоціації з некодувальними молекулами РНК. Це означає, що число грубо обрахованих нами варіантів продукту експресії одного генетичного локуса буде показником ступеня у наступному раунді розрахунків,

<sup>1</sup> Повторимо, що ми не врахували наявність темпоральних поколінь РНК-редагувальних чи посттрансляційних модифікацій білка, обмеження одними модифікаціями ймовірності реалізації інших, вплив кожного із варіантів хімічної структури білка на подальше структурування тощо.

<sup>2</sup> Англ. — *chaperones* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Chaperone\\_\(protein\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chaperone_(protein))) (04.10.2021 р.).

<sup>3</sup> Див. патогенез пріонного захворювання ([https://en.wikipedia.org/wiki/Prion#Prion\\_replication](https://en.wikipedia.org/wiki/Prion#Prion_replication)) (03.10.2021 р.).

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Protein\\_splicing](https://en.wikipedia.org/wiki/Protein_splicing) (03.10.2021 р.).

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_genetic\\_elements](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_genetic_elements); [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мобільні\\_елементи\\_геному](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мобільні_елементи_геному) (06.10.2021 р.).

<sup>6</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие\\_числа#Применение\\_больших\\_чисел\\_в\\_других\\_областях\\_науки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_числа#Применение_больших_чисел_в_других_областях_науки) (06.10.2021 р.).

<sup>7</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие\\_числа#Применение\\_больших\\_чисел\\_в\\_других\\_областях\\_науки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_числа#Применение_больших_чисел_в_других_областях_науки) (04.10.2021 р.).

<sup>8</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Больцмановский\\_мозг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Больцмановский_мозг) (04.10.2021 р.).



де основою степеня виступатиме щойно згадана варіативність завершеної у хімічному плані білкової молекули, а показником степеня — обчислена раніше потенційна кількість її варіантів, виниклих на попередніх рівнях варіатизації. Якщо диверсифікація на цьому нововрахованому рівні організації матерії даватиме не менше 10 різних станів кожної білкової молекули<sup>1</sup>, матимемо величину варіативності білкового продукту експресії ординарного генетичного локуса на рівні  $10^{10^{10^{80}}}$ , котра доволі близька до найбільшого кінцевого відрізка часу, котрий можна

обчислити виходячи із наявних фізичних кількісних параметрів<sup>2</sup> —  $\sim 10^{10^{10^{10^{11}}}}$  років. А якщо функціональна варіативність молекули білка матиме кілька рівнів, відповідно до рівнів організації матерії — електрохімічний, квантовий, позаквантовий — і кожен із них поглиблюватиме варіативність попереднього, отримувани цифри відповідатимуть рутинним гугологізмам, котрі потребуватимуть специфічного запису<sup>3</sup>. І це, насправду, означає неозору варіативність системи зберігання і реалізації генетичної інформації, зокрема у межах мозку<sup>4</sup>.

Тепер поставимо ще одне важливе питання: чи матиме якесь значення варіативність системи, якщо вона не володітиме адекватними засобами менеджменту цієї варіативності? На нашу думку, база варіативності — рамкова кількість усіх можливих станів системи, побудованої навколо трипартичної схеми біосинтезу білка, котра взаємозшиває геном, транскриптом і протеом — ця варіативність, ймовірно, може навіть істотно збільшуватися у залежності від складності улаштування організму. Приміром, вповні можливо, що ця система у людини відрізняється екстремальнішою, ніж у інших видів, варіативністю на рівні геному і транскриптому, або на обох рівнях стосовно певних генів, наприклад, синаптичного апарату. Однак, це лише половина засадничої переваги людини. Друга половина і, комусь може здатися цікавою ця аналогія, — це апарат вжитку цієї варіативності шляхом гри на клавішах системи біосинтезу білка, системи. Це — руки піаніста, котрий може грати на цьому апараті красиві, однак структурно нескладні мелодії, а може і реалізувати надскладні симфонії. Звичайно, ми розуміємо, що у першому з двох перелічених випадків йдеться про музичний інструмент простого улаштування, з меншим спектром потенційної варіативності. У другому ж — про грандіозний симфонічний оркестр. Однак, погодьтеся, аналогічні вимоги прикладувані і до виконавця: у першому випадку вистачить сопілкаря чи скільки завгодно сопілкарів, а у другому — багаторукого, десятипалого й багаторотого монстра-віртуоза. Або скільки завгодно колективів зі своїми диригентами. Тобто — людство. Цим ми хочемо підкреслити, що для чим ширшої актуалізації колосальної варіативності молекулярно-генетичної системи необхідно не менш колосальний за своєю потенційною варіативною апарат, котрий матиме потужні засоби для удійснення актуальної варіативності, тобто кількісні можливості для одночасної реалізації об'ємних комбінацій, вибірок зі спектру потенційних варіантів стану системи. Система актуалізації побудована шляхом багаторівневої компартментизації, функціонального комплексування і її результуюча варіативність повинна сягати величин варіативності молекулярно-генетичної системи<sup>5</sup>. Тоді варіативність організму загалом, мабуть охоплює варіативності на основі цих обидвох сегментів улаштування живого.

<sup>1</sup> Про верхню межу кількості таких станів говорити, як видно з порядку розглядуваних цифр, недоречно, оскільки вона навіть за таких умов перевершує наші уявлення про реалістичність.

<sup>2</sup> Йдеться про "Час повернення Пуанкаре для квантового стану гіпотетичного ящика, котрий містить чорну діру, маса котрої дорівнює масі Всесвіту згідно з деякими інфляційними моделями..." ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие\\_числа#Применение\\_больших\\_чисел\\_в\\_других\\_областях\\_науки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_числа#Применение_больших_чисел_в_других_областях_науки); 07.10.2021 р.).

<sup>3</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Large\\_numbers#Standardized\\_system\\_of\\_writing](https://en.wikipedia.org/wiki/Large_numbers#Standardized_system_of_writing); <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гугологія> (04.10.2021 р.).

<sup>4</sup> Ось дотичне спостереження на цю тему іншого автора, щоправда, виражене стосовно широти реалізації варіативності не у межах одного синапса, а у межах усього синаптому, наприклад, під час його формування чи функції (тобто у контексті генерування синапсів *de novo*, а не їх функціональних трансформацій): "When we consider that synapses are built from more than 1000 proteins in many different structural classes and they too are expressed in different combinations, **then there is a potentially vast, if not unlimited, number of synapse types**. Not only combinatorial usage of proteins can generate synapse diversity but also differential splicing and posttranslational modifications (14, 27). For example, alternatively spliced neurexin isoforms can potentially produce many thousands of different proteins from a single gene, and triggering of neurotransmitter receptors can induce posttranslational changes in hundreds of proteins (14, 27)." (S. G. N. Grant, 2019; виділено нами — В. М.).

<sup>5</sup> Приміром, будь-який протеомний профіль синапса визначає певну множину можливих електричних станів його мембрани. Очевидно, що такі множини електричних станів при обмеженій точності верифікації міститимуть нерозрізнені елементи. У цьому сенсі одним із важливих параметрів є площинний розподіл молекул йонних каналів у всій їх хімічній варіативності і особливості ландшафту мембранного потенціалу. Розрахунок варіативності станів синапса чи нейрона за цим параметром і оцінка частки значущих варіацій (спробуйте не поспіхом відповісти на здавалося б просте питання: а чи можливі

Спробуємо конкретизувати ці роздуми щодо актуалізації варіативності молекулярно-генетичної системи на прикладі нейронної мережі мозку. Нехай варіативність кожного синапсу на рівні розподілу мРНК сягає (*округлимо цю цифру*)  $\sim 10^{500}$  станів. На ординарний (*усереднений за кількістю зв'язків*) нейрон головного мозку людини, як відомо, надходить  $\sim 10\,000$  синапсів. Отже, кількість варіантів сумарної картини стану аферентних синапсів складатиме  $\sim (10^{500})^{10\,000}$ , або  $\sim 10^{5\,000\,000}$ . Якщо навіть кожен тисячний варіант такого стану істотно впливає на стан нейрона і кожен тисячний із станів нейрона обумовлює істотні зміни станів усіх його аксональних терміналей, кількість таких станів нейрона становитиме<sup>1</sup>  $\sim 10^{5\,000\,000}$ . Нехай кожен варіант такого, істотного для зміни еферентної ланки стану нейрона обумовлює у кожній з його аксональних терміналей певну, відповідну її молекулярній, геометричній і електрофізіологічній непересічності, зміну функціонального стану<sup>2</sup>. Оскільки таких еферентних терміналей у ординарного нейрона мозку  $\sim 10\,000$ , кількість потенційних варіантів профілю еферентного впливу розглядуваного нейрона на нейронну мережу мозку складатиме  $\sim (10^{5\,000\,000})^{10\,000}$ , тобто  $\sim 10^{50\,000\,000\,000}$ . Знову ж, нехай лише кожен тисячний (*за таких цифр, навіть кожен мільйонний*) із цих станів спричинить зміни мережі, котрі обернуться істотними змінами стану кожного з  $\sim 10\,000$  аферентних синапсів розглядуваного нейрона, причому своєрідними, відповідно до молекулярної, геометричної і електрофізіологічної непересічності кожного з них<sup>3</sup>. Це дозволяє нам повторити розрахунок, замінивши цифру умовної початкової варіативності стану аферентного синапса з  $\sim 10^{500}$  на  $\sim 10^{50\,000\,000\,000}$ , що вимагатиме (*чи обумовлюватиме, дозволятиме*) вільної реалізації варіативності не лише на рівні міжсинаптичного розподілу мРНК (*чи міжсинаптичної диференціації й сегрегації продуктів їх трансляції*), а й на інших рівнях улаштування системи реалізації генетичної інформації нейрона (*див. вище*). Показник варіативності усієї нейронної мережі мозку на кожному з циклів розрахунку у такій моделі можна обчислити як добуток показників варіативності продуктів експресії генів синаптому мозку і нейроспецифічних, однак "*несинаптичних*" генів усіх нейронів мозку. Однак, оскільки сумарна кількість синапсів мозку у  $10^4$  разів перевищує сумарну кількість нейронів, масштаб показника варіативності нейронної мережі, скоріше за все, доволі повно відображається показником варіативності продуктів експресії генів синаптому мозку. Не важко помітити, що при кожному обрахунковому циклі величина показника степеня при основі у величині, котра на початку розрахунків демонструє кількість варіантів стану окремого аферентного синапса, збільшується у 10 млн разів<sup>4</sup>. Це означає, що рівня "*космологічної*" варіативності у  $10^{10^{80}}$  (*див. вище*) у межах описаної, топологічно нехитрої схеми можна досягти уже на 10-му обрахунковому циклі<sup>5</sup>. Нам видаються співзвучними наведеним числовим натякам на потенційну "*ментальну вичерпність*" глибин Всесвіту<sup>6</sup> результати розрахунків, котрі демонструють масштаб можливостей опанування, присвоєння матеріального світу живими об'єктами. Так, В.А Кордюм (2006)<sup>7</sup>, спираючись на показник потенційної кількості поділів у межах генеалогічної лінії **однієї** ембріональної стовбурової клітини на рівні 300, простим розрахунком отримує показник можливої кількості клітин останнього покоління такого генеалогічного ланцюга на рівні  $10^{90}$ , що відповідає загальній їх масі у  $\sim 10^{75}$  т, при масі звичайної, ординарної матерії спостережуваної частини Всесвіту на рівні<sup>8</sup>  $\sim 10^{50}$  т, або, з урахуванням існування гіпотетичної темної матерії<sup>9</sup>, —  $\sim 20 \times 10^{50}$  т, тобто  $\sim 2 \times 10^{51}$  т.

*функціонально не значущі варіації?*) — справа майбутнього. Інші факториваріативність котрих повинна враховуватися — міжклітинна комунікація сигнальними молекулами, нейромодуляторами, факторами росту тощо, варіативність форми двомірної клітинної мембрани нейрона, групування синапсів астроцитами, участь у міжнейронній комунікації ліквору тощо.

<sup>1</sup>  $10^{5\,000\,000} - 2\,000 \approx 10^{5\,000\,000}$ . Що означає "*істотний вплив*" — тут не деталізуватимемо, приймімо, що таким впливом є той, що суттєво змінює хоча б еферентну імпульсацію цього нейрона, хоча і таке визначення розпливчате і залежатиме від прогресу уявлень про чутливість нейронів до аферентних входів від пресинаптичних стосовно них нейронів.

<sup>2</sup> Стани аксональних терміналей одного нейрона умовно розглядаємо незалежними один від одного.

<sup>3</sup> Стани аферентних синапсів одного нейрона умовно розглядаємо незалежними один від одного.

<sup>4</sup> У  $10^8$  разів.

<sup>5</sup> Такі "*цикли*" повні можуть мати відповідник у реальних умовах, час їхньої реалізації важко розрахувати; у будь-якому випадку, зазначимо, що період життя білкової молекули у межах синапса обмежений годинами й добами (L. D. Cohen, N.E. Ziv, 2019).

<sup>6</sup> Чи хоча б паритетність його масштабу широті варіативності і тому відображальним потужностям нашого мозку.

<sup>7</sup> Кордюм В. А. *Наша "шагренова кожа" — это наша проблема. Нам ее и решать.* К.: Логос, 2006. 264 с., С. 211.

<sup>8</sup> "*Using the critical density and the diameter of the observable universe, the total mass of ordinary matter in the universe can be calculated to be about  $1.5 \times 10^{53}$  kg*" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Observable\\_universe](https://en.wikipedia.org/wiki/Observable_universe); [https://en.wikipedia.org/wiki/Observable\\_universe#Mass\\_of\\_ordinary\\_matter](https://en.wikipedia.org/wiki/Observable_universe#Mass_of_ordinary_matter); 07.10.2021 p.).

<sup>9</sup> "*In the standard Lambda-CDM model of cosmology, the total mass-energy of the universe contains 5% ordinary matter and energy, 27% dark matter and 68% of a form of energy known as dark energy.*"<sup>[6][7][8][9]</sup> Thus, dark matter constitutes 85%<sup>[a]</sup> of total

У загальному вигляді, можна розглянути й певну умоглядну архітектуру "ідеальної системи", у котрій потенційна кількість її станів<sup>1</sup>, прагне до безмежності за умови, що рівні організації системи, тобто рівні здійснення нею певної функції чинять незменшувальний при неодноразовій реалізації зворотній вплив одне на одного, і цей вплив, розкриваючи чи залучаючи щоразу тонші рівні організації, збільшує потенційну варіативність стану кожного умовного елемента системи. Це означало б, що наведена формула для віднайдення кількості "розміщень з повтореннями" набувала б паралоксального вигляду, на кшталт  $f(x) = \xi(f(x'))^{f(x)}$ , де  $\xi(f(x'))$  — певна, формалізована математично, "величина варіатизації", спричинюваної кожним кроком двофазного циклу взаємозв'язку між рівнями організації системи,  $x$  — порядковий номер "циклу варіатизації",  $x'$  — порядковий номер попереднього "циклу варіатизації". Ясно, що у такому випадку кожного наступного "циклу варіатизації", фактично, відбувається зміна місцями двох показників у наведеній формулі — кількості варіантів вмісту кожної умовної комірки<sup>2</sup> і кількості умовних комірок у розглядуваній системі<sup>3</sup>: обидві ці характеристики у наведеній формулі, розраховані для кожного розглядуваного рівня організації, послідовно заміщують одна одну. Звичайно, приймаючи можливість нескінченного розвою такого "циклу варіатизації", ми визнаємо, що потенційна варіативність елементів кожного з рівнів організації системи безмежна. І з цієї точки зору "шлях освоєння" такої безмежності стосовно формулювання висновку про потенціал варіативності системи уже не має жодного значення.

Жахливо це чи, навпаки, прекрасно, однак, запевняємо вас: усе наведене — лише початок. Адже синапс має три<sup>4</sup>-, тетра- чи, фактично, пентапартитне улаштування<sup>5</sup>. Участь, до прикладу, астроцитів у формуванні та функції синапсів загальновідома<sup>6</sup>. З'ясовано, що частка синапсів, вкритих астроцитарними виростками, не абсолютна<sup>7</sup>, ступінь "вкриття", очевидно, різний і, враховуючи пластичність нейроглії (та й самих си-

mass, while dark energy plus dark matter constitute 95% of total mass-energy content.<sup>[10][11][12][13]</sup> ([https://en.wikipedia.org/wiki/Dark\\_matter](https://en.wikipedia.org/wiki/Dark_matter); 07.10.2021 р.).

<sup>1</sup>Що, нагадаємо, за такого спрощеного калькуляційного підходу відповідає кількості "розміщень з повтореннями";  $\hat{P}(n, m) = n^m$ , де  $n$  — кількість варіантів вмісту кожної умовної комірки,  $m$  — кількість умовних комірок у розглядуваній множині ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення\\_\(комбінаторика\)#Розміщення\\_з\\_повтореннями](https://uk.wikipedia.org/wiki/Розміщення_(комбінаторика)#Розміщення_з_повтореннями)).

<sup>2</sup>Відповідає параметру "n" у формулі  $\hat{P}(n, m) = n^m$ .

<sup>3</sup>Відповідає параметру "m" у формулі  $\hat{P}(n, m) = n^m$ .

<sup>4</sup>M. Korte, D. Schmitz, 2016; A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018.

<sup>5</sup>C. De Luca та співавт., 2018: "Neurons, glial cells (astrocytes and microglia) and the extracellular matrix play a crucial function in a "tetrapartite" synaptic model. Taking into account the neurovascular unit, in this review we thoroughly analyzed the influence of neuro-immune hemostasis on these five elements acting as a functional unit ("pentapartite" synapse) in the adaptive and maladaptive plasticity and discuss the relevance of these events in inflammatory, cerebrovascular, Alzheimer, neoplastic and psychiatric diseases." Елементами "тетра-" чи "пентапартитного" синапсу є: пре- і постсинаптична частини [нейрон], астроцитарна частина, мікрогліальна частина і міжклітинний матрикс, не враховуючи дистантний, опосередкований через міжклітинний матрикс, астроцити і мікрогліоцити вплив капілярних елементів. Хоча A. Verkhratsky та M. Nedergaard (2018), послаючись на значний перелік першоджерел, таку концепцію розглядають саме як концепцію "трипартитного синапсу": "The tripartite model further developed into a multipartite synapse, composed of the following components: 1) the presynaptic terminal; 2) the postsynaptic compartment, represented, for example, by the dendritic spine; 3) the perisynaptic process of the astrocyte; 4) the process of neighboring microglial cell that periodically contacts the synaptic structure; and 5) the extracellular matrix (ECM), which is present in the synaptic cleft and also extends extrasynaptically (390, 434, 494, 1205, 1812)."

<sup>6</sup>C. Eroglu, B.A. Barres, 2010; N.J. Allen та співавт., 2012; G. Dallérac та співавт., 2013; R.-R. Ji та співавт., 2013; M.C. McKenna, 2013; Y. Ota та співавт., 2013; V. Gundersen та співавт., 2015; M. Nedergaard, A. Verkhratsky, 2012, 2018. У гіпокамні один астроцит клітинними виростками оточує і регулює функцію понад 100 000 синапсів (G. Seifert, C. Steinhäuser, 2018).

<sup>7</sup>Тобто, менша за 100 %. Приміром, у речовині гіпокампа астроцитарні вирости вкриті ("enwrap") ~57 % усіх синапсів (M. Korte, D. Schmitz, 2016, з посиланням на: M.R. Witcher та співавт., 2007), один астроцит вкриває до 6000 синапсів (M. Korte, D. Schmitz, 2016, з посиланням на: Kettenmann H, Ransom BR. Neuroglia. New York: Oxford Univ. Press, 2013). За іншими даними, у гіпокамні астроцитарні вирости вкривають ~50 % дрібних макулярних синапсів, цей показник складає ~90 % для великих грибоподібних шипиків і так званих перфорованих синапсів ("perforated synapses"; A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018, з посиланням на: M.R. Witcher та співавт., 2007). При дослідженні органотипових культур 97 % комплексних синапсів і 78 % простих синапсів гіпокампа мають астрогліальне вкриття (Ibid., з посиланням на: I. Lushnikova та співавт., 2009). У новій корі свавців гліоцитарні вирости вкриті ("enwrap") 29–56 % збуджувальних синапсів, у IV шарі соматосенсорної кори — ~90 % (Ibid., з посиланням на: Y. Bernardinelli та співавт., 2014), у речовині гіпокампа кількість таких синапсів варіює у межах від 60 до 90 % (Ibid., з посиланням на: R. Ventura та співавт., 1999; M.R. Witcher та співавт., 2007). У мозочку вирости клітин бергманівської глії вкривають майже 90 % синапсів між лаячними волокнами і клітинами Пуркінє, а також ~65 % синапсів між паралельними волокнами і клітинами Пуркінє (Ibid., з посиланням на: J. Grosche та співавт., 1999; M.A. Xu-Friedman та співавт., 2001). Для синапсів, сформованих мohoподібними волокнами й дендритами клітин-зерен мозочка, цей показник складає ~15 % (Ibid., з посиланням на: S.J. Mitchell та співавт., 2000; S. Syntayev та співавт., 2013); однак астроцити, як відомо, вкривають мозочкові клубочки цілком, ізолюючи їх один від одного (Ibid., з посиланням на: A. Reichenbach та співавт., 2010). Астроцитарні вирости, що формують обгортку синапсу, тонкі, найчастіше менш ніж 100 нм у діаметрі, однак з дуже великою площею поверхні (Ibid., з посиланням

напсів), з великою ймовірністю — обидва показники змінні (A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018<sup>1</sup>). "Секретом" астроцитів на даний час нараховує близько 180 білків; з урахуванням факторів небілкової природи спектр біоактивних молекул, котрі продукують астроцити, сягає 200 найменувань і включає класичні нейромедіатори<sup>2</sup> і їхні попередники, нейромоделюатори, гормони і пептиди, ейкозаноїди, метаболіти<sup>3</sup>, утилізатори перекисних радикалів<sup>4</sup>, фактори росту, регулятори синаптогенезу, фактори запалення, йони<sup>5</sup> і молекули води (*Ibid.*). Шляхи секреції — везикулярний екзоцитоз, організована трансмембранна дифузія і виведення спеціальними переносниками<sup>6</sup> (*Ibid.*). Астроцити є сенсорами багатьох важливих метаболітів<sup>7</sup>, ретранслюючи їх вплив на нейрони; ці ж гліоцити є елементами системи нейроваскулярного єднання<sup>8</sup> (*Див. том II, с. 384*), глобальної системи регуляції психічного збудження<sup>9</sup> і циклу "сон – неспання"<sup>10</sup>; вони — найбільш вагомий фактор під-

на: A. Reichenbach та співавт., 2010), вони складають ~80 % усієї плазмалеми астроцита, але містять лише ~4–10 % цитоплазми астроцита, несуть значну кількість йонних каналів, рецепторів, переносників, регулюють вміст присинаптичного простору, функцію синапсу, а також забезпечують просторове розмежування, тобто ізоляцію синапсів (*Ibid.*).

<sup>1</sup> З посиланням на: M. Krzisch та співавт., 2015.

<sup>2</sup> Для астроцитів виявлено можливість накопичення, утримання у складі спеціалізованих везикул й реалізації медіаторів, що отримали назву "гліотрансмітерів" (*глутамат, АТФ, D-серин тощо*; <https://en.wikipedia.org/wiki/Gliotransmitter>); ці медіатори чинять суттєвий вплив на синаптичну передачу й функцію нейронів (G. Seifert, C. Steinhäuser, 2018). Останній факт ще раз аргументує використання терміна "трипартитний синапс" для означення більшості синапсів ЦНС (*Ibid.*; M.M. Halassa та співавт., 2006). Астроцитарні нейромедіатори суттєво і динамічно впливають на функцію нейронів: "How does astroglial neurotransmitter release affect neurons? The spectrum of neuronal responses is quite wide. Astroglial release of glutamate, for example, has been shown to result in 1) inhibition of evoked and spontaneous excitatory or inhibitory postsynaptic currents (EPSCs or IPSCs) in hippocampus (57, 992); 2) potentiation of spontaneous excitatory postsynaptic currents (EPSCs) or inhibitory postsynaptic currents (IPSCs) in hippocampus (804, 822, 992, 1537, 1538); 3) synaptic potentiation (1198, 1199, 1366); 4) increase in neuronal excitability (168); 5) generation of slow inward currents, or SICs, in hippocampus, cortex, brain stem, and spinal cord, with this being probably the most frequent observation (47, 100, 316, 502, 591, 826, 1539, 1542, 1607, 1906); 6) modulation of long-term potentiation or long-term depression (634, 1119, 1199); and 7) heterosynaptic depression (41). Astroglia-derived ATP and/or adenosine caused 1) suppression of EPSCs (238, 1069, 1334, 1592), 2) potentiation of EPSCs (594, 595), 3) inhibition of NMDA receptors through P2X-PCD95 signaling cascade (934), 4) generation of SICs (373), 5) increase in neuronal excitability (959), and 6) modulation of LTP (959, 1334). There is also some limited information about modulation of neuronal function with astroglia-released GABA (900, 964) or TNF- $\alpha$  (1668); the latter was even reported to induce "gliogenic" LTP in the spinal cord (910)." (A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018).

<sup>3</sup> "Metabolic substrates".

<sup>4</sup> "Scavengers of reactive oxygen species".

<sup>5</sup> Особливо Cl<sup>-</sup>.

<sup>6</sup> Причому деякі речовини можуть вивільнятися кількома різними шляхами.

<sup>7</sup> У тому числі кисню, вуглекислого газу, протонів (pH), тобто рівня кислотності середовища: "Astrocytes throughout the brain possess an oxygen sensor linked to Ca<sup>2+</sup> signaling. Decrease in Po<sub>2</sub> triggered [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> increase in cortical astrocytes in vivo, in astrocytes from brain slices, and in astrocytes in primary culture (isolated from cortex, hippocampus, midbrain, and brain stem) (45). The threshold for triggering astroglial [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub> responses was determined at ~17 mmHg, being thus substantially lower than Po<sub>2</sub> threshold (~37 mmHg) in glomus cells of the carotid body (45). The actual oxygen sensor is associated with mitochondria; apparently hypoxia-induced reduction in respiration triggered production of ROS with subsequent activation of PLC and InsP<sub>3</sub>-induced Ca<sup>2+</sup> release from the endoplasmic reticulum. Hypoxia-induced Ca<sup>2+</sup> signaling was claimed to initiate tetanus-toxin-sensitive (i.e., vesicular) ATP release from astrocytes; in the brain stem, this ATP in turn activated neuronal circuits responsible for respiration. Inhibition of astroglial ATP secretion suppressed hypoxia-induced increases in respiratory rate (45). Astrocytes in the brain stem (in retrotrapezoid nucleus) act as central chemosensors for CO<sub>2</sub> and pH."

<sup>8</sup> "Activity of the brain is linked to local circulation, and increase in neuronal firing rapidly trigger vasodilatation of small vessels localized within ~200–250  $\mu$ m from the site of increased neuronal activity. This is known as functional hyperemia that was discovered by Angelo Mosso (1159) and by Charles Roy and Charles Sherrington (1512), who postulated that "... the brain possesses an intrinsic mechanism by which its vascular supply can be varied locally in correspondence with local variations of functional activity" (1512)." (A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018). Див. також: J.A. Filosa, J.A. Iddings, 2013; C. Howarth, 2014; J. A. Filosa та співавт., 2015; B. A. MacVicar, E. A. Newman, 2015; M. F. Muñoz та співавт., 2015.

<sup>9</sup> "Notably in the adult awake behaving brain, astroglial calcium signaling is almost exclusively governed by the noradrenergic input from the locus coeruleus." (A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018).

<sup>10</sup> "The sleep/wake cycle is associated with complex changes in astroglia (203). The astroglial transcriptome undergoes significant remodeling, with 1.4% of all transcripts showing changes in expression in sleep versus wakefulness (130). Astrocytes express 396 unique genes associated with wakefulness and 55 with sleep (130); at the same time, sleep does not affect the oligodendroglial transcriptome (131). Changes in astroglial transcriptome parallel morphological plasticity: sleep deprivation increases astroglial synaptic coverage in prefrontal cortex (130). To the contrary during normal sleep, the extracellular volume increases, which is likely to be mediated by changes in astroglial morphology (1899). Further evidence links astrocytes to fundamental elements of the sleep homeostat associated with an elevation of brain adenosine content in the wake state (1398, 1740). Conditional expression of dnSNARE in astrocytes (which apparently suppresses vesicular release of ATP and neurotransmitters; see sect. XI B) resulted in a reduced sleep pressure as well as prevented compensatory increases in sleep time following sleep deprivation in healthy wild-type animals (628). Very similar changes in sleep/wake behavior were observed in animals subjected to the intracerebroventricular infusion of adenosine A<sub>1</sub> receptor antagonist, 8-cyclopentyl-1,3-dimethylxanthine (CPT) (628). These observations have not been universally confirmed because the interstitial level of adenosine has been found unchanged in dnSNARE mice (540). The adenosine A<sub>1</sub> receptor pathways were also found to underlie increased sleep pressure under acute (induced by peripheral administration of lipopolysaccharide, LPS) inflammatory conditions (1183). It was further found, by using biosensor-based monitoring, that adenosine concentration indeed increases during wakefulness and sleep deprivation (1571). The astrocyte-sleep connection was further corroborated in experiments using astroglia-expressed channelrhodopsin-2: optical stimulation of hypothalamic astrocytes was found to induce sleep (1359). Finally, astrocytes may regulate sleep-wake cycle through a completely different mechanism, associated with dynamic ionostatic control of extracellular ionic composition (432)." (A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018).

тримання структурності мозку<sup>1</sup>, тобто топології нейронної мережі<sup>2</sup>, причому, скоріш за все, їхній вплив на психічний процес здійснюється не лише "загальнометаболічними" механізмами<sup>3</sup> (*Ibid.*). Нарешті, астроцити є важливим фактором обмеження деструктивного впливу позамозкових елементів імунної системи на мозок (*U. Gimsa та співавт., 2013*), і водночас вони певною мірою володіють функцією антигенпрезентації, здатні продукувати значну кількість імуномодуляторів<sup>4</sup>. Думаємо, цілком очевидно, що лівова частка цих плуральних функцій реалізується астроцитами у тому числі на рівні синапсів. Отже, чи задовільні наші уявлення про синапс мозку без урахування хоча б астроцитарного фактора? І як цей фактор врахувати, знаючи гігантську широту спектру астроцитарно-синаптичних взаємодій? А ще, окрім синаптичної, слід підозрювати, щонайменше, нейронну, модульну і регіонарну специфічність: лише у функціонально-морфологічному мезоскопічному плані, приміром, у мозку щура описують 737 різних ділянок (*X. Fan, H. Markram, 2019*<sup>5</sup>).

І це лише малий сегмент умов, котрі повинна охопити будь-яка пристойна "цифрова модель" функції не лише синапсу<sup>6</sup>, а й мозку. Є й інші, і їх, як правило, не помічають оглядачі-популяризатори, а також фахівці з математичного моделювання, нейробіоніки й біофізики. Ось вони:

- наявність доволі частих щільних контактів між нейронами<sup>7</sup>, котрі слугують каналами для цитоплазматичного поширення електричних струмів<sup>8</sup> і основою електричних синапсів<sup>9</sup>;
- вірогідність існування міжнейронних синцитієвих цитолемних нанотрубок<sup>10</sup> — одного з альтернативних цитоплазматичних контактів між нейронами мозку;
- наявність мікровезикулярного обміну елементами транскриптому, протеому і (можливо) геному<sup>11</sup> між клітинами мозку<sup>12</sup>;
- реальність ектопічного, локалізованого у дистальних відділах аксона, генерування потенціалів дії<sup>13</sup>;

<sup>1</sup> "The main and most fundamental function of astroglia is sustaining homeostasis at all levels of CNS organization. ... Astrocytes are the supportive cells of the CNS, and they provide this support on all levels of organization of the nervous tissue." (*A. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018*).

<sup>2</sup> Див., наприклад: *M. López-Hidalgo, J. Schummers, 2014*.

<sup>3</sup> *A. Verkhratsky і M. Nedergaard, (2018): "Do astrocytes directly contribute to higher cognitive functions of the brain? Are astroglial cells contributing to emotions, learning, memory, and generation of thoughts? The finding that electrically silent astrocytes can instigate Ca<sup>2+</sup> signals in neighboring cocultured neurons (1203, 1328) sparked an interest in studies of glial-neuronal signaling. Initial findings prompted the provoking question of whether astrocytes can modulate or even contribute to synaptic transmission. The answer, generally, is positive, as first documented by multiple groups in 1998 (59, 822, 1478). A myriad of studies, using a variety of techniques, has since expanded this concept to almost all regions of the brain and the spinal cord. It is now universally acknowledged that astrocytes can modulate both the intrinsic neuronal excitability and the strength of synaptic transmission (55, 393). ... Several indirect observations obtained in vivo indicate that astrocytic activity is associated with the state of arousal. For example, astrocytic Ca<sup>2+</sup> signals are strongly suppressed by anesthesia in intact animals (1581, 1748). Conversely, most, if not all, astroglial Ca<sup>2+</sup> signaling is mediated by norepinephrine in awake behaving mice (431, 1341, 1660). Norepinephrine is regarded as the "fight-or-flight" transmitter, which is released in response to environmental clues that require a reorientation in focus (575). It is presently accepted that activation of astrocytic α<sub>1</sub>-adrenoceptors account for >90% of spontaneous Ca<sup>2+</sup> signaling in awake behaving mice and that most, if not all, evoked Ca<sup>2+</sup> increases in response to startle responses or locomotion are similarly eliminated by the α<sub>1</sub>-adrenoceptors antagonists. However, the functional significance of the increases in astrocytic Ca<sup>2+</sup> that occur simultaneously across most brain regions in response to locus coeruleus activation has not been established. Possibly these signals prepare the brain for a surge in the metabolic rate and are coupled to glycogenolysis and vascular response (123, 575). However, the lack of mice with conditional deletion of astrocytic adrenergic receptors has for now prevented an analysis of the functional importance of astrocytic Ca<sup>2+</sup> signaling evoked by norepinephrine release from locus coeruleus projections. ... There are indications that process of learning is associated with astroglial changes. ... Only sporadic studies have approached the question of the role of astrocytes in cognitive function in vivo. ... A major task for the future is to define the importance of neuroglia signaling in awake behaving animals in the absence of pathology concurrently with use of physiologically relevant manipulations of astrocytes. ... human astrocytes are 15- to 20-fold larger than their rodent counterparts, while genomic analysis show a much more complex set of intracellular signaling pathways in human compared with mice astrocytes (see sect. VB3). Even more significantly, implantation of human glial cells progenitors into mouse brain revealed that humanized chimeric mice outperform their control littermates which received intraventricular engraftment of murine glial cells progenitors in several cognitive tests (FIGURE 34; Ref. 637)."* У цьому контексті цікава думка щодо "посередницької" ролі глії у контексті проблеми 'mind-body' (*T.A. Kato та співавт., 2013*).

<sup>4</sup> Передусім інтерлейкінів та хемокінів, завдяки котрим можуть підтримувати запальну відповідь на тлі патологічних станів (*C. J. Jensen та співавт., 2013*).

<sup>5</sup> З посиланням на: *C. Erö та співавт., 2018*.

<sup>6</sup> Цікаво, що до цього часу існують моделі енграмування інформації (*споглядуваних чи поведінкових епізодів, понять*) певними вузькими ділянками мережі — тригерами активації цільного мережевого кореляту запам'ятованого епізоду чи поняття, котрі у гіпокампі можуть окреслюватися кількома нейронами і синапсами ("pointer group"): розрахунки демонструють достатню для такої функції комбінаторну ємність синапсному гіпокампулярного комплексу (*їдеться про клітини-зерна зубчастої звивини — C.R. Legédy, 2017*).

<sup>7</sup> *N. Shigematsu та співавт., 2019*.

<sup>8</sup> *M. Ebner, S. Hameroff, 2011; A. Mercer, 2012*.

<sup>9</sup> *A. Münster-Wandowski та співавт., 2013*.

<sup>10</sup> *M. Tardivel та співавт., 2016; H.M. Nussenzweig, 2019; S. Bhat та співавт., 2020; S. Shanmughapriya та співавт., 2020*.

<sup>11</sup> Хоча б мітохондріального, — *S. Shanmughapriya та співавт., 2020*; див. також виноску 12 на с. 229 тому II.

<sup>12</sup> *C. Frühbeis та співавт., 2013; G. Schiera та співавт., 2019*.

<sup>13</sup> *T. Dugladze та співавт., 2012; F. F. Trigo, 2019*.

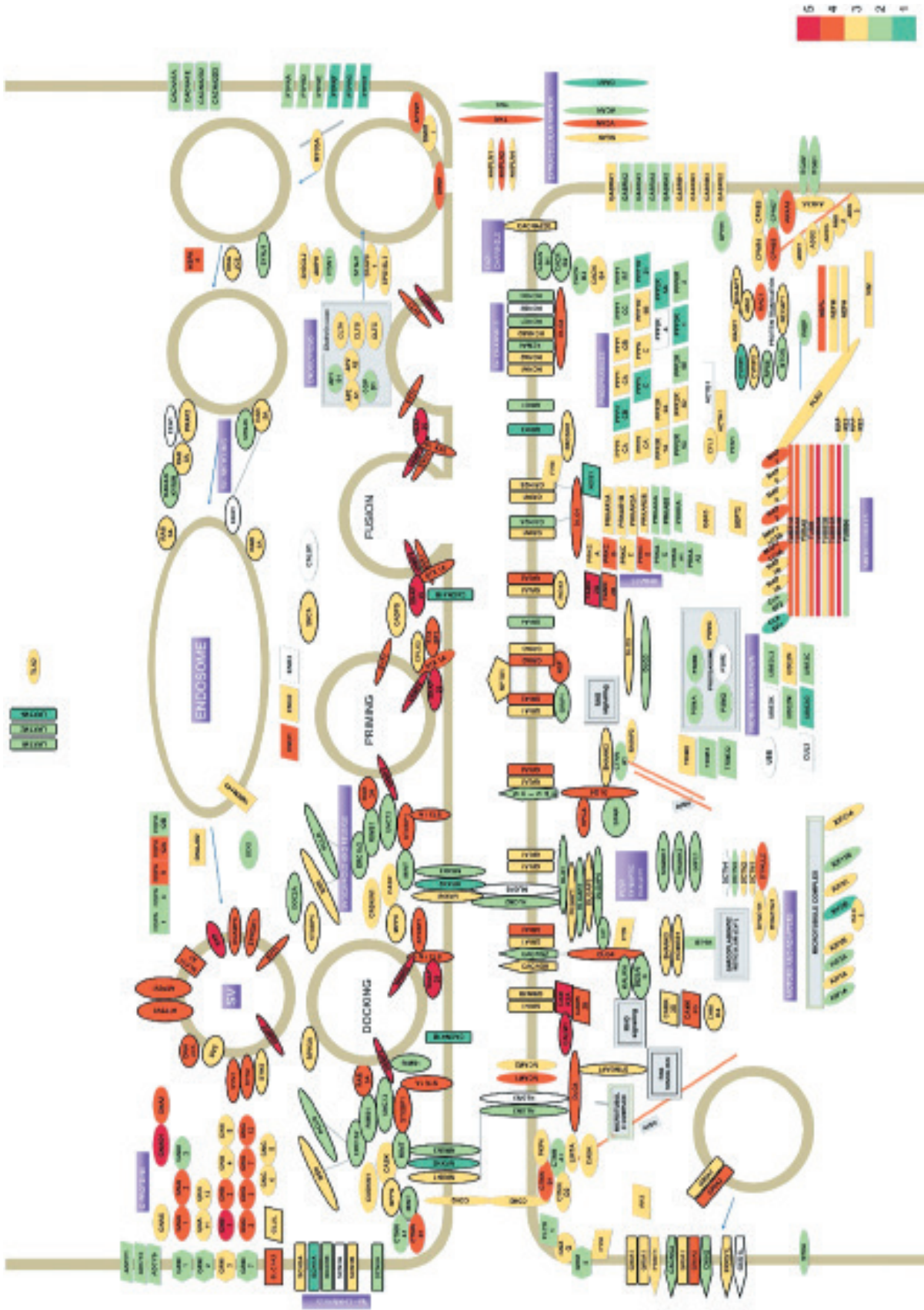
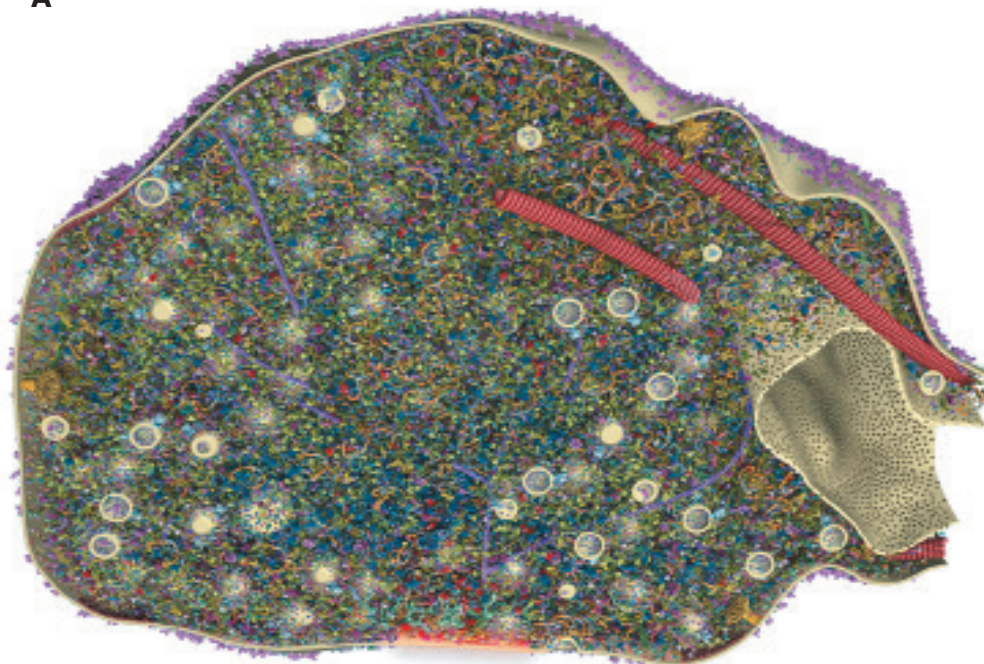


Рис. 90. Синаптичний протеом ссавців за версією F. Коортман та співавторів (2018). Які із цих білків експресуються у кожній синапті гліокампі, а також чи охоплює ця палітра усі білки синаптичного протеому гліокампі — не відомо

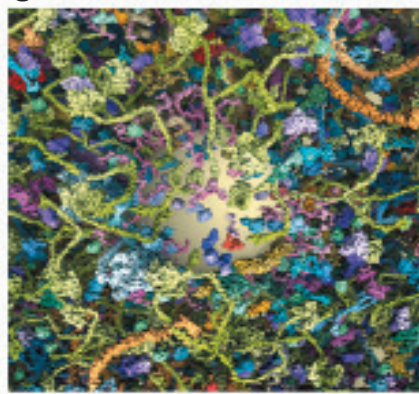
**A**



**B**




**C**



**D**

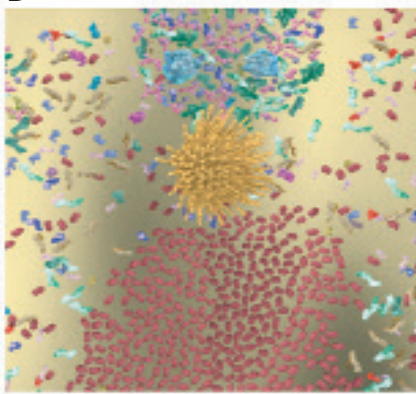


Рис. 91. Тривимірна модель білкової організації ординарної пресинаптичної терміналі, виконана з урахуванням наявності у ній певної, спеціально розрахованої на основі емпіричних даних, кількості копій 60 ключових синаптичних протеїнів. Їхній перелік подано праворуч. В.G. Wilhelm та співавтори (2014)

- принципова можливість зміни медіаторного фенотипу зрілого нейрона<sup>1</sup>;
- наявність у мозку ГАМК/глутаматергічних та інших змішаних синапсів<sup>2</sup>;
- можливість пластичності не лише збуджувальних, а й гальмівних синапсів<sup>3</sup>;
- надкомплексність механізмів і глобальна широта дії ендогенних нейромоделюляторів<sup>4</sup>;
- наявність суттєвих для збудливості нейронів впливів не лише астроцитарної, а й олігодендроцитарної<sup>5</sup> та мікроглії<sup>6</sup>;
- наявність особливого виду гліоцитів мозку — NG2-позитивних<sup>7</sup> попередників олігодендроцитів, з котрих нейрони встановлюють регуляторні синапси<sup>8</sup>;
- можлива інтегральна роль глії у вищих психічних функціях<sup>9</sup>;
- принципова можливість стимулюючого чи гальмівного впливу аутоантитіл до епітопів основних нейро-медіаторних рецепторів<sup>10</sup>;
- можливість впливу імунних елементів, їхніх регуляторів<sup>11</sup> та фагоцитарної активності астроцитів і мікроглії<sup>12</sup> на функцію основних нейро-медіаторних систем<sup>13</sup> і нервової системи загалом<sup>14</sup>;
- факт експресії нейронами елементів МНС-I-антигенпрезентуючого комплексу<sup>15</sup> з синаптичною функцією<sup>16</sup>;
- наявність варіацій геному<sup>17</sup> нейронів мозку — генетичний соматичний мозаїцизм<sup>18</sup>, що може слугувати одним з механізмів набуття генетичної<sup>19</sup> нейронспецифічності, котра може збільшувати складність та

<sup>1</sup> D. Dulcis, N. C. Spitzer, 2012; N. C. Spitzer, 2012, 2015; L. N. Borodinsky, Y. H. Belgacem, 2016.

<sup>2</sup> R. Gutierrez, 2003, 2015; A. Münster-Wandowski та співавт., 2013; Y. Saito та співавт., 2014.

<sup>3</sup> G. Hennequin та співавт., 2017.

<sup>4</sup> У якості прикладу — ендоканабіноїди; A. Gorzkiewicz, J. Szemraj, 2018.

<sup>5</sup> V. Gundersen та співавт., 2015; G. Seifert, C. Steinhäuser, 2018.

<sup>6</sup> R. M. Ransohoff, A. E. Cardona, 2010; H. Kettenmann та співавт., 2011; A. Aguzzi та співавт., 2013; R.-R. Ji та співавт., 2013; V. Gundersen та співавт., 2015; S. A. Wolf та співавт., 2017; E. M. York та співавт., 2018.

<sup>7</sup> NG2 — *nerve/glia antigen 2*.

<sup>8</sup> Важливі для регуляції проліферації, диференціювання і мієлінізаційної активності NG2-гліоцитів; Q.-K. Yang та співавт., 2013.

<sup>9</sup> T. A. Kato та співавт., 2013.

<sup>10</sup> На даний час з'ясовується лише роль у патологічних станах; B. Diamond, 2009; J. Dalmau та співавт., 2017.

<sup>11</sup> Цитокінів, хемокінів тощо; R. Dantzer, 2018.

<sup>12</sup> H. D. VanGuilder та співавт., 2011.

<sup>13</sup> D. Y. A. A. Wahab та співавт., 2019.

<sup>14</sup> У тому числі на поведінкову активність організму (R. Dantzer, 2018) чи на залежні від гіпокампа когнітивні функції (H. D. VanGuilder та співавт., 2011); цікаво, що імуносупресант циклоспорин А при системному введенні, окрім типового впливу, обумовлює збільшення активності нейронів острівця і мигдалеподібного комплексу, що може обумовлюватися дією на хеморецепторні ділянки мозку зі збільшеною проникністю ГЕБ, наприклад, *area postrema* і NTS (G. Pacheco-Lopez та співавт., 2013).

<sup>15</sup> J. M. Redwine та співавт., 2001; N. Escande-Beillard та співавт., 2010.

<sup>16</sup> A. Ribic та співавт., 2010.

<sup>17</sup> А отже, транскриптому і протеому.

<sup>18</sup> A. Poduri та співавт., 2013; M. J. McConnell та співавт., 2017. Сучасні дані свідчать про рівень у 1000–1500 одноступеневих варіацій у геномі одного нейрона, 10–41 % нейронів кори лобової частки людини містить хоча б одну варіацію кількості копій [ділянок геному] (*'copy number variants'*; оглянуто M. J. McConnell та співавт., 2017). Цей же фактор важливий для розуміння генезу мозкової патології (T. A. Bedrosian та співавт., 2016) — психічної (T. R. Insel, 2014; M. J. McConnell та співавт., 2017) та нейродегенеративної (M. J. Keogh та співавт., 2018), конкретніше — хвороби Альцгеймера (M.-H. Lee та співавт., 2018), епілепсії (H. Y. Koh, J. H. Lee, 2018) і вад розвитку мозку (A. Poduri та співавт., 2013). Причому підозрюють, що збільшення ймовірності та частоти патологічних мутацій у нейронах залежить від зовнішніх впливів (*"Accumulating evidence suggests that environmental factors drive some types of somatic mutations... Somatic mosaicism resulting from retrotransposition or other types of mutations may represent a bridge between environmental and genetic factors that predispose individuals to brain disorders."* — T. A. Bedrosian та співавт., 2016), а сам мутагенез може відбуватися на рівні стовбурових чи незрілих клітин мозку, що розвивається (M. J. Keogh та співавт., 2018). Мозаїчна анеуплоїдність генів статевих хромосом, щонайменше у DLPCF, мозочку і серед клітин крові має певні кореляції з функцією когнітивної сфери у контексті хвороби Альцгеймера (E. J. Graham та співавт., 2019). Найімовірніше, ці дані описують те ж явище, що й результати ряду інших робіт, присвячених анеуплоїдності окремих нейронів мозку (S. C. Rehen та співавт., 2001; K. Herrup, Y. Yang, 2007; H.-G. Fischer та співавт., 2012; A. C. M. Paquola та співавт., 2016; J. M. Frade, N. López-Sánchez, 2017; M. J. McConnell та співавт., 2017; R. Sharma та співавт., 2017; E. Barrio-Alonso та співавт., 2018; J. Caneu та співавт., 2018; M. Leija-Salazar та співавт., 2018; B. M. Verheijen та співавт., 2018; D. Villela та співавт., 2018). Враховуючи наявну інформацію стосовно спонтанного злиття МСК і нейронів Пуркінє (M. Alvarez-Dolado та співавт., 2003; J. M. Weimann та співавт., 2003; K. Kemp та співавт., 2011, 2012, 2014, 2016; D. Diaz та співавт., 2012; див. також C. Cusulin та співавт., 2012), а також щодо мутагенності МСК (J. Kim та співавт., 2009; D. J. Proctor, 2010; K. Kono та співавт., 2015; T. Borgonovo та співавт., 2015; B. G. Stultz та співавт., 2016; V. Nikitina та співавт., 2018; E. Karaöz, F. Tereköy, 2019) і клітин крові (E. J. Graham та співавт., 2019), не можна виключати і МСК-залежне привнесення мутацій у нейронну популяцію мозку, що може мати як патологічне, так і диверсифікаційне фізіологічне значення, як фактор ускладнення архітектури, тобто функціональної топології нейронної мережі (див. том II, с. 422-424).

<sup>19</sup> А не лише епігенетичної, транскриптомної чи протеомної.



індивідуальну особистісну неповторність функціональної топології мереж, а тому — індивідуальну непередбачуваність функції мозку;

- наявність квазімережевої і квазіобчислювальної архітектури складних макромолекулярних комплексів клітини<sup>1</sup>;
- вплив мікроциркуляції на функцію глії, синапсу і нейронних мереж<sup>2</sup>;
- вплив судинної пульсації, локальної температури речовини мозку, ендогенного електромагнітного поля й ендогенних біофотонів на функцію нейронних мереж<sup>3</sup>;
- можливість формування хімічних (*вуглеводневих*) корелятивів певної інформації на рівні клітинних мембран<sup>4</sup>;
- реалістичність акустичної комунікації між компартментами цитостоми нейрона у контексті обробки і передачі фізико-хімічних корелятивів інформації<sup>5</sup>.

Зауважимо, що підставою для припущень стосовно винятковості саме людського мозку є не лише його лідерство у ряді кількісних структурних показників, а й те, що завдяки здатності людини до самоусвідомленого самовідображення (*хоч як незграбно це не звучить*) реалізація функціональної значимості елементів спостережуваної частини світу у сенсі значущої їх участі у обговорюваних процесах може виявитися максимальною, тобто торкатися найтонших рівнів матеріального буття. За таких умов єдиною запорукою істотного, а не примарного "*розсунення стін*" світу буття людини під час її пізнавального розвитку є, щонайменше, "*багатолюддя*", тобто множинність феномену особистості й ускладнення поведінки світу внаслідок його "*спряження з мозком*" іншого чи інших суб'єктів.

## відступ 2: про іншого

Думки, розкриті у цьому відступі, уже побіжно репрезентувались читачу наприкінці останньої глави<sup>6</sup>. Зараз відмітимо наступне. Видається аргументованим припущення, що поєднання елементів спостережуваної частини Всесвіту, створення умов для реалізації між ними певних взаємодій обумовлює збільшення кількості їхніх виявних станів<sup>7</sup>, розкриває певні їхні властивості, "*приховані*" за умов "*ізольованого буття*" кожного з них<sup>8</sup>. Якщо існують засоби більш-менш надійного<sup>9</sup> співставлення хоча б якихось станів певного розглядуваного сегмента світобудови зі станом іншого/інших елементів чи їхніх груп, слід очікувати існування ділянок Всесвіту, де у силу високоспецифічних для такого сценарію передумов реалізуватимуться різні механізми відображення широкого. Звичайно, навіть за відсутності такого механізму елементи Всесвіту, взаємодіючи один з одним, створюють ситуацію тривіального "*перманентного самовідображення Всесвіту*". Однак, зараз йдеться про механізм, при якому, приміром, структура і властивості — тобто функціональна топологія певних множин елементів Всесвіту відображається із достатньою для відтворення точністю на значно компактнішу у просторовому сенсі множину аналогічних елементів<sup>10</sup>. Така множина, виникаючи як результат надзвичайно малоймовірного ланцюга облаштувальних подій і обставин, володіє набагато складнішою функціональною топологією, ніж решта Всесвіту. Іншими словами, скидається на те, що на даний час у Всесвіті існують засоби поступового розкриття властивостей його елементів шляхом поглиблення відображення різноманітних його частин на певну його ділянку, із залученням тонших рівнів

<sup>1</sup> A. Tozzi, 2015. Приміром, йдеться про рибосоми (*Y. Timsit, D. Bennequin, 2019; рис. 92*), що особливо цікаво на тлі інформації про нестабільність рибосомальної ДНК під час хронічних нейродегенеративних процесів (*J. Hallgren та співавт., 2014*).

<sup>2</sup> J. S. Coggan та співавт., 2018.

<sup>3</sup> Див. том II, с. 440-444.

<sup>4</sup> J. Wells, 2014.

<sup>5</sup> Див. том II, с. 415, 418 і 421.

<sup>6</sup> Див., наприклад, виноску 10 на с. 192 цього тому.

<sup>7</sup> Виявних для певних спостерігачів — розумних у звичному для нас сенсі суб'єктів, а також "для" інших елементів (*мається на увазі станів, значимих для будь-яких медіаторів взаємодій; виникає побічне і недоречне тут питання: чи можливі невиявні стани?*).

<sup>8</sup> Грамотний з філософської точки зору читач у цьому реченні легко перечепається через кілька "точок", котрі потребують означення, тобто розкриття смислу, який вкладає у використані терміни автор. І все ж, залишмо це до часу.

<sup>9</sup> Відтворюваного, рутинно вживаного.

<sup>10</sup> Або навпаки: елементи тонших рівнів улаштування Всесвіту у цій ділянці знаходять відображення на елементах значно більшого масштабу.

організації. Більш того, таку ділянку<sup>1</sup> можна розглядати не тільки і не стільки як деяке місце складнішого, міжрівневого самовідображення Всесвіту, його нового міжрівневого єднання<sup>2</sup>, а й як місце розкриття<sup>3</sup> нових властивостей чи рівнів улаштування. Деякі із цих новорозкритих властивостей чи рівнів улаштування вповні можуть реалізовуватися у решті Всесвіту<sup>4</sup>.

Ми уже згадували, що особливістю високоорганізованих просторових конгломератів матерії (до яких на даний час відносимо живе) є здатність їхніх елементів формувати замкнуті топології взаємодій, завдяки яким вплив частини ампліфікується (підсилюється) і стає значимим на рівні цілого, а стан цілого, у свою чергу, "фокусується" визначає стан більшості (чи навіть кожної) частини. Якщо б топологія взаємодій між елементами такої системи відповідала матриці "все з усім" — її статус, мабуть, слід було б описати у межах категорії антидискретного простору. У такому випадку принцип впливу елементів на сукупність і сукупності на елементи реалізувався б *per se*: у об'єкта з такою, тривіальною топологією неможливо виокремити частини<sup>5</sup>. У всіх інших, реальних системах цей принцип реалізується процесуально, розгортаючись у часі: збурення (зміна стану) певної групи елементів обумовлює через певний період зміну стану усієї системи, що обумовлює зворотній вплив на первинно збурені елементи. Такий сценарій, вповні очевидно, у залежності від внутрішньої топології розглядуваного об'єкта і фізичних характеристик взаємодій між його елементами, схематично охоплених цією топологією<sup>6</sup>, є основою коливних процесів різного стибу, тривалості, масштабу тощо. Осягнути тривалість його рутинної реалізації у межах мозку, зважаючи на відсутність задовільних знань про топологію нейронних мереж, параметрів розглядуваних тригерів і ще багатьох інших даних, — неможливо (див. том III, с. 185-195). Мабуть, у кожному окремому випадку умовно дискретного інформаційного впливу на мозок<sup>7</sup> цей процес зупиняється у деякому рівноважному стані, для котрого характерне розкриття "роздільної здатності" мозку як системи обробки інформації — реалізація функцій тих найдрібніших його елементів, стан котрих ще чинить значущий вплив на розглядуваний бік його функції і, крім того, істотно змінюється під час функціонування мозкової системи обробки інформації. Зрозуміло, що фізичний розмір таких елементів визначатиме інформаційну ємність мозку.

Далі. Раціональне розкриття (пізнання, усвідомлення) мозкових механізмів пізнавального ж процесу і введення цих знань у рутинний вжиток створює можливості для хоча б часткового, не точного, фонового чи якогось іншого висвітлення мозкових<sup>8</sup> корелятивів чи механізмів когнітивного процесу у сфері свідомості у режимі актуального часу. Іншими словами, якщо зараз мислительний процес у людей, котрі віддаються цьому заняттю, супроводжується специфічною аурую соматичних відчуттів на рівні церебральної частини голови (у декого — ще й серця), подальше розширення рутинних уявлень про церебральні механізми цього процесу, на нашу думку, супроводжуватиметься розширенням корелятивів інструментарію когнітивного процесу у сфері свідомості, "очуттєвленням", приміром, мережевої динаміки мозку (а не лише її деяких всемозкових наслідків), молекулярно-генетичних перетворень на рівні синапсів і нейронів тощо.

<sup>1</sup> Або такі ділянки; для самовільної їх появи у Всесвіті необхідно дуже багато часу, див. концепцію "больцманівського мозку" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann\\_brain](https://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_brain); 07.10.2021 р.).

<sup>2</sup> Оскільки однаковими матеріальними засобами відображаються структури різного рівня організації Всесвіту.

<sup>3</sup> Чи створення — залежно від філософських і світоглядних вподобань читача.

<sup>4</sup> Такий сценарій не є екстраординарним. Наприклад, завдяки металургійним технологіям з поширеної залізорудної сировини можуть вилучати залізо у складі чавуну чи феросплавів й отримувати різноманітні види сталі, котра поширюючись на увесь широкіс є фактором його хімічного урізноманітнення і, особливо у руках людини, — фізичного перетворення. Так само і у розглядуваному випадку: розкриті у межах мозку чи поруч (у ділянках Всесвіту, долучених до мозку через спеціальні засоби фізичного зв'язку і впливу), можуть поширитися на широкіс звичними, відомими на даний час чи "позапаштунковими" шляхами. У якості останніх можна розглядати такі, що стосуються самого улаштування простору і часу, тобто їх імплементація у буття Всесвіту "відбувається" у інший, аніж регламентований властивостями простору і часу спосіб.

<sup>5</sup> Знову ж таки, це твердження вимагає пояснень: у нашому світі теж неможливо абсолютно виокремити жоден з елементів. Чи означає це, що перелік інструментів його топологічного опису вичерпується антидискретним простором? Ні. Отже питання, як завжди, у межах спрощення, у виборі оптимальної для вирішення поставленого завдання схеми цієї процедури і отримання задовільної математичної моделі досліджуваного об'єкта.

<sup>6</sup> За однією з точок зору, у граничному висліді реалізація дослідницької програми у царині фізики приведе до топологічного описання усіх рівнів світобуття (див. хоча б [https://en.wikipedia.org/wiki/Theory\\_of\\_everything](https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_everything)).

<sup>7</sup> Йдеться про звичний для сучасної психофізіології варіант сприйняття і усвідомлення інформації особистістю за участю її головного мозку.

<sup>8</sup> Мережевих, нейронних, синаптичних, молекулярно-генетичних тощо.

Розвиток такого шляху, можливо, відкриватиме шлях до певного освітлення (*імплементація у сферу свідомості*) й уконтролення матеріальної, тілесної складової когнітивного (*і ментального загалом*) процесу, привнесення до мисленнєвих операцій над абстрактними об'єктами у сфері свідомості певних рис "наочно-дійового", топологічного боку дійсності, що, можливо, сприятиме оптимізації мислительного процесу задля отримання необхідного результату.

Крім того, вичерпання варіативності мозку у межах звичних — молекулярно-генетичного, синаптичного, нейронного і мережевого рівнів організації матерії, за умови перманентної вимоги отримання необхідного результату, може сприяти формуванню певних "оформлених", "унормованих", прив'язаних до уже використовуваних засобів керування, властивостей і феноменів інших або нижчих рівнів організації — електромагнітного<sup>1</sup>, акустичного, гідродинамічного і твердотілого механічного<sup>2</sup>, термодинамічного<sup>3</sup>, ядерного<sup>4</sup>, квантового<sup>5</sup> і поки що невідомого "доквантового"<sup>6</sup>. Хоча, можливо, що такого роду інтеграції уже існують, забезпечуючи гігантський, неусвідомлений нами об'єм актуальної варіативності мозку, складності його функціональної топології і швидкодії, без чого реалізація феномену особистості була б неможлива.

Сценарій поступового, усвідомленого чи мимовільного розкриття властивостей тканини Всесвіту у межах саме мозку або уже наявної інтеграції різних, на даний час ще невідомих науці рівнів організації матерії у мозку сучасної людини видається нам вповні реалістичним. Адже людина уже зараз, окрім простих, сказати б, "мезоскопічних" зрарядь праці, використовує також і явища з інших рівнів організації матерії — від клітинного до квантового, створивши засоби "доступу і керування" відповідними біологічними, хімічними чи фізичними об'єктами. Завдяки такому "міжрівневому інтерфейсу" стає можливою ретрансляція властивостей цих рівнів на "мезоскопічний", "людський" рівень організації Всесвіту. У мозку засоби "міжрівневого інтерфейсу" можуть бути улаштовані за замовчуванням; можливо, деякі з них на даний час наявні у первинній, "зачатковій" формі, котра має потенціал для подальшого усвідомленого або ж мимовільного (*запрограмованого чи ймовірнісного*) розвою у вишукану машинерію долучення інших, на перший погляд небіологічних рівнів організації матерії до функції генераторів матеріальних корелятивів ментального процесу.

Очевидно також, що деякі рівні організації матерії розкриваються "періодично". Наприклад, спершу квантовий рівень виявляється у організації атомів і субатомарних об'єктів у якості основного, потім — "епізодично"<sup>7</sup>, у деяких, функціонально важливих ділянках макромолекул<sup>8</sup> чи у місцях їх взаємодії, далі, хочеться сподіватися — у певних ділянках клітини, згодом, — у деяких місцях людської ойкумени<sup>9</sup> тощо. Це відбувається, як уже зазначалося, завдяки існуванню засобів доступу на тонші рівні буття, котрі (*засоби*), влаштовуючи особливу просторову і часову архітектуру перетворень енергії, "дорозкривають" деякі властивості тонших рівнів. Приміром, варіативний і функціональний потенціал клітинного геному найістотніше розкривається не у одноклітинних, а у межах складних багатоклітинних організмів, котрі усіщують різні рівні організації — дискретний клітинний<sup>10</sup>, тканинний, органний і цілісний, що дозволяє відтворити

<sup>1</sup> Емісія і рецепція біофотонів; див. том II, с. 440-444..

<sup>2</sup> Механогенна активність клітин, тканин, органів і рідин, механоцепція; див. том II, с. 407-424.

<sup>3</sup> Термопродукція і терморцепція, міжклітинна "термокомунікація" тощо; див. том II, с. 424-440.

<sup>4</sup> Примарне явище ядерних перетворень у живих об'єктах; [https://www.researchgate.net/publication/325868201\\_About\\_the\\_existence\\_of\\_nuclear\\_reactions\\_in\\_biological\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/325868201_About_the_existence_of_nuclear_reactions_in_biological_systems), 29.09.2021; Nuclear Transmutation of Stable and Radioactive Isotopes in Biological Systems. V. I. Vysotskii, A. A. Kornilova, 2010, Motilal UK Books of India, 208 p.

<sup>5</sup> Див. том III, с. 175-177.

<sup>6</sup> Див. припущення Р. Пенроуза, том III, с. 176 і 177, а також <https://gorky.media/reviews/konechniy-avtomat-na-predohranitelepochemu-my-vse-eshhe-ne-vo-vlasti-iskusstvennogo-intellekta/> (28.09.2021 p.). Йдеться про використання у "ментально-когнітивному ключі" елементів квантового, а можливо, й невідомого сучасній фізиці рівня улаштування буття, котрий не знаходить реалізації у інших ділянках Всесвіту, під час навіть найдраматичніших пертурбацій. Іншими словами, ми, всід за Р. Пенроузом (*щоправда, з інших міркувань*), бачимо перспективну ідею про реалізацію на рівні мозку фізичних взаємодій, котрі на даний час ще не описані квантовою теорією і котрі, мабуть, стануть предметом розгляду нової теорії світобуття — *idée fixe* інтелектуалістської частини людства.

<sup>7</sup> Оскільки квантово-механічне "вкорінення" отримали все ще далеко не всі закони молекулярного рівня організації матерії; [https://en.wikipedia.org/wiki/Intermolecular\\_force#Quantum\\_mechanical\\_theories](https://en.wikipedia.org/wiki/Intermolecular_force#Quantum_mechanical_theories).

<sup>8</sup> Див. квантово-механічну інтерпретацію міжмолекулярних взаємодій; [https://en.wikipedia.org/wiki/Intermolecular\\_force#Quantum\\_mechanical\\_theories](https://en.wikipedia.org/wiki/Intermolecular_force#Quantum_mechanical_theories).

<sup>9</sup> Див., наприклад, [https://en.wikipedia.org/wiki/Large\\_Hadron\\_Collider](https://en.wikipedia.org/wiki/Large_Hadron_Collider).

<sup>10</sup> Клітини крові, мобільні клітини імунної системи.

складну просторову архітектуру, достатню для улаштування і підтримання найскладніших форм взаємодії клітин.

Для уявлення про можливий потенціал варіативності на різних щаблях організації живого лише зазначимо, що у середньостатистичній клітині людського тіла, ймовірно, міститься<sup>1</sup>  $\sim 10^{11}$  молекул, причому  $\sim 10^{10}$  — білкових. Якщо б у живій клітині середня кількість атомів у молекулі складала 100, кількість атомів у мозку повинна була б сягати<sup>2</sup>  $\sim 2 \times 10^{24}$ . Оцінка ж варіативності станів "ординарного атома" з квантовомеханічної точки зору — виходить за межі нашої компетентності.

А тепер, головне. Із філософської і навіть богословської точки зору перевага варіативності широкого над варіативністю мозку мала б хороше пояснення: для того, аби людина відчувала свободу дій, чи, якщо хочете, виходячи з очевидності свободи дій людини, величезна інформаційна ємність її мозку, немислима без гігантської варіативності, повинна бути перевершеною в оточенні. Однак, наведені вище розрахунки свідчать про щонайменше паритет, а мабуть і про перевагу варіативності живого над неживою частиною спостережуваного Всесвіту. У зв'язку із цим виникає питання: чи може щось, перебуваючи з топологічної точки зору у Всесвіті, перевищувати його інформаційною ємністю, тобто варіативністю, що дозволить відобразити його (і себе самого) на себе? Ситуацію помітно рятує множинність живих "відображувачів" і, головне — суб'єктів. Оскільки для особистості широкі, позбавлений ІНШОГО, тобто іншого суб'єкта, скоріш за все, виявився б безнадійно мілким і тісним, навіть якщо по самі вінця наповнити живими, проте неособистісними, немислячими істотами.

Однак усе людство загалом — як воно не вилазить з-під ковдри простору, у котру вкрито над безоднею небуття? Чи, можливо, воно уже частково поза нею? Чи, вдосконалюючись пізнанням Всесвіту, воно у серцевині власного "пізнавально-відображального" апарату за замовчуванням ускладнює Всесвіт, простір і час, розширюючи їх для себе? А можливо, воно таки отримало Всесвіт "на виріст"? І настане час, коли без тямущого Кравця не обійтись?

Хай там як, існує кілька варіантів "відповідання" на поставлене питання. **1)** Людина, будучи щонайменше двоскладовою істотою, "містить компонент", котрий, дотикаючись до її ж "внутрішньопросторової складової" — тіла, не належить у топологічному сенсі ординарному простору. Це звичайна для багатьох релігійних доктрин антропологічна модель. У деяких її варіантах є натяки на те, що і тіло, будучи за певних есхатологічних обставин одухотворене, потребуватиме іншого широкого для свого існування. У зв'язку з чим у Писанні натякається на грядущу заміну постарілих землі і небес у майбутньому (Пс. 101:26–28<sup>3</sup>; Євр. 1:10–12), а також про "... нове небо і нову землю, бо перше небо і перша земля минули, і моря вже нема" (Апок. 21:1<sup>4</sup>). **2)** Людина — односкладова істота, однак, можливо, й спроможна у майбутньому вийти за межі простору чи Всесвіту, однак не Мультиверсуму<sup>5</sup>, "перевершити" котрий у межах цієї концепції, ймовірно, неможливо. Натомість, когнітивне вдосконалення людини вповні може виявитися унікальним механізмом розкриття і реалізації певних потенційних властивостей Мультиверсуму. **3)** Радикальніший людиноцентричний підхід: Всесвіт у його теперішній формі і властивостях існує виключно завдяки існуванню феномену людини, оскільки найфундаментальніші закони його (Всесвіту) буття укорінені і знаходять реалізацію виключно у межах феномену мисленнєвого, особистісного осередку — серцевини людини. За такого підходу й залишаючись на позиції односкладовості людини, її удосконалення за замовчуванням обумовлює вдосконалення й

<sup>1</sup> "... the number of molecules in a typical human cell is somewhere between 5 million and 2 trillion ..." (<https://www.quora.com/How-many-molecules-are-inside-one-cell>), тобто, якщо автори користуються так званою "короткою шкалою" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Long\\_and\\_short\\_scale](https://en.wikipedia.org/wiki/Long_and_short_scale)), це число перебуває у межах від  $5 \times 10^6$  до  $2 \times 10^{12}$ ; "Extrapolating these protein densities to mammalian cells a value of about  $10^{10}$  proteins per cell is predicted for characteristic cell lines that have average volumes of 2000–4000  $\mu\text{m}^3$ " (<http://book.bionumbers.org/how-many-proteins-are-in-a-cell/>).

<sup>2</sup> Беручи до уваги, що маса мозку людини у  $\sim 50$  разів менша, ніж маса тіла, а кількість клітин — у  $\sim 180$  разів, в усьому тілі кількість атомів, при таких розрахунках, повинна перебувати на рівні  $\sim 10^{26}$ . Нагадаємо, що кількість клітин людського, згідно з Е. Bianconi та співавторів (2013), складає  $\sim 3,72 \times 10^{13}$ , а кількість клітин мозку, виходячи з наведених на початку розділу даних, —  $\sim 175\text{--}200$  млрд, тобто  $1.75 \times 10^{11}\text{--}2 \times 10^{11}$ .

<sup>3</sup> "На початку Ти, [Господи,] землю створив, і небеса — діло рук Твоїх. Вони загинуть, Ти ж існуватимеш; вони, наче риза, постаріють; як одягу, переміниш їх, і вони зміняться." (Біблія: Книги Священного Писання Старого та Нового Завіту. К.: Видання Київської Патріархії Української Православної Церкви Київського Патріархату, 2004: 1079 с).

<sup>4</sup> Біблія: Книги Священного Писання Старого та Нового Завіту. К.: Видання Київської Патріархії Української Православної Церкви Київського Патріархату, 2004: 1079 с.

<sup>5</sup> Див. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мультиверселенная> (08.10.2021 р.).

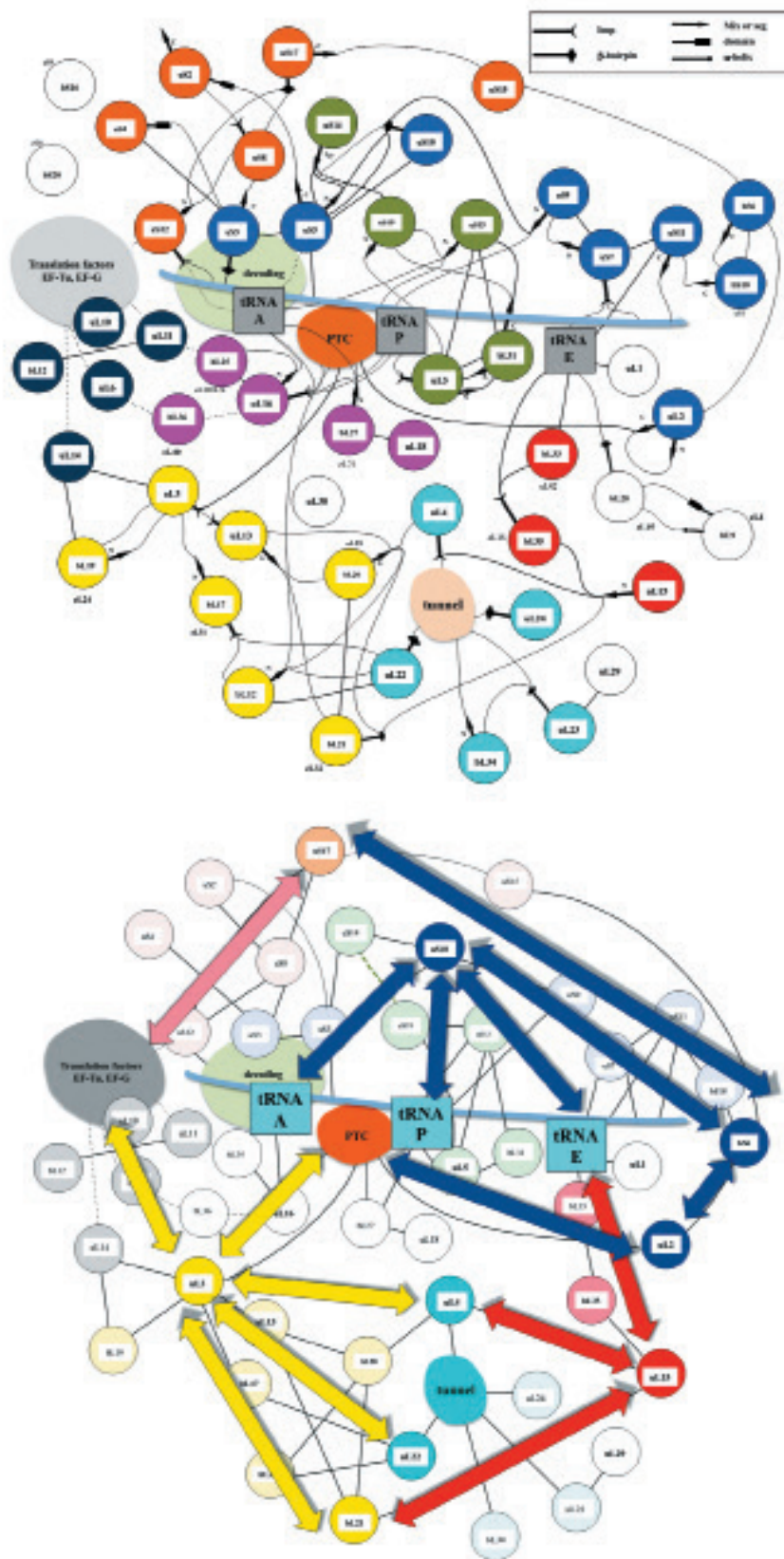


Рис. 92. Квазімерева структурно-функціональна організація рибосоми за Y. Timsit і D. Bennequin (2019)

одягу "посеред" порожнечі небуття — простору її буття Якщо ж цей підхід поєднати з доктриною двоскладовості людини — отримуємо "людинозалежніший" варіант першої концепції. **4)** Уміст простору і, можливо, сам простір разом із часом — осяжні. І людина, підібгавши Всесвіт, може сформувати таку систему варіативності і диференціювання елементів буття, котра дозволить витворювати у сфері свідомості і уяви надточні (і *тревкі*) світи, подекуди навіть заселені істотами, котрі і не підозрюватимуть про свій справжній буттєвий статус... І хоча такий підхід є алюзією на усім відому метикувати "матрицеву" архітектуру дійсності і ставить питання про статус нашого з вами буття, його підфальшуватість викazujeся щонайменше якимсь негармонійним, дебелим доважком сломіць нашуканой (*хоча, безперечно, вишуканой*) світоглядної ексцентрики на межі з фриківством.

Врешті-решт, зупинімось на тому, що хоча би позаособистісний зміст нашого простору може бути потенційно осягнутим людиною, а роздуми над категоріями буття, простору, часу і самопізнання винесімо за дужки цієї книги. Думаємо, це (*осягнення*) можливо, оскільки навіть за значної схожості біологічного улаштування тварин і людини<sup>1</sup>, саме особистість володіє таким специфічним засобом найширшої реалізації і, можливо, поглиблення варіатизації систем, укорінених у явищі генетичної інформації<sup>2</sup>, як "самовідображувальне самопізнання". Але ж наявність *іншого суб'єкта* довершує суб'єктність як таку<sup>3</sup> і хоча б цим розриває тісноту осяжного широкого, уможливлуючи, як щойно мовилось, розкриття потенційної складності Всесвіту у біологічному горнилі людської особистості. Те, що Всесвіт стає принципово неосяжним для особистості за наявності іншого — очевидно. Адже людина, навіть пізнавши себе, навряд чи осягне внутрішній світ іншого. А він, цей непізнаний внутрішній світ іншого, виплескуватиме хвилі неосяжності і на весь широкий.

Інша трудність. Для комплексного вивчення і реконструкції синаптому мозку використовуються методи серійних ультрамікроскопічних зрізів. За свідченням X. Fan і H. Markram (2019)<sup>4</sup>, реконструкція забезпечуваного синапсами конектому лише 950 нейронів сітківки ока миші у межах такої методології тривала ~30 000 год, отже, за наявних обчислювальних засобів реконструкція синаптомного конектому мозку людини вимагатиме ~14 гігаосіб-років (*Ibid.*<sup>5</sup>), або, за іншими розрахунками, займе ~10 млн років (*Ibid.*<sup>6</sup>). Або інший сюжет. Сучасні емуляційні системи можуть відтворювати сумісну функцію лише кількох десятків тисяч досить точних модельних нейронів (*Ibid.*<sup>7</sup>). За розрахунками (*Ibid.*), створення функціонуючої суттєво спрощеної моделі<sup>8</sup> тканинної мережі головного мозку людини потребує залучення обчислювальних машин зі швидкодією не меншою одного йотафлопса —  $10^{24}$  FLOPS<sup>9</sup>. Для порівняння: швидкодія найпотужнішого сучасного суперкомп'ютера<sup>10</sup> —

<sup>1</sup> Хоча, скидається на те, що людина має особливості варіатизації генетичної інформації на етапах її експресії — J. A. Calarco та співавт., 2007; J. Rogers, R. A. Gibbs, 2014; В. Е. Mittleman та співавт., 2021.

<sup>2</sup> Йдеться механізми збереження і реалізації генетичної інформації.

<sup>3</sup> Йдеться про те, що феномен особистості немислимий, нерозкриваний, неможливий у самотності, тобто абсолютна самотність, "голосамотність", "одноеземлярність" особистості — нонсенс. Полишко це твердження без пояснень.

<sup>4</sup> З посиланням на результати M. Helmstaedter та співавторів (2013).

<sup>5</sup> З посиланням на: S. M. Plaza та співавт., 2014. Йдеться про одиницю обліку відпрацьованого часу "man-year" ([https://en.wikipedia.org/wiki/Man-hour#Similar\\_units](https://en.wikipedia.org/wiki/Man-hour#Similar_units)), у оригіналі — "~14 G person-years."

<sup>6</sup> З посиланням на J. L. Morgan, J. W. Lichtman, 2013.

<sup>7</sup> ~31 000 модельних нейронів, котрі відтворюють існування 55 морфологічних і 207 морфоелектричних підтипів нейронів соматосенсорної кори щура із 36 млн віртуальних синапсів між ними (X. Fan, H. Markram, 2019, з посиланням на H. Markram та співавт., 2015).

<sup>8</sup> Якщо не катастрофічно спрощеної моделі.

<sup>9</sup> FLOPS (Floating Point Operations Per Second; [кількість] «операцій з рухомою комою на секунду») — одиниця вимірювання швидкодії обчислювальних приладів (<https://uk.wikipedia.org/wiki/FLOPS>, 17.10.2019 р.). Ось вихідні дані для розрахунку авторів: "High-resolution real-time molecular simulation of the human brain would need  $\sim 4 \times 10^{29}$  flops: — ~90 billion neurons, ~1,000 trillion synapses (насправді їх менше — 100–500 трлн — В.М., але авторами не враховано екстрасинаптичне і лікворне розповсюдження медіаторів, термо- і механофактори у функції мозку, наявність електричних і щільних з'єднань між нейронами [N. Shigematsu та співавт., 2019], можливий міжнейронний і нейрогліальний везикулярний транспорт, нейрогліальна регуляція функції синапсів, нейроімунні взаємодії, вплив на функцію нейронів ендотеліоцитів, перичитів тощо — В.М.); — ~90 billion glial cells, ~450 billion vascular end feet, supporting ~450 trillion synapses; — ~1 trillion molecules/cell, ~1,000 reactions/molecule/s, ~20 diffusion jumps/s; — ~10,000 time steps/s." (X. Fan, H. Markram, 2019). Як можна бачити, порядок мікрометричних показників людського мозку відтворено більш-менш точно, у межах наявного в літературі розкиду розрахункових значень.

<sup>10</sup> Суперкомп'ютер "Fujitsu Fugaku"; станом на червень 2020 р. зареєстровано швидкодію 1.42 ексаFLOPS, ([https://en.wikipedia.org/wiki/Fugaku\\_\(supercomputer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fugaku_(supercomputer))); 11.10.2021 р.). До речі, споживання електроенергії цією машиною ~30 МВт (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Фуугаку; 11.10.2021 р.>), при середній електричній потужності великих сучасних атомних електростанцій у кілька тисяч МВт ([https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_nuclear\\_power\\_stations; 11.10.2021 р.](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_power_stations; 11.10.2021 р.)). Ефективне охолодження суперкомп'ютера — відведення надлишкового тепла,

$1.42 \times 10^{18}$  FLOPS<sup>1</sup>. І вся ця машинерія з астрономічними обчислювальними здатностями у стані оперантного спокою продукує тепло з потужністю на рівні  $\sim 20$  (!) Вт<sup>2</sup> (M. Caputa, 2004; G. Bertolizio та співавт., 2011).

Не менш травматичними для випеченого спрощеними механістичними уявленнями світогляду виглядають цифри динаміки нейроонтогенезу людини. Протягом активного періоду формування нейронної популяції кори головного мозку<sup>3</sup> щогодини повинно утворюватися  $\sim 3.9$  млн збуджувальних нейронів (J. C. Silbereis та співавт., 2016). Для ЦНС загалом протягом періоду найактивнішого нейроонтогенезу<sup>4</sup>, найімовірніше, кількість новостворених щогодини нейронів складає  $\sim 4.6$  млн, або 78 000 щохвилини<sup>5</sup>, чи  $\sim 1300$  нейронів щосекунди (Ibid.). Стосовно синапсів нової кори аналогічний усереднений показник у період з 18-го тижня після запліднення до 15-го місяця після народження, найімовірніше, становить не менше 42.3 млн новостворених синапсів щохвилини, або 700 000 синапсів щосекунди<sup>6</sup> (!)... А жінка під час цього живе відносно повноцінним життям: працює, спить, ходить, інколи падає, радіє і сумує, бентежиться і мріє...

розсіюваного при його роботі — окрема складна інженерна задача (<https://www.hpcwire.com/2020/02/24/new-supercomputer-cooling-method-saves-half-million-gallons-of-water-at-sandia-national-laboratories/>; [https://www.3m.com/3M/en\\_US/particles/all-articles/article-detail/~/how-to-cool-supercomputers-3m-novec-liquid-immersion-cooling/?storyid=870afaa0-8c04-4442-aad7-fec0187fac0](https://www.3m.com/3M/en_US/particles/all-articles/article-detail/~/how-to-cool-supercomputers-3m-novec-liquid-immersion-cooling/?storyid=870afaa0-8c04-4442-aad7-fec0187fac0)). У цьому питанні сучасні технології — безнадійно далекі до рутинних біологічних: у стані оперантного спокою (а не коми!) мозок людини продукує тепло з потужністю на рівні  $\sim 20$  (!) Вт (див. далі)...

<sup>1</sup> Усі ці цифри, крім того що не враховують безліч "некласичних" обставин (див. вище), слабують ще й тим, що обходять наявні методологічні обмеження вивчення мікроструктури і функції мозку (оглянуто А.Н. Marblestone та співавт., 2013), котрі нагадують одну з популярних ілюстрацій квантовомеханічного принципу співвідношення невизначеностей: при прагненні чим точніше з'ясувати певний фізичний параметр квантової системи ми вносимо методологічні похибки в її стан і тим самим унеможливуємо точну актуальну верифікацію всіх інших параметрів. І це унеможлиблює реалізацію фантазмагоричних проєктів "актуального оцифрування мозку" (у сенсі "запуску" людської особистості з її пам'ятю, поточними мотивами й іншими атрибутами психіки у цифровій формі), або формування "живого відбитку людини", її "ментального клонування." Про інші заперечення реалістичності такої процедури не варто згадувати окремо, вони очевидні. Тим не менш, неточний, проте доволі складний відбиток, або "цифрова модель особистості", за умов спрощення наших уявлень про психіку людини, їх (уявлень) раціоналізації й відтворюваності, вповні може набути в очах пересічного носія сцієнтистського світогляду рис індивідуального психічного буття, навіть особистісного. Так що, як і у випадку "штучного інтелекту", вповні можливе сприйняття суспільством такого результату як вдалого закінчення проєкту "цифрового енграмування особистості" з усіма трансгуманістичними наслідками. На наше переконання, навіть якщо з метафізичних чи богословських міркувань такий "відбиток" вповні може набути (за незалежними від людини причинами) окремого самоусвідомленого буття — це слід розглядати (як і у випадку соматичного клонування) як появу іншої істоти, іншої особистості.

<sup>2</sup> M. Caputa (2004): "Humans have a relatively large brain, which accounts for  $\sim 20\%$  of the organism's resting metabolic heat production." G. Bertolizio та співавтори (2011): "The human brain is responsible for 15–20 % of the body's resting metabolic heat production." Цей показник удвічі менший у приматів і улетверо — у інших ссавців: "The human brain utilizes 20–25 % of the energy budget, compared with primates (8–10%), and other mammals (3–5%); [Leonard, W. R., Snodgrass, J. J., and Robertson, M. L. (2007). Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism. *Annu. Rev. Nutr.* 27, 311–327. doi: 10.1146/annurev.nutr.27.061406.093659; Squire, L. R. (2012). *Fundamental Neuroscience*. Amsterdam; Boston, MA: Elsevier]." (H. Wang та співавт., 2016; повні бібліографічні реквізити подано нами — В.М.).

<sup>3</sup> Між 50–51-ю і 191-ю добами з моменту запліднення ("postconceptional days"). Йдеться саме про головний мозок людини.

<sup>4</sup> Від 32-ї доби (кінець 4-го тижня після запліднення) до 27-го тижня після запліднення, причому 85 % найбільшої популяції нейронів головного мозку людини — клітин-зерен мозочка формується у постнатальному періоді, до 11-го місяця життя (J.C. Silbereis та співавт., 2016, з посиланням на M.C. Kiessling та співавт., 2014), тобто від 32-ї до 813-ї доби після запліднення

<sup>5</sup> Утричі більшу цифру озвучують S. Budday та співавтори (2015): "The first phase of brain development spans throughout the first half of gestation and is characterized by the creation of new neurons—at rates of up to 250,000 neurons per minute—and their migration toward the outer brain surface (Blows, 2003)."

<sup>6</sup> J.C. Silbereis та співавтори (2016): "About 80% of the 16.34 billion neurons (13.07 billion) estimated to be present in the middle-aged adult male cerebral cortex (Azevedo et al., 2009) are thought to be excitatory glutamatergic projection neurons (i.e., pyramidal and modified pyramidal neurons) (DeFelipe et al., 2002), which are produced from neural stem or progenitor cells within the VZ and SVZ of the developing cerebral cortical wall. The rest are GABAergic inhibitory interneurons, which recent studies have shown mostly originate from the ganglionic eminences of the ventral telencephalon (i.e., the subpallium) (Fertuzinhos et al., 2009; Hansen et al., 2010, 2013; Ma et al., 2013; Radonjić et al., 2014). Thus, approximately 13 billion excitatory glutamatergic neurons must be generated in the VZ and SVZ of the cortical wall within the approximately 141 days or 3,384 hours of neurogenesis in prenatal development (from 50–51 pcd [CS 21 or the beginning of the seventh pcw] when immature neurons are first observed in the CP to 191 pcd [27 pcw], when neocortical excitatory neuron generation stops according to the <http://translatingtime.org/algorithm> [Workman et al., 2013]). This suggests that approximately 3.86 million excitatory neurons are generated per hour during prenatal cortical neurogenesis. If we extend this analysis to the entire CNS, we would need to know when neurogenesis begins and ceases. CNS neurogenesis begins at 32 pcd (4 pcw) in the spinal cord and brain stem (Bayer and Altman, 2007; O'Rahilly and Muller, 2006). The vast majority of neurons in the human telencephalon are generated before birth, and neocortical excitatory neuron generation ends around 27 pcw (Ernst et al., 2014; Larsen et al., 2006; Spalding et al., 2005). Additional neocortical interneurons (Sanai et al., 2011), dentate gyrus neurons (Eriksson et al., 1998), and striatal interneurons (Ernst et al., 2014) are generated after this age, extending postnatally in some instances. On the other hand, 85% of the cerebellar granule cells are generated by the 11<sup>th</sup> postnatal month (Kiessling et al., 2014), and the external granule layer disappears by the end of the 18<sup>th</sup> postnatal month (Raaf and Kernohan, 1944). Thus, the bulk of CNS neurogenesis (i.e., approximately 86.1 billion neurons) occurs over approximately 781 days from 32 pcd to 813 pcd (i.e., approximately 234 prenatal pcd plus 547 postnatal days [birth to the 18<sup>th</sup> postnatal month]), which would mean that approximately 4.6 million neurons are generated per hour during the CNS developmental neurogenic period. Neocortical plate synaptogenesis starts as early as 18 pcw (Kwan et al., 2012) and reaches its maximum synaptic density (the peak of formation) in the middle frontal gyrus (prefrontal cortex) after 15 months postpartum, which is considerably later than in the primary auditory and visual cortices (Huttenlocher and Dabholkar, 1997). The maximum dendritic spine density (a proxy for synapse) on pyramidal neurons of the dorsolateral prefrontal cortex occurs around the seventh postnatal year



Рис. 93. Емуляція фрагмента васкулатури кори, отримана на основі морфологічного матеріалу соматосенсорної кори 8-денної миші. J. S. Coggan та співавтори (2018)

Найсмійніше те, що ми все ще не розуміємо, для чого з функціональної точки зору нам необхідна уся ця неймовірна складність з точною міграцією нейронів і пошаровою кірковою структуризацією: виявляється, суттєві дефекти стратифікації<sup>1</sup> кори головного мозку<sup>2</sup> спричиняють посередній вплив на його функцію, зачіпаючи, зазвичай, тонкі її прояви (J. Guy, J. F. Staiger, 2017<sup>3</sup>). Або так: різномірна кора, як правило, отримує

(Petanjek et al., 2011), after which there is a general decline in the density of spines, indicative of synapse elimination. Thus, the bulk of synapses found in the adult neocortex (i.e., approximately 164 trillion synapses in total according to Tang et al., 2001) are generated across approximately 2,695 days (140 prenatal [18 to 38 pcw] and 2,555 postnatal days) at the rate of approximately 42.3 million synapses per minute or 700,000 synapses per second. However, the rate is likely higher as the density and the total number of synapses in the neocortex of a toddler is much higher than in the adult (Huttenlocher, 1979; Petanjek et al., 2011)." Скорочення: pcd — postconceptional days, pcw — postconceptional weeks.

<sup>1</sup> Інверсія, <https://en.wikipedia.org/wiki/Reeler>, чи за іншою версією — зникнення стратифікації, J. Guy, J. F. Staiger, 2017.

<sup>2</sup> Вимкнення функції гена *reelin* чи його частини у миші — '*reeler mutant mouse*'.

<sup>3</sup> J. Guy та J.F. Staiger (2017): "The cellular dispersion in the reeler cortex may lead to a more variable average path length and thus a higher temporal jitter in synaptic transmission. Assuming a mean axon conduction velocity of 1.3 m/s in cortical neurons (Swadlow, 1989), an increase in path length of 1000  $\mu\text{m}$  would add nearly a millisecond (0.77 ms) to the total conduction delay. If the neighboring neuron saw its axon shortened by the same distance, a delay of more than 1.5 ms would be introduced between the activation of their synapses, provided they fire synchronously. Such a jitter might appear small at first, but if repeated at every successive synapse along the canonical circuit, could perhaps compromise the synchrony of the entire network. To our knowledge, no data from the reeler neocortex exists that could corroborate this speculation, but it is worth noting that Kowalski et al. (2010) have described an abnormally large temporal jitter in the firing of hippocampal mossy cells in response to a stimulation of the perforant path in reeler. Another possibility is that the precise arrangement of neurons into layers represents a form of optimal solution to the problem of building a highly interconnected network within a limited volume and at a reasonable metabolic cost. The principle that neuronal placement is determined so as to minimize wiring length and space usage without compromising connectivity was initially formulated by Ramon y Cajal. It was since put to the test in quite a number of elegant studies, which showed how this principle can explain the relative positions of cortical areas (Klyachko and Stevens, 2003), the layout of neurons (Chen et al., 2006), the fraction of gray matter volume allotted to dendrites and axons (Chklovskii et al., 2002), and even aspects of neuronal morphology (Chklovskii et al., 2004). Could cortical layers have evolved as an efficient answer to similar challenges? If such an assumption is true, it leads to an interesting prediction about the reeler cortex. If lamination represents an optimal layout of neurons, it follows that the reeler cortex has a suboptimal arrangement, meaning that less space is available to fit the same elements. As a result, it seems likely that less space can be allocated to at least one component of the gray matter, be it cell bodies, neuropil, fibers, glia, or blood vessels, although it seems logical that the elements that develop latest, such as myelin sheaths, would be most affected. To our knowledge, no systematic studies have ever tested such a prediction in sufficient detail, but on first approximation, no obvious difference was reported in the number of oligodendrocytes and astrocytes (Ghandour et al., 1981; Tan et al., 2009), or in the density of blood vessels (Stubbs et al., 2009; Guy et al., 2015). Neurons may provide part of the answer: although their numbers are not significantly changed in reeler, late born neurons, which adopt the compact morphology of supragranular neurons, are overrepresented with respect to early born, large pyramidal neurons (Polleux et al., 1998; Wagener et al., 2016). Determining whether and how cellular dispersion affects the relative space allotted to various components of the gray matter in the reeler brain could shed further light on the function of cortical lamination,



й інтегрує входи найрізноманітніших сенсорних модальностей і при цьому має простішу стратифікаційну будову, ніж нова кора, відомі ділянки котрої отримують вповні мономодальні входи. Яка ж ділянка значиміша? (див. A. Mercer, A. M. Thomson, 2017<sup>1</sup>).

Кілька промовистих цифр про васкулатуру і загальний метаболізм мозку. Середня загальна площа капілярів 1 г речовини мозку<sup>2</sup> складає 120 см<sup>2</sup> (K. Kisler та співавт., 2017), загальна площа капілярів усього мозку<sup>3</sup> — ~18 м<sup>2</sup> (A. D. Wong та співавт., 2013<sup>4</sup>), площа контакту між суміжсудинним та інтерстиційним простором мозку, з одного боку, та клітинним компонентом і нейропілем, з іншого — ~38 м<sup>2</sup> (H. Wang та співавт., 2014<sup>5</sup>). Довжина усіх капілярів мозку становить ~400 миль (A. K. Diem та співавт., 2018<sup>6</sup>), тобто 644 км, або 430 м у 1 г речовини мозку; загальна кількість капілярів мозку — 6,5 млрд<sup>7</sup> (Ibid.), щільність їх розташування — 2500–3000 у 1 мм<sup>3</sup> (A. H. Marblestone та співавт., 2013<sup>8</sup>). Загальна кількість ендотеліоцитів мозку людини — 20–25 млрд (C. S. von Bartheld та співавт., 2016<sup>9</sup>). Загальна кількість інтерстиційної рідини мозку — 280–300 мл<sup>10</sup>, що оновлюється протягом ~10 год (A. K. Diem та співавт., 2018), частка об'єму судинного русла мозку — 3 % від об'єму мозку (оглянуто A. D. Wong та співавт., 2013). Об'єм крові, що надходить у мозкове судинне русло у зв'язку із систолою серця, — 20 % від ударного об'єму лівого шлуночка (B. V. Zlokovic, 2008, 2011; C.-Y. Xing та співавт., 2017) при частці маси мозку — ~2 % від маси тіла<sup>11</sup>. Загальна

and we are looking forward to seeing such studies in the future."

<sup>1</sup> У авторів питання має інший акцент: для чого винаходити неокортекс, якщо простіший алокортекс вповні вирішує питання інтеграції різноманітних входів і формування відповіді. І це при тому, що якщо впакувати нейрони гіпокампальної формації з густиною, притаманною густині пірамід неокортексу, площа нейронного шару полів гіпокампа зростає в 40 разів (!). Кіркові колонки таким чином є ніби мікро-співпроцесорами, котрі дуже точно і прецизійно вирішують певні фрагменти чи сторони проблеми, однак апарат "розбиття проблеми", "завантаження мікроспівпроцесорів", "інтеграції" й ансамблювання їхніх функцій, виходить так, має бути структурно ближчим до алокортикального. Тоді який з відділів кори "головніший"? Ближчий до континуальності й інтегральності алокортикальний чи ближчий до дискретності вишукано-точний неокортикальний? A. Mercer і A. M. Thomson (2017): "Simpler cortices had already solved the need to transform multiple coincident inputs into serviceable outputs before neocortex appeared in mammals. Why then do phylogenetically more recent cortices need multiple pyramidal cell layers? A simple answer is that more neurons can compute more complex functions. The dentate gyrus and hippocampal CA regions—which might be seen as hippocampal antecedents of neocortical layers—lie side by side, albeit around a tight bend. Were the millions of cells of rat neocortex arranged in like fashion, the surface area of the CA pyramidal cell layers would be some 40 times larger. Even if evolution had managed to fold this immense sheet into the space available, the distances between neurons that needed to be synaptically connected would be huge and to maintain the speed of information transfer, massive, myelinated fiber tracts would be needed. How much more practical to stack the "cells that fire and wire together" into narrow columns, while retaining the mechanisms underlying the extraordinary precision with which circuits form. This demonstrably efficient arrangement presents us with challenges, however, not the least being to categorize the baffling array of neuronal subtypes in each of five "pyramidal layers." If we imagine the puzzle posed by this bewildering jumble of apical dendrites, basal dendrites and axons, from many different pyramidal and interneuronal classes, that is encountered by a late-arriving interneurone insinuating itself into a functional circuit, we can perhaps begin to understand why definitive classification, covering every aspect of each neurone's structure and function, is such a challenge." І у висновках: "The similarities between hippocampal CA regions and neocortical layers are striking: their development, the classes of neurones which result and the unidirectional flow of excitation through the regions and layers, which preserves the integrity of original signals. The prominent differences may result from a need for a far larger number of often smaller and simpler principal neurones in neocortex to perform a wider range of sophisticated computations, while avoiding the inefficiency of long, myelinated "local circuit" connections. Stacking principal cells in columns maximizes efficiency. However, this new arrangement presents new challenges, both to axons and dendrites that must make appropriate connections, to interneurones that must infiltrate this apparent chaos and to neuroscientists trying to understand the circuitry. Within these columns, myriad neuronal compartments, belonging to many neuronal classes, lie side by side. How do the axons that ramify there, or those simply passing through, choose from amongst these targets and how do postsynaptic compartments know which to accept? Understanding the mechanisms already apparent in simpler cortices, but hitherto largely unexplained; mechanisms that ensure the rejection of inappropriate and the formation of appropriate connections, each with its own unique signature, is an exciting challenge for the future."

<sup>2</sup> Таксономічний ранг і біологічний вид істоти не вказано.

<sup>3</sup> Масою 1500 г.

<sup>4</sup> У оригіналі — 15–25 м<sup>2</sup>; A. D. Wong та співавт., 2013. До слова, загальна площа усіх судинних елементів кровоносної системи людини складає ~313 м<sup>2</sup> (312 900 000 мм<sup>2</sup>; причому 298,000,000 мм<sup>2</sup> припадає на капіляри; R. A. Freitas Jr., 1999, с. 212, табл. 8.1).

<sup>5</sup> З посиланням на: C. Crone, 1963; M. E. Raichle, 1983; розраховано нами, виходячи з того, що "Inside the brain, the fluid-brain contact surface at the capillary level through the perivascular spaces and the interstitial spaces is even more extraordinary, estimated at 250 cm<sup>2</sup>/g of the tissue (Crone, 1963; Raichle, 1983)." (H. Wang та співавт., 2014), беручи середню масу мозку на рівні 1500 г.

<sup>6</sup> З посиланням на: A. R. Nelson та співавт., 2016. До слова, загальна довжина усіх судинних елементів кровоносної системи людини складає 19 000 км (майже 100 % припадає на капіляри; R. A. Freitas Jr., 1999, с. 212, табл. 8.1).

<sup>7</sup> Тобто, ~15 нейронів припадає на 1 капіляр.

<sup>8</sup> З посиланням на: Schmidt, R. F., and Thews, G. (eds.). (1989). Human Physiology, 2nd Edn. New York, NY: Springer-Verlag, 11. Available online at: <http://www.amazon.com/dp/0387194320/>.

<sup>9</sup> C. S. von Bartheld та співавтори (2016): "The current estimates of numbers of nonneuronal cells in the entire human brain, as revealed by the [isotropic fractionator], place the total glial numbers well below 85 billion (since these 85 billion include ~20–25 billion endothelial cells), and therefore are closer to the estimates of Haug (40–50 billion glial cells) ..."

<sup>10</sup> Близько 20 % від об'єму мозку; A. K. Diem та співавт., 2018, з посиланням на: S. B. Hladky, M. A. Barrand, 2014.

<sup>11</sup> Середня по світу маса тіла людини — ~62 кг ([https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_body\\_weight#By\\_region](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_body_weight#By_region); 11.09.2020 p.), середня маса мозку — ~1.3 кг ([https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_brain#Gross\\_anatomy](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_brain#Gross_anatomy); 11.09.2020 p.).

перфузія кров'ю мозку дорослої людини — 750–1000 мл/хв<sup>1</sup>, споживання кисню усім мозком — 46 см<sup>3</sup>/хв<sup>2</sup>. Загальні власні запаси глікогену мозку<sup>3</sup> — 0.5–1.5 г<sup>4</sup> (А. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018<sup>5</sup>). Загалом, мозок споживає ~20 % глюкози і кисню, забезпечує ~20 % витрат енергії у стані спокою<sup>6</sup>. При цьому загальна втрата енергії у вигляді теплопродукції організму у стані спокою складає ~80 Вт<sup>7</sup>, мозку — ~20 Вт<sup>8</sup> (М. Caputa, 2004; G. Bertolizio та співавт., 2011), а середня температура мозку на 0.5–2 °C вища, ніж центральна температура тіла (G. Bertolizio та співавт., 2011<sup>9</sup>; H. Wang та співавт., 2014<sup>10</sup>).

І, щоб уже зовсім ввести читача у стан заціпеніння чи, можливо, нервового сміху, наводимо ще одне міркування. Стосовно мозку вповні можна застосувати методологію отримання числа Грема — одного з найбільших із "неуявних"<sup>11</sup> абстрактних математичного об'єкта, котрий характеризує кількісні показники деякої непростой системи, необхідні для стовідсоткової реалізації у ній певної складної структури<sup>12</sup>. Якщо у якості такої системи розглядати мозок, то можете собі уявити, якими повинні бути кількісні кореляти його складності, щоб ми рутинно і впевнено спостерігали безліч ознак присутності у ньому складних, визначальних для різноманітних функцій, топологічних структур, хоча б нейронних мереж...

...Рівень нашого (не)розуміння мозку яскраво виражається на тлі поодиноких клінічних спостережень неспівмірності морфологічного дефіциту і доволі високих показників функції мозку, спроможності психічної сфери<sup>13</sup>. У більшості випадків такої категорії прогноз щодо життя і розвитку вкрай несприятливий<sup>14</sup>, а тут...

Словом, дивіться самі й порівнюйте з результатами психоневрологічних обстежень, наведеними для кожного випадку в окремій виносці.

<sup>1</sup> <https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>, з посиланням на: Rengachary, S.S. and Ellenbogen, R.G., editors, *Principles of Neurosurgery*, Edinburgh: Elsevier Mosby, 2005.

<sup>2</sup> <https://faculty.washington.edu/chudler/facts.html>, з посиланням на: Rengachary, S.S. and Ellenbogen, R.G., editors, *Principles of Neurosurgery*, Edinburgh: Elsevier Mosby, 2005.

<sup>3</sup> Так зване органічне "депо" глюкози.

<sup>4</sup> У 100 разів менші, ніж у печінці (А. Verkhratsky, M. Nedergaard, 2018, з посиланням на: А.М. Brown, 2004).

<sup>5</sup> З посиланням на: А.М. Brown, 2004.

<sup>6</sup> Йдеться про частки від споживання усім тілом; <https://ru.qwe.wiki/wiki/brain>; H. Wang та співавт., 2016; S. Camandola, M.P. Mattson, 2017; M.E. Watts та співавт., 2018; A. Schurr, 2019 (Schurr A. *Cerebral Energy Metabolism: Measuring and Understanding Its Rate*, 2019; DOI: 10.5772/intechopen.84376; <https://www.intechopen.com/books/cellular-metabolism-and-related-disorders/cerebral-energy-metabolism-measuring-and-understanding-its-rate>). У [http://en.m.wikipedia.org/wiki/Human\\_brain](http://en.m.wikipedia.org/wiki/Human_brain) (05.08.2020 р.), з посиланням на D.D. Clark і L. Sokoloff (1999), подають частку викиду лівого шлуночка на рівні 15 %, споживання кисню — на рівні 20 %, глюкози — на рівні 25 %.

<sup>7</sup> <https://habr.com/ru/post/373741/>; Ю.И. Лучаков, П.Д. Шабанов (2012) для людини масою 70 кг дають цифру ~72 Вт, у тому числі для голови — ~15 Вт.

<sup>8</sup> М. Caputa (2004): "Humans have a relatively large brain, which accounts for ~20% of the organism's resting metabolic heat production." G. Bertolizio та співавт. (2011): "The human brain is responsible for 15–20 % of the body's resting metabolic heat production." Цей показник удвічі менший у приматів і учетверо — у інших ссавців: "The human brain utilizes 20–25 % of the energy budget, compared with primates (8–10%), and other mammals (3–5%); (Leonard, W. R., Snodgrass, J. J., and Robertson, M. L. (2007). *Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism*. *Annu. Rev. Nutr.* 27, 311–327. doi: 10.1146/annurev.nutr.27.061406.093659; Squire, L. R. (2012). *Fundamental Neuroscience*. Amsterdam; Boston, MA: Elsevier." (H. Wang та співавт., 2016; повні бібліографічні реквізити подано нами — В. М.).

<sup>9</sup> "Central body temperature is strictly maintained within  $\pm 1.0$  °C from normal temperature (37 °C)."

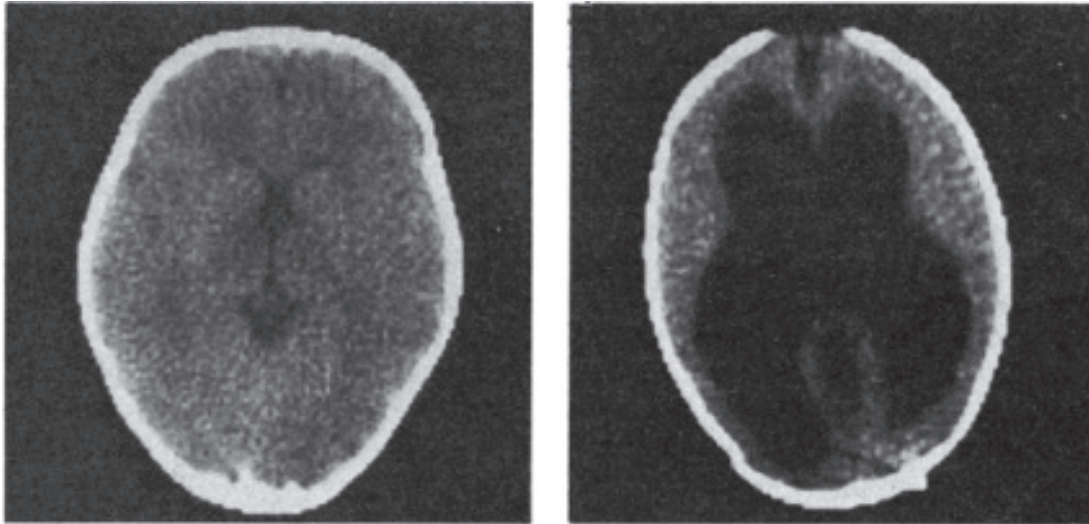
<sup>10</sup> "Extensive animal and human data have conclusively established that core brain temperature is generally higher than body temperature, but correlates well with body temperature (Serota, 1938, 1939a; Mcelligott and Melzack, 1967a; Hayward and Baker, 1969; Sedunova, 1992; Meller-gard, 1995; Hirashima et al., 1998; Rossi et al., 2001; Kiyatkin et al., 2002; Wang et al., 2004; Mitchell et al., 2006; Lust et al., 2007; Maloney et al., 2007; Zhu et al., 2009)."

<sup>11</sup> У сенсі неможливості уявити через гігантську величину і відсутність адекватних відповідників зі спостережуваної реальності.

<sup>12</sup> Йдеться про одну із прикладних ситуацій, досліджуваних у теорії Рамсея: "Теорія Рамзі [саме так у оригіналі україномовної статті — В.М.] — розділ математики, який вивчає умови, за яких у довільно сформованих математичних об'єктах зобов'язаний з'явитися певний порядок. ... Завдання теорії Рамзі зазвичай звучать у формі питання «скільки елементів має бути в деякому об'єкті, щоб гарантовано виконувалося задана умова чи існувала задана структура?»." ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\\_Рамсея](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія_Рамсея); 15.04.2020 р.). Число Грема: "Число Грема — велике число, верхня межа в популярному поясненні доведення одного з аналогів теореми Рамсея." Стосовно масштабу числа Грема: "... вся наблюдаемая вселенная слишком мала для того, чтобы вместить в себя обыкновенную десятичную запись числа Грема (предполагается, что запись каждой цифры занимает по меньшей мере объём Планка)". До речі, донедавна діючим рекордсменом гугології було число TREE(3) ([https://ru.wikipedia.org/wiki/TREE\(3\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/TREE(3)); 15.04.2020 р.) — неймовірно більше, ніж число Грема, однак, теж є одним із важливих наслідків вирішення окремого випадку теорії графів — теоремою Краскала (*Ibid.*). Інші сучасні великі числа ([https://ru.wikipedia.org/wiki/TREE\(3\)#Масштаб\\_числа\\_TREE\(3\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/TREE(3)#Масштаб_числа_TREE(3))): число Райо ([https://en.wikipedia.org/wiki/Rayo's\\_number](https://en.wikipedia.org/wiki/Rayo's_number)), число Облівіон (<https://googology.wikia.org/wiki/Oblivion>), SSCG(3) (*simple subcubic graph*; [https://en.wikipedia.org/wiki/Friedman's\\_SSCG\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Friedman's_SSCG_function)), SCG ([https://googology.wikia.org/wiki/Subcubic\\_graph\\_number](https://googology.wikia.org/wiki/Subcubic_graph_number)). Для зацікавлених: [https://googology.wikia.org/wiki/Googology\\_Wiki](https://googology.wikia.org/wiki/Googology_Wiki).

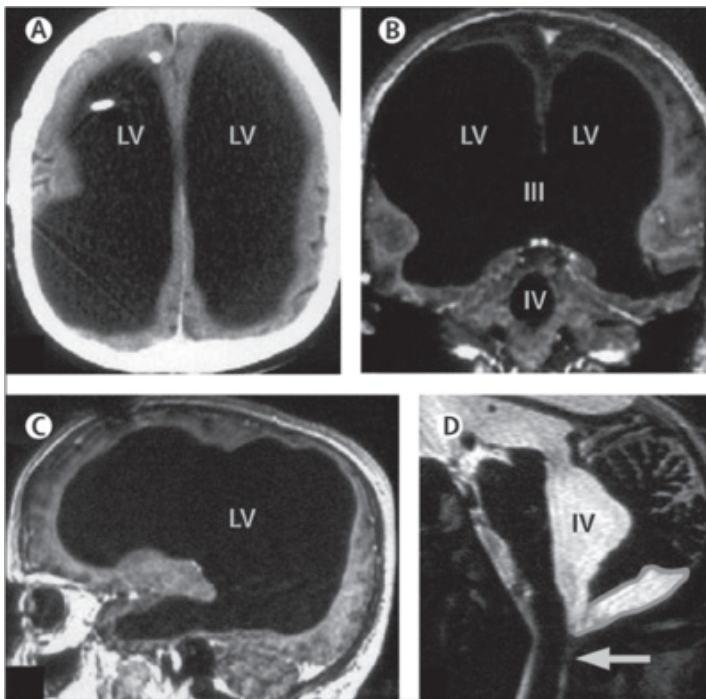
<sup>13</sup> Тяжка вентрикуломегалія з тотальним стоншенням речовини півкуль — R. Lewin (1980), S. Oi та співавт. (1996; 2000), E. D. G. Canu та співавт. (2005), L. Feuillet та співавт. (2007), G. L. Alders та співавт. (2018); вроджена агенезія лобових часток мозку — A. Ibáñez та співавт. (2018); двобічне субтотальне судинне ураження великого мозку — A. M. García та співавт. (2017).

<sup>14</sup> T. M. Flanders та співавт. (2018).



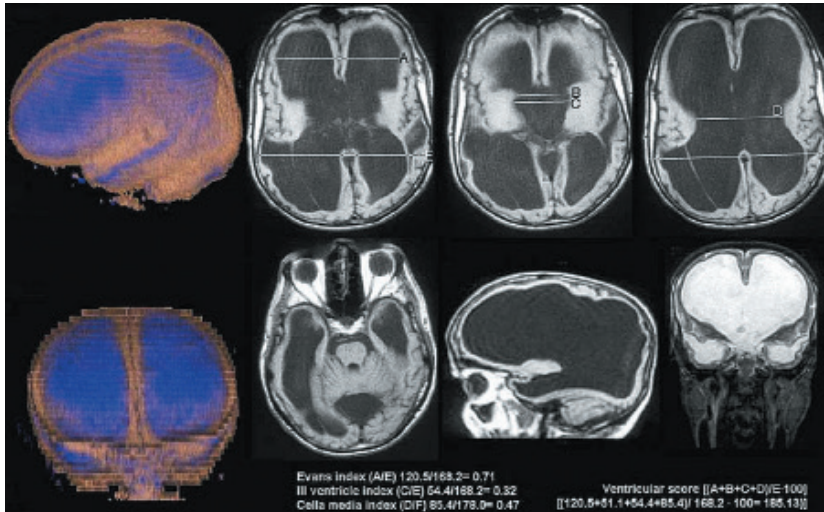
R. Lewin (1980). Найімовірніше, перед нами результати аксіальної комп'ютерної томографії, виконаної на тлі гідроцефалії у молодого студента з IQ = 126 (праворуч) і на тлі умовної норми (ліворуч)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> R. Lewin (1980): "There's a young student at this university," says Lorber, "who has an IQ of 126, has gained a first-class honors degree in mathematics, and is socially completely normal. And yet the boy has virtually no brain." The student's physician at the university noticed that the youth had a slightly larger than normal head, and so referred him to Lorber, simply out of interest. "When we did a brain scan on him," Lorber recalls, "we saw that instead of the normal 4.5-centimeter thickness of brain tissue between the ventricles and the cortical surface, there was just a thin layer of mantle measuring a millimeter or so. His cranium is filled mainly with cerebrospinal fluid"<sup>1</sup>.



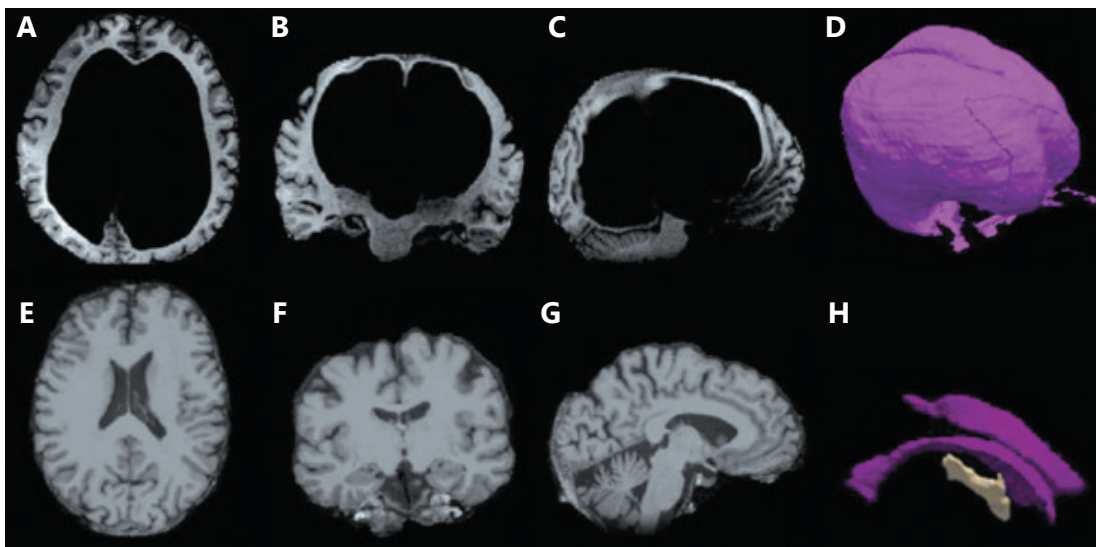
L. Feuillet та співавтори (2007). Чи не найфантастичніший випадок легкого неврологічного дефіциту і практично повністю збереженої психічної сфери 44-річного пацієнта на тлі драматичної морфологічної картини<sup>1</sup>. Результати КТ- і МРТ-дослідження

<sup>1</sup> Опис випадку: "A 44-year-old man presented with a 2-week history of mild left leg weakness. At the age of 6 months, he had undergone a ventriculoatrial shunt, because of postnatal hydrocephalus of unknown cause. When he was 14 years old, he developed ataxia and paresis of the left leg, which resolved entirely after shunt revision. His neurological development and medical history were otherwise normal. He was a married father of two children, and worked as a civil servant. On neuro psychological testing, he proved to have an intelligence quotient (IQ) of 75: his verbal IQ was 84, and his performance IQ 70. CT showed severe dilatation of the lateral ventricles (figure); MRI revealed massive enlargement of the lateral, third, and fourth ventricles, a very thin cortical mantle and a posterior fossa cyst. We diagnosed a non-communicating hydrocephalus, with probable stenosis of Magendie's foramen (figure). The leg weakness improved partly after neuroendoscopic ventriculocisternostomy, but soon recurred; however, after a ventriculoperitoneal shunt was inserted, the findings on neurological examination became normal within a few weeks. The findings on neuropsychological testing and CT did not change." (L. Feuillet та співавтори., 2007).



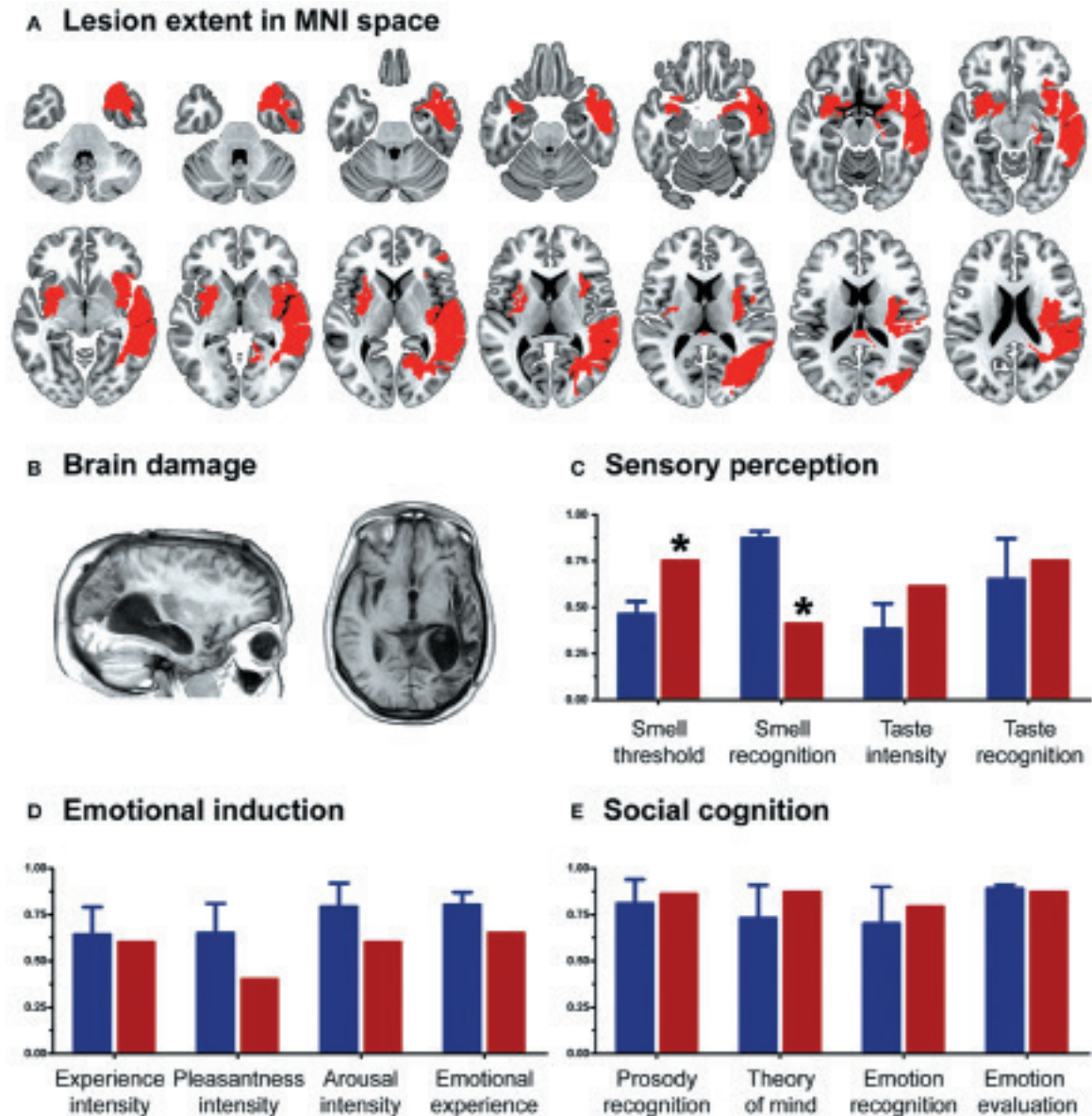
Е. D. G. Сану та співавтори (2005). 59-річний чоловік з вродженою гідоцефалією<sup>1</sup>. Ліворуч — 3-вимірна реконструкція комп'ютерно-томографічних даних, праворуч — результати МРТ-дослідження

<sup>1</sup>Короткий опис психо-неврологічного статусу: "Neuropsychological testing was consistent with severe cognitive deterioration and attention disorders. Language and praxis functions seemed to be preserved. Auditory oddball ERPs (P300) showed morphological abnormalities especially of late components. This case report demonstrates in vivo the level of adaptation to which human brain can reach under chronic mechanic stress conditions. The **striking poor cerebral parenchyma representation and the relatively spared language and praxic abilities** account for a functional reorganization of residual structures due to the neural plasticity." (виділено нами — В. М.).



Г. L. Alders та співавтори (2018). МРТ головного мозку 60-річного пацієнта<sup>1</sup> (ліва колонка з тривимірною реконструкцією шлуночків униз) і порівняльне спостереження умовної морфологічної норми у особи того ж віку

<sup>1</sup>Г. L. Alders та співавтори (2018): "We present a case of a 60-year-old male referred to a tertiary psychiatric facility for diagnostic assessment due to low mood and behavioral changes. Neurological examination of the patient was unremarkable. ... Despite his striking degree of ventriculomegaly and cortical thinning, he presented primarily with psychiatric and cognitive complaints. ... Changes in the neural circuitry of emotional processing, and/or disruption in signaling pathways important for synaptogenesis may influence depression pathophysiology. How this circuitry is modified in cases of extreme structural stress such as long-standing overt ventriculomegaly, is unclear. This case demonstrates the **ability of the brain to generate a normal phenotype despite structural changes that seem incompatible with advanced cognitive function**, illustrating the substantial potential for adaptability and plasticity in the brain.". "Neuropsychological Assessment The Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III; Wechsler, 1997) revealed a borderline IQ of 79, with a verbal IQ of 88, non-verbal performance IQ of 74, poor working memory IQ of 71, verbal comprehension IQ of 93, and visual-spatial IQ of 80. The patient had difficulty completing tasks requiring working memory, which was in the 3rd percentile, and processing speed was extremely slow (in the 1st percentile). Hopkins Auditory Verbal Learning Test (Brandt, 1991) indicated severe memory impairment, with initial memory for only a few items, no significant recall between administrations, and inability to recall any information after a brief delay. Rey-Osterrieth Complex Figure Task (Osterrieth, 1944; Rey et al., 2014) performance indicated impaired visual spatial and working memory abilities with more attention to small details, missing elements and less attention to the overall image. The Stroop test (Stroop, 1935) indicated impaired executive function, scoring below the 1st percentile, with a severe inability to suppress automatic responses." (виділено нами — В. М.).



A. M. García та співавтори (2017). Пацієнтка 43-х років після перенесеного ішемічного інсульту, котрий виник після геморагічного<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A. M. García та співавтори (2017): "At age 43, patient CG sustained a cerebral hemorrhage and a few months later, she suffered a second (ischemic) stroke. As a result, she exhibited extensive damage of the right hemisphere (including frontal, temporal, parietal, and occipital regions), left Sylvian and striatal areas, bilateral portions of the insula and the amygdala, and the splenium. **However, against all probability, she was unimpaired across a host of cognitive domains, including executive functions, attention, memory, language, sensory perception (e.g., taste recognition and intensity discrimination), emotional processing (e.g., experiencing of positive and negative emotions), and social cognition skills (prosody recognition, theory of mind, facial emotion recognition, and emotional evaluation).** Her functional integrity was further confirmed through neurological examination and contextualized observation of her performance in real-life tasks. In sum, CG's case resists straightforward classifications, as the extent and distribution of her lesions would typically produce pervasive, multidimensional deficits. We discuss the rarity of this patient against the backdrop of other reports of atypical cognitive preservation, expound the limitations of several potential accounts, and highlight the challenges that the case poses for current theories of brain organization and resilience." (виділено нами — B. M.).

\* \* \*

...Повертаючись до нерва вступної частини, спробуємо підсумувати явлений у книзі досвід розмислу над окресленими біоетичними актуаліями.

**Перше.** Психічна функція, безперечно, реалізується через і завдяки мозкові, але в цьому трепетному розкритті, передусім впливаючи на мозок, бере важливу, часто прямишу, аніж вважалось досі, участь увесь організм людини — її серце, тіло, нутрощі, а також кров, ліквор, лімфа і судини.

**Друге.** Отже, повноцінна реалізація психічних функцій через ізольований від решти тіла мозок навряд чи можлива.

**Третє.** Наші уявлення про функцію мозку, а тим більше про вищі сфери психіки, все ще скупі. Підозрюємо, що всі "*штучні відтворення мозку, інтелекту й психіки*" торкатимуться їхніх рисованих ерзаців — тих, котрі зі шпальт лискучих періодичних видань різного гатунку.

**Четверте.** Мозок, як і організм у цілому, є надскладним, тяжко пізнаваним об'єктом — настільки, що можливість його осягнення у наявній когнітивній традиції примарна. Можливість пізнавального самовідображення уймовірноє драматичну сингулярну зміну психічного процесу. Однак не за актуальних когнітивних інструментів.

**П'яте.** Скоріш за все, редуktivне "*осягнення*" мозку й психіки — з усіма технічними й світоглядними наслідками — відбудеться шляхом вилучення, знівечення чи знищення усіх "*іраціональностей*". А хибність такого шляху залишатиметься неочевидною через сцієнтистське виродження стрижневих інтелектуальних і естетико-аксіологічних уявлень й переконань людства.

Що ж робити? Збочити у самовгордне "*мізкославство*" чи зганьбитися знéвагом тілесних риз, згуртованих і згудзованих жилами<sup>1</sup> мозку і серця?

Тримаймося середини.

Сумліньмося.

Гартуймося у ретельності, доброчесності, звитязі і терпінні.

І щось та буде.

...А пізнання нуртує.  
Драматичне і парадоксальне.  
Повне серця, крові і, звичайно, мізків.

# DIXI

<sup>1</sup> *veῦρον* (давньогрецьк.) — сухожилля, жила, нитка, шнур, волокно, тятива, струна, сила, міцність тощо ([https://en.wiktionary.org/veῦρον#Ancient\\_Greek](https://en.wiktionary.org/veῦρον#Ancient_Greek); <https://ru.wiktionary.org/wiki/veῦρον>).

## *fons fontium*<sup>1</sup>, або використані джерела<sup>2</sup>

1. Блинков СМ, Глезер ИИ. Мозг человека в цифрах и таблицах. Ленинград: Медицина. 1964. 472 с.
2. Черкасов ВГ, Бобрик ИИ, Гуминский ЮИ, Ковальчук ОI. Міжнародна анатомічна термінологія (латинські, українські, російські та англійські еквіваленти). За ред. Черкасова ВГ. Вінниця: Нова Книга. 2010. 392 с.
3. Цимбалюк В.І., Медведєв В.В., Сенчик Ю.Ю. *Se.re.bellum*, або мозочок: монографія. Вінниця: Нова Книга, 2013. 272 с.
4. Цимбалюк В.І., Медведєв В.В. Спинной мозг. Элегия надежды: монография. Винница: Нова Книга, 2010. 944 с.
5. Цимбалюк В.І., Медведєв В.В. Нейрогенные стволовые клетки. К.: Коваль, 2005. 596 с.
6. Cajal on the cerebral cortex: An annotated translation of the complete writings; ed. J. DeFelipe & E.G. Jones. New York, Oxford University Press. 1988, 654 p.
7. Freitas Jr. RA. Nanomedicine, volume I: Basic capabilities. Landes Bioscience, Georgetown, Texas, U.S.A. 1999, 509 p.
8. von Economo C. Cellular structure of the human cerebral cortex [Translated and edited by Triarhou LC]. Karger. 2009, 246 p.
9. Фанарджян В.В., Григорян Р.А. Интегративные механизмы мозжечка. Частная физиология нервной системы. Л.: Наука, 1983. С. 112–170. (Серия "Руководство по физиологии").
10. Цимбалюк В.І., Ямінський Ю.Я. Реконструктивно-відновна хірургія спинного мозку. К.: Авіцена, 2009. 248 с.
11. Шмидт Р. Интегративные функции центральной нервной системы. Физиология человека: в 3 т. Пер. с англ., под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. Т.1. С. 129–170.
12. Шмидт Р., Визендангер М. Двигательные системы. Физиология человека: в 3 т. Пер. с англ., под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. Т.1. С. 88–128.
  13. Каган И.И., Чемезов С.В., Ким В.И., Демин А.В., Прыкин А. В. Состояние проблемы и новые данные о лимфо-лимфатических связях в центральной нервной системе // Новые задачи современной медицины: материалы II Международ. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, май 2013 г.). СПб.: Реноме, 2013. С. 23-26. Доступ: <https://moluch.ru/conf/med/archive/86/3766/> (дата звернення: 16.03.2019 р.).
  14. Пахтусова Н.А. Морфофункциональные особенности твердой мозговой оболочки и ее роль в оттоке ликвора у детей раннего возраста. Дис. ...канд. мед. наук по специальности 14.00.02 — Анатомия человека. Новосибирск. 2005. 114 с. Рукопись. Доступ: <http://www.dissertat.com/content/morfofunktsionalnye-osobennosti-tverdoi-mozgovoi-obolochki-i-ee-rol-v-otokke-likvora-u-detei>.
15. 1000 Genomes Project Consortium, Auton A, Brooks LD, Durbin RM, Garrison EP, Kang HM, Korbel JO, Marchini JL, McCarthy S, McVean GA, Abecasis GR. A global reference for human genetic variation. *Nature*. 2015 Oct 1;526(7571):68–74.
16. Armstrong T, Detweiler-Bedell B. Beauty as an emotion: the exhilarating prospect of mastering a challenging world. *Rev Gen Psychol*. 2008;12(4):305–29.
17. Aaronson ST, Conway CR. Vagus nerve stimulation: changing the paradigm for chronic severe depression? *Psychiatr Clin North Am*. 2018;41(3):409–18.
18. Abbott NJ, Pizzo ME, Preston JE, Janigro D, Thorne RG. The role of brain barriers in fluid movement in the CNS: is there a 'glymphatic' system? *Acta Neuropathol*. 2018;135(3):387–407.
19. Abbott NJ. Evidence for bulk flow of brain interstitial fluid: significance for physiology and pathology. *Neurochem Int*. 2004;45(4):545–52.
20. Abbott SB, Coates MB, Stornetta RL, Guyenet PG. Optogenetic stimulation of c1 and retrotrapezoid nucleus neurons causes sleep state-dependent cardiorespiratory stimulation and arousal in rats. *Hypertension*. 2013 Apr;61(4):835–41.
21. Abbott SBG, DePuy SD, Nguyen T, Coates MB, Stornetta RL, Guyenet PG. Selective optogenetic activation of rostral ventrolateral medullary catecholaminergic neurons produces cardiorespiratory stimulation in conscious mice. *J Neurosci*. 2013 Feb 13;33(7):3164–77.
22. Abbott SBG, Holloway BB, Viar KE, Guyenet PG. Vesicular glutamate transporter 2 is required for the respiratory and parasympathetic activation produced by optogenetic stimulation of catecholaminergic neurons in the rostral ventrolateral medulla of mice in vivo. *Eur J Neurosci*. 2014;39(1):98–106.
23. Abboud FM, Benson CJ. ASICs and cardiovascular homeostasis. *Neuropharmacology*. 2015 Jul;94:87–98.
24. Abdel Shaheed C, Maher CG, Williams KA, McLachlan AJ. Efficacy and tolerability of muscle relaxants for low back pain: systematic review and meta-analysis. *Eur J Pain*. 2017 Feb;21(2):228–37.
25. Abe N, Fujii T, Hirayama K, Takeda A, Hosokai Y, Ishioka T, Nishio Y, Suzuki K, Itoyama Y, Takahashi S, Fukuda H, Mori E. Do parkinsonian patients have trouble telling lies? The neurobiological basis of deceptive behaviour. *Brain*. 2009 May;132(Pt 5):1386–95.
26. Abeles M, Goldstein MH. Functional architecture in cat primary auditory cortex: columnar organization and organization according to depth. *J Neurophysiol*. 1970 Jan;33(1):172–87.
27. Abg Abd Wahab DY, Gau CH, Zakaria R, Muthu Karuppan MK, A-Rahbi BS, Abdullah Z, Alrafiah A, Abdullah JM, Muthuraju S. Review on cross talk between neurotransmitters and neuroinflammation in striatum and cerebellum in the mediation of motor behaviour. *Biomed Res Int*. 2019 Nov 14;2019:1767203.
28. Abraham A, Pieritz K, Thybusch K, Rutter B, Kröger S, Schweckendiek J, Stark R, Windmann S, Hermann C. Creativity and the brain: uncovering the neural signature of conceptual expansion. *Neuropsychologia*. 2012 Jul;50(8):1906–17.
29. Absinta M, Ha SK, Nair G, Sati P, Luciano NJ, Palisoc M, Louveau A, Zaghoul KA, Pittaluga S, Kipnis J, Reich DS. Human and nonhuman primate meninges harbor lymphatic vessels that can be visualized noninvasively by MRI. *Elife*. 2017 Oct 3;6:e29738.
30. Abu HO, Ulbricht C, Ding E, Allison JJ, Salmoirago-Blotcher E, Goldberg RJ, Kiefe CI. Association of religiosity and spirituality with quality of life in patients with cardiovascular disease: a systematic review. *Qual Life Res*. 2018 Nov;27(11):2777–97.
31. Accorsi-Mendonça D, Machado BH. Synaptic transmission of baro- and chemoreceptors afferents in the NTS second order neurons. *Auton Neurosci*. 2013 Apr;175(1–2):3–8.
32. Acerbo MJ, Hellmann B, Güntürkün O. Catecholaminergic and dopamine-containing neurons in the spinal cord of pigeons: An immunohistochemical study. *J Chem Neuroanat*. 2003;25(1):19–27.
33. Achache V, Mazevet D, Iglesias C, Lackmy A, Nielsen JB, Katz R, Marchand-Pauvert V. Enhanced spinal excitation from ankle flexors to knee extensors during walking in stroke patients. *Clin Neurophysiol*. 2010 Jun;121(6):930–8.
34. Achterberg J, Cooke K, Richards T, Standish LJ, Kozak L, Lake J. Evidence for correlations between distant intentionality and brain function in recipients: a functional magnetic resonance imaging analysis. *J Altern Complement Med*. 2005;11(6):965–71.
35. Acsády L, Kamondi A, Sik A, Freund T, Buzsáki G. GABAergic cells are the major postsynaptic targets of mossy fibers in the rat hippocampus. *J Neurosci*. 1998;18(9):3386–403.
36. Adamantidis A, Lüthi A. Optogenetic dissection of sleep-wake states in vitro and in vivo. *Handb Exp Pharmacol*. 2019;253:125–51.
37. Adametz JH. Rate of recovery of functioning in cats with rostral reticular lesions. *J Neurosurg*. 1959 Jan;16(1):85–98.
38. Adams KV, Morshead CM. Neural stem cell heterogeneity in the mammalian forebrain. *Prog Neurobiol*. 2018;170:2–36.
39. Adams M, Cavanagh JFR. International Campaign for Cures of Spinal Cord Injury Paralysis (ICCP): another step forward for spinal cord injury research. *Spinal Cord*. 2004;42(5):273–80.
40. Adjei S, Wesson DW. Laminar and spatial localization of the islands of Calleja in mice. *Neuroscience*. 2015 Feb;287:137–43.

<sup>1</sup> Гра слів: "фонтан джерел", або "джерело джерел"; іменник "fons" має кілька значень, серед котрих – весна, фонтан, джерело (<https://en.wiktionary.org/wiki/fons#Latin>); відомий сталий вираз "ex fontibus" – "за першоджерелами".

<sup>2</sup> Бібліографічні реквізити на ранні, рідкісні, монографічні чи вітчизняні джерела подано виносками, у місцях їхньої появи у тексті; до цього списку включено лише кілька найчастіше вживаних кирилических джерел, незважаючи на їх подання у виносках. Дрібнішим шрифтом наведено кирилическі джерела, поширеність цитування котрих у межах усієї книги мала.

<sup>3</sup> Незважаючи на перестороги стосовно цитування рукописів – дисертаційних праць і авторефератів – наводимо цю працю, беручи до уваги часте непряме посилання на першоджерела, висвітлені у ній.

41. Adler A, Katabi S, Finkes I, Israel Z, Prut Y, Bergman H. Temporal convergence of dynamic cell assemblies in the striato-pallidal network. *J Neurosci*. 2012;32(7):2473–84.
42. Adler CM, DelBello MP, Jarvis K, Levine A, Adams J, Strakowski SM. Voxel-based study of structural changes in first-episode patients with bipolar disorder. *Biol Psychiatry*. 2007;61(6):776–81.
43. Adler D, Herbelin B, Similowski T, Blanke O. Breathing and sense of self: visuo-respiratory conflicts alter body self-consciousness. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014;203:68–74.
44. Adler DH, Pluta J, Kadivar S, Craige C, Gee JC, Avants BB, Yushkevich PA. Histology-derived volumetric annotation of the human hippocampal subfields in postmortem MRI. *Neuroimage*. 2014 Jan 1;84:505–23.
45. Adriaansen JJ, Ruijs LE, van Koppenhagen CF, van Asbeck FW, Snoek GJ, van Kuppevelt D, Visser-Meily JM, Post MW. Secondary health conditions and quality of life in persons living with spinal cord injury for at least ten years. *J Rehabil Med*. 2016 Nov 11;48(10):853–60.
46. Aebbersold R, Agar JN, Amster IJ, Baker MS, Bertozzi CR, Boja ES, Costello CE, Cravatt BF, Fenselau C, Garcia BA, Ge Y, Gunawardena J, Hendrickson RC, Hergenrother PJ, Huber CG, Ivanov AR, Jensen ON, Jewett MC, Kelleher NL, Kiessling LL, Krogan NJ, Larsen MR, Loo JA, Ogorzalek Loo RR, Lundberg E, MacCoss MJ, Mallick P, Mootha VK, Mrksich M, Muir TW, Patrie SM, Pesavento JJ, Pitteri SJ, Rodriguez H, Saghatelyan A, Sandoval W, Schlüter H, Sechi S, Slavoff SA, Smith LM, Snyder MP, Thomas PM, Uhlén M, Van Eyk JE, Vidal M, Walt DR, White FM, Williams ER, Wohlschlagler T, Wysocki VH, Yates NA, Young NL, Zhang B. How many human proteoforms are there? *Nat Chem Biol*. 2018 Feb 14;14(3):206–14.
47. Afgoustidis A. Orientation maps in V1 and non-euclidean geometry. *J Math Neurosci*. 2015 Dec;5(1):24.
48. Agassandian K, Shan Z, Raizada M, Svéd AF, Card JP. C1 catecholamine neurons form local circuit synaptic connections within the rostroventrolateral medulla of rat. *Neuroscience*. 2012 Dec;227(1):247–59.
49. Agduhr E. Über ein zentrales Sinnesorgan (?) bei den Vertebraten. *Z Anat Entwicklungsgesch*. 1922;66(3–6):223–360.
50. Agirman G, Broix L, Nguyen L. Cerebral cortex development: an outside-in perspective. *FEBS Lett*. 2017 Dec;591(24):3978–92.
51. Agnati LF, Zoli M, Strömberg I, Fuxe K. Intercellular communication in the brain: wiring versus volume transmission. *Neuroscience*. 1995;69(3):711–26.
52. Agosta F, Pievani M, Geroldi C, Copetti M, Frisoni GB, Filippi M. Resting state fMRI in Alzheimer's disease: beyond the default mode network. *Neurobiol Aging*. 2012;33(8):1564–78.
53. Aguzzi A, Barres BA, Bennett ML. Microglia: scapegoat, saboteur, or something else? *Science*. 2013 Jan 11;339(6116):156–61.
54. Ahad MA, Kumar KR, Ning T, Mansori NI, Effendy MA, Damodaran T, Lingam K, Wahab HA, Nordin N, Liao P, Müller CP, Hassan Z. Insights into the neuropathology of cerebral ischemia and its mechanisms. *Rev Neurosci*. 2020 Jul 28;31(5):521–38.
55. Ahmed OJ, Mehta MR. The hippocampal rate code: anatomy, physiology and theory. *Trends Neurosci*. 2009;32(6):329–38.
56. Ahn H, Singh J, Mathens A, MacDonald RD, Travers A, Tallon J, Fehlings MG, Yee A. Pre-hospital care management of a potential spinal cord injured patient: a systematic review of the literature and evidence-based guidelines. *J Neurotrauma*. 2011 Aug;28(8):1341–61.
57. Ahuja CS, Fehlings M. Concise review: Bridging the gap: novel neuroregenerative and neuroprotective strategies in spinal cord injury. *Stem Cells Transl Med*. 2016 Jul;5(7):914–24.
58. Ahuja CS, Nori S, Tetreault L, Wilson J, Kwon B, Harrop J, Choi D, Fehlings MG. Traumatic spinal cord injury — repair and regeneration. *Neurosurgery*. 2017 Mar 1;80(3S):S9–S22.
59. Ahumada-Galleguillos P, Lemus CG, Díaz E, Osorio-Reich M, Härtel S, Concha ML. Directional asymmetry in the volume of the human habenula. *Brain Struct Funct*. 2017;222(2):1087–92.
60. Aicher SA, Reis DJ, Nicolae R, Milner TA. Monosynaptic projections from the medullary gigantocellular reticular formation to sympathetic preganglionic neurons in the thoracic spinal cord. *J Comp Neurol*. 1995;363(4):563–80.
61. Aimone JB, Li Y, Lee SW, Clemenson GD, Deng W, Gage FH. Regulation and function of adult neurogenesis: from genes to cognition. *Physiol Rev*. 2014;94(4):991–1026.
62. Ainley V, Apps MA, Fotopoulou A, Tsakiris M. 'Bodily precision': a predictive coding account of individual differences in interoceptive accuracy. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160003.
63. Aizawa H, Kobayashi M, Tanaka S, Fukai T, Okamoto H. Molecular characterization of the subnuclei in rat habenula. *J Comp Neurol*. 2012;520(18):4051–66.
64. Ajami NE, Gupta S, Maurya MR, Nguyen P, Li JY, Shyy JY, Chen Z, Chien S, Subramaniam S. Systems biology analysis of longitudinal functional response of endothelial cells to shear stress. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017 Oct 10;114(41):10990–5.
65. Akbik F, Cafferty WBJ, Strittmatter SM. Myelin associated inhibitors: a link between injury-induced and experience-dependent plasticity. *Exp Neurol*. 2012;235(1):43–52.
66. Akdeniz C, Schäfer A, Streit F, Haller L, Wüst S, Kirsch P, Tost H, Meyer-Lindenberg A. Sex-dependent association of perigenual anterior cingulate cortex volume and migration background, an environmental risk factor for schizophrenia. *Schizophr Bull*. 2017 Jul 1;43(4):925–34.
67. Akers KG, Chérasse Y, Fujita Y, Srinivasan S, Sakurai T, Sakaguchi M. Concise review: regulatory influence of sleep and epigenetics on adult hippocampal neurogenesis and cognitive and emotional function. *Stem Cells*. 2018;36(7):969–76.
68. Akhlaghpour H, Wiskerke J, Choi JY, Taliaferro JP, Au J, Witten IB. Dissociated sequential activity and stimulus encoding in the dorsomedial striatum during spatial working memory. *Elife*. 2016 Sep 16;5:e19507.
69. Akhter F, Haque T, Sato F, Kato T, Ohara H, Fujio T, Tsutsumi K, Uchino K, Sessle BJ, Yoshida A. Projections from the dorsal peduncular cortex to the trigeminal subnucleus caudalis (medullary dorsal horn) and other lower brainstem areas in rats. *Neuroscience*. 2014 Apr 25;266:23–37.
70. Akinola OB, Gabriel MO. Neuroanatomical and molecular correlates of cognitive and behavioural outcomes in hypogonadal males. *Metab Brain Dis*. 2018;33(2):491–505.
71. Akpinar S, Aydin H, Kutukcu Y. In restless legs syndrome, during changes in vigilance, the forced EEG shifts from alpha activity to delta or high alpha may lead to the altered states of dopamine receptor function and the symptoms. *Med Hypotheses*. 2007;69(2):273–81.
72. Al E, Iliopoulos F, Forschack N, Nierhaus T, Grund M, Motyka P, Gaebler M, Nikulin VV, Villringer A. Heart-brain interactions shape somatosensory perception and evoked potentials. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020 May 12;117(19):10575–84. Erratum: Heart-brain interactions shape somatosensory perception and evoked potentials. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020;117(29):17448.
73. Alam M, Rodrigues W, Pham BN, Thakor NV. Brain-machine interface facilitated neurorehabilitation via spinal stimulation after spinal cord injury: Recent progress and future perspectives. *Brain Res*. 2016;1646:25–33.
74. Alam M, Schwabe K, Krauss JK. The pedunculopontine nucleus area: critical evaluation of interspecies differences relevant for its use as a target for deep brain stimulation. *Brain*. 2011;134(1):11–23.
75. Alamia A, VanRullen R, Pasqualotto E, Mouraux A, Zenon A. Pupil-linked arousal responds to unconscious surprisal. *J Neurosci*. 2019;39(27):5369–76.
76. Albargothy NJ, Johnston DA, MacGregor-Sharp M, Weller RO, Verma A, Hawkes CA, Carare RO. Convective influx/glymphatic system: tracers injected into the CSF enter and leave the brain along separate periarterial basement membrane pathways. *Acta Neuropathol*. 2018 Jul;136(1):139–52.
77. Albayram S, Asik M, Hasiloglu ZI, Dikici AS, Erdemli HE, Altintas A. Pathological contrast enhancement of the oculomotor and trigeminal nerves caused by intracranial hypotension syndrome. *Headache*. 2011;51(5):804–8.
78. Albrecht A, Ivens S, Papageorgiou IE, Çalişkan G, Saiepour N, Brück W, Richter-Levin G, Heinemann U, Stork O. Shifts in excitatory/inhibitory balance by juvenile stress: a role for neuron-astrocyte interaction in the dentate gyrus. *Glia*. 2016 Jun;64(6):911–22.
79. Alcolado R, Weller RO, Parrish EP, Garrod D. The cranial arachnoid and pia mater in man: anatomical and ultrastructural observations. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 1988 Jan-Feb;14(1):1–17.
80. Aldea R, Weller RO, Wilcock DM, Carare RO, Richardson G. Cerebrovascular smooth muscle cells as the drivers of intramural periarterial drainage of the brain. *Front Aging Neurosci*. 2019 Jan 23;11:1.
81. Alders GL, Minuzzi L, Sarin S, Frey BN, Hall GB, Samaan Z. Volumetric MRI Analysis of a Case of Severe Ventriculomegaly. *Front Hum Neurosci*. 2018 Dec 6;12:495.
82. Alexander GM, Brown LY, Farris S, Lustberg D, Pantazis C, Gloss B, Plummer NW, Jensen P, Dudek SM. CA2 neuronal activity controls hippocampal low gamma and ripple oscillations. *Elife*. 2018 Nov 27;7:e38052.
83. Alexander GM, Huang YZ, Soderblom EJ, He X-P, Moseley MA, McNamara JO. Vagal nerve stimulation modifies neuronal activity and the proteome of excitatory synapses of amygdala/piriform cortex. *J Neurochem*. 2017 Feb;140(4):629–44.
84. Alexanian AR, Maiman DJ, Kurpad SN, Gennarelli TA. In vitro and in vivo characterization of neurally modified mesenchymal stem cells induced by epigenetic modifiers and neural stem cell environment. *Stem Cells Dev*. 2008;17(6):1123–30.



85. Alexanian AR. Epigenetic modifiers promote efficient generation of neural-like cells from bone marrow-derived mesenchymal cells grown in neural environment. *J Cell Biochem.* 2007;100(2):362–71.
86. Aley PK, Murray HJ, Boyle JP, Pearson HA, Peers C. Hypoxia stimulates Ca<sup>2+</sup> release from intracellular stores in astrocytes via cyclic ADP ribose-mediated activation of ryanodine receptors. *Cell Calcium.* 2006;39(1):95–100.
87. Alfaro-Cervello C, Soriano-Navarro M, Mirzadeh Z, Alvarez-Buylla A, Garcia-Verdugo JM. Bicyclic endependymal cell proliferation contributes to spinal cord growth. *J Comp Neurol.* 2012;520(15):3528–52.
88. Alhadeff AL, Rupprecht LE, Hayes MR. GLP-1 neurons in the nucleus of the solitary tract project directly to the ventral tegmental area and nucleus accumbens to control for food intake. *Endocrinology.* 2012;153(2):647–58.
89. Alheid GF, Heimer L. New perspectives in basal forebrain organization of special relevance for neuropsychiatric disorders: the striatopallidal, amygdaloid, and cortico-petal components of substantia innominata. *Neuroscience.* 1988;27(1):1–39.
90. Alho ATDL, Hamani C, Alho EJJ, da Silva RE, Santos GAB, Neves RC, Carreira LL, Araújo CMM, Magalhães G, Coelho DB, Alegro MC, Martin MGM, Grinberg LT, Pasqualeluci CA, Heinsen H, Fonoff ET, Amaro E Jr. Magnetic resonance diffusion tensor imaging for the pedunculo-pontine nucleus: proof of concept and histological correlation. *Brain Struct Funct.* 2017 Aug;222(6):2547–58.
91. Ali AB, Thomson AM. Facilitating pyramid to horizontal oriens-alveus interneurone inputs: dual intracellular recordings in slices of rat hippocampus. *J Physiol.* 1998;507(1):185–99.
92. Alizadeh A, Dyck SM, Karimi-Abdolrezaee S. Traumatic spinal cord injury: an overview of pathophysiology, models and acute injury mechanisms. *Front Neurol.* 2019 Mar 22;10:282.
93. Al-Khater KM, Kerr R, Todd AJ. A quantitative study of spinothalamic neurons in laminae I, III and IV in lumbar and cervical segments of the rat spinal cord. *J Comp Neurol.* 2008;511(1):1–18.
94. Allain AE, Ségu L, Meyrand P, Branchereau P. Serotonin controls the maturation of the GABA phenotype in the ventral spinal cord via 5-HT<sub>1B</sub> receptors. *Ann N Y Acad Sci.* 2010;1198:208–19.
95. Allan LM, Ballard CG, Allen J, Murray A, Davidson AW, McKeith IG, Kenny RA. Autonomic dysfunction in dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007 Jul;78(7):671–7.
96. Allchin R, Batten T, McWilliam P, Vaughan P. Electrical stimulation of the vagus increases extracellular glutamate recovered from the nucleus tractus solitarius of the cat by in vivo microdialysis. *Exp Physiol.* 1994 Mar 1;79(2):265–8.
97. Allcock LM, Rowan EN, Steen IN, Wesnes K, Kenny RA, Burn DJ. Impaired attention predicts falling in Parkinson's disease. *Park Relat Disord.* 2009;15(2):110–5.
98. Allen LF, Inglis WL, Winn P. Is the cuneiform nucleus a critical component of the mesencephalic locomotor region? An examination of the effects of excitotoxic lesions of the cuneiform nucleus on spontaneous and nucleus accumbens induced locomotion. *Brain Res Bull.* 1996;41(4):201–10.
99. Allen M, Fardo F, Dietz MJ, Hillebrandt H, Friston KJ, Rees G, Roepstorff A. Anterior insula coordinates hierarchical processing of tactile mismatch responses. *Neuroimage.* 2016 Feb 15;127:34–43.
100. Allen M, Friston KJ. From cognitivism to autopoiesis: towards a computational framework for the embodied mind. *Synthese.* 2018;195(6):2459–82.
101. Allen NJ, Bennett ML, Foo LC, Wang GX, Chakraborty C, Smith SJ, Barres BA. Astrocyte glypicans 4 and 6 promote formation of excitatory synapses via GluA1 AMPA receptors. *Nature.* 2012 May 27;486(7403):410–4.
102. Allison WT. The intrigue is infectious: Impacts of prion protein during neural development. *Dev Biol.* 2018;441(1):1–3.
103. Allman J, Hakeem A, Watson K. Two phylogenetic specializations in the human brain. *Neuroscientist.* 2002 Aug;8(4):335–46.
104. Allman JM, Tetreault NA, Hakeem AY, Manaye KF, Semendeferi K, Erwin JM, Park S, Goubert V, Hof PR. The von Economo neurons in fronto-insular and anterior cingulate cortex in great apes and humans. *Brain Struct Funct.* 2010 Jun;214(5-6):495–517.
105. Allman JM, Tetreault NA, Hakeem AY, Manaye KF, Semendeferi K, Erwin JM, Park S, Goubert V, Hof PR. The von Economo neurons in the fronto-insular and anterior cingulate cortex. *Ann N Y Acad Sci.* 2011 Apr;1225:59–71.
106. Allman JM, Watson KK, Tetreault NA, Hakeem AY. Intuition and autism: a possible role for Von Economo neurons. *Trends Cogn Sci.* 2005 Aug;9(8):367–73.
107. Allman MJ, Meck WH. Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. *Brain.* 2012;135(3):656–77.
108. Almarestani L, Waters SM, Krause JE, Bennett GJ, Ribeiro-da-Silva A. Morphological characterization of spinal cord dorsal horn lamina I neurons projecting to the parabrachial nucleus in the rat. *J Comp Neurol.* 2007 Sep 20;504(3):287–97.
109. Almeida A, Cobos A, Tavares I, Lima D. Brain afferents to the medullary dorsal reticular nucleus: a retrograde and anterograde tracing study in the rat. *Eur J Neurosci.* 2002;16(1):81–95.
110. Alonso MI, Gato A. Cerebrospinal fluid and neural stem cell niche control. *Neural Regen Res.* 2018;13(9):1546–7.
111. Alonso MI, Lamus F, Carnicero E, Moro JA, de la Mano A, Fernández JMF, Desmond ME, Gato A. Embryonic cerebrospinal fluid increases neurogenic activity in the brain ventricular-subventricular zone of adult mice. *Front Neuroanat.* 2017 Dec 19;11:124.
112. Allosco ML, Hayes SM. Structural brain alterations in heart failure: a review of the literature and implications for risk of Alzheimer's disease. *Heart Fail Rev.* 2015;20(5):561–71.
113. Allosco ML, Spitznagel MB, Cohen R, Raz N, Sweet LH, Josephson R, Hughes J, Rosneck J, Gunstad J. Decreased physical activity predicts cognitive dysfunction and reduced cerebral blood flow in heart failure. *J Neurol Sci.* 2014 Apr 15;339(1–2):169–75.
114. Al-Qudah ZA, Yacoub HA, Souayah N. Disorders of the autonomic nervous system after hemispheric cerebrovascular disorders: an update. *J Vasc Interv Neurol.* 2015;8(4):43–52.
115. Alstermark B, Ekerot CF. The lateral reticular nucleus: a precerebellar centre providing the cerebellum with overview and integration of motor functions at systems level. A new hypothesis. *J Physiol.* 2013;591(22):5453–8.
116. Altman J, Das GD. Autoradiographic and histological evidence of postnatal hippocampal neurogenesis in rats. *J Comp Neurol.* 1965 Jun;124(3):319–35.
117. Altman J, Das GD. Autoradiographic and histological studies of postnatal neurogenesis. I. A longitudinal investigation of the kinetics, migration and transformation of cells incorporating tritiated thymidine in neonate rats, with special reference to postnatal neurogenesis. *J Comp Neurol.* 1966;126(3):337–89.
118. Altman J. Autoradiographic investigation of cell proliferation in the brains of rats and cats. *Anat Rec.* 1963;145(4):573–91.
119. Altschul R. Die glomeruli der area praesubicularis. *Zeitschrift für die gesamte Neurol und Psychiatr.* 1933 Dec;148(1):50–4.
120. Alunni A, Bally-Cuif L. A comparative view of regenerative neurogenesis in vertebrates. *Development.* 2016 Mar 1;143(5):741–53.
121. Alvarez FJ, Jonas PC, Sapir T, Hartley R, Berrocal MC, Geiman EJ, Todd AJ, Goulding M. Postnatal phenotype and localization of spinal cord V1 derived interneurons. *J Comp Neurol.* 2005 Dec 12;493(2):177–92.
122. Alvarez FJ, Pearson JC, Harrington D, Dewey D, Torbeck L, Fyffe REW. Distribution of 5-hydroxytryptamine-immunoreactive boutons on  $\alpha$ -motoneurons in the lumbar spinal cord of adult cats. *J Comp Neurol.* 1998;393(1):69–83.
123. Alvarez-Bolado G, Celio MR. The ventrolateral hypothalamic area and the paravox nucleus: role in the expression of (positive) emotions? *J Comp Neurol.* 2016;524(8):1616–23.
124. Alvarez-Dolado M, Pardal R, Garcia-Verdugo JM, Fike JR, Lee HO, Pfeffer K, Lois C, Morrison SJ, Alvarez-Buylla A. Fusion of bone-marrow-derived cells with Purkinje neurons, cardiomyocytes and hepatocytes. *Nature.* 2003 Oct 30;425(6961):968–73.
125. Aly M, Chen J, Turk-Browne NB, Hasson U. Learning naturalistic temporal structure in the posterior medial network. *J Cogn Neurosci.* 2018 Sep;30(9):1345–65.
126. Amaral DG, Ishizuka N, Claiborne B. Neurons, numbers and the hippocampal network. *Prog Brain Res.* 1990;83:1–11.
127. Amaral DG, Witter MP. The three-dimensional organization of the hippocampal formation: a review of anatomical data. *Neuroscience.* 1989;31(3):571–91.
128. Amaral DG, Insausti R, Cowan WM. The entorhinal cortex of the monkey: I. Cytoarchitectonic organization. *J Comp Neurol.* 1987 Oct 15;264(3):326–55.
129. Amaral DG, Kondo H, Lavenex P. An analysis of entorhinal cortex projections to the dentate gyrus, hippocampus, and subiculum of the neonatal macaque monkey. *J Comp Neurol.* 2014;522(7):1485–505.
130. Amaral DG, Kurz J. An analysis of the origins of the cholinergic and noncholinergic septal projections to the hippocampal formation of the rat. *J Comp Neurol.* 1985;240(1):37–59.
131. Amaral DG, Scharfman HE, Lavenex P. The dentate gyrus: fundamental neuroanatomical organization (dentate gyrus for dummies). *Prog Brain Res.* 2007;163:3–22.
132. Amilhon B, Huh CY, Manseau F, Ducharme G, Nichol H, Adamantidis A, Williams S. Parvalbumin interneurons of hippocampus tune population activity at theta frequency. *Neuron.* 2015 Jun 3;86(5):1277–89.

133. Ammirati E, Scotti I, Camici PG. Can silent brain lesions be a target to guide anticoagulation treatment in patients with low-risk atrial fibrillation to reduce cognitive impairment? *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(20):2174–5.
134. Ampadu J, Morley JE. Heart failure and cognitive dysfunction. *Int J Cardiol*. 2015;178:12–23.
135. Anacleit C, Ferrari L, Arrigoni E, Bass CE, Saper CB, Lu J, Fuller PM. The GABAergic parafacial zone is a medullary slow wave sleep-promoting center. *Nat Neurosci*. 2014 Sep;17(9):1217–24.
136. Anacleit C, Fuller PM. Brainstem regulation of slow-wave-sleep. *Curr Opin Neurobiol*. 2017;44:139–43.
137. Anacleit C, Lin JS, Vetrivelan R, Krenzer M, Vong L, Fuller PM, Lu J. Identification and characterization of a sleep-active cell group in the rostral medullary brainstem. *J Neurosci*. 2012 Dec 12;32(50):17970–6.
138. Anacleit C, Pedersen NP, Ferrari LL, Venner A, Bass CE, Arrigoni E, Fuller PM. Basal forebrain control of wakefulness and cortical rhythms. *Nat Commun*. 2015 Nov 3;6:8744.
139. Anacleit C, Pedersen NP, Fuller PM, Lu J. Brainstem circuitry regulating phasic activation of trigeminal motoneurons during REM sleep. *PLoS One*. 2010 Jan 20;5(1):e8788.
140. Andersen MR, Farooq M, Koefoed K, Kjaer KW, Simony A, Christensen ST, Larsen LA. Mutation of the planar cell polarity gene *VANGL1* in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017 Jun 15;42(12):E702–E707.
141. Anderson DK, Means ED, Waters TR, Spears CJ. Spinal cord energy metabolism following compression trauma to the feline spinal cord. *J Neurosurg*. 1980;53(3):375–80.
142. Anderson DK, Prockop LD, Means ED, Hartley LE. Cerebrospinal fluid lactate and electrolyte levels following experimental spinal cord injury. *J Neurosurg*. 1976;44(6):715–22.
143. Anderson SJ, Hecker KG, Krigolson OE, Jamniczky HA. A reinforcement-based learning paradigm increases anatomical learning and retention — a neuroeducation study. *Front Hum Neurosci*. 2018 Feb 6;12:38.
144. Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet*. 1999 Aug;354(9178):581–5.
145. Andreatta-van Leyen S, Averill DB, Guertzenstein PG. Cardiorespiratory effects induced by acetazolamide on the ventromedullary surface of the cat. *J Physiol*. 1990 Feb 1;421(1):171–84.
146. Andreone BJ, Lacoste B, Gu C. Neuronal and vascular interactions. *Annu Rev Neurosci*. 2015 Jul 8;38:25–46.
147. Andreotti JP, Prazeres PHDM, Magno LAV, Romano-Silva MA, Mintz A, Birbrair A. Neurogenesis in the postnatal cerebellum after injury. *Int J Dev Neurosci*. 2018;67(55):33–6.
148. Andreotti JP, Silva WN, Costa AC, Picoli CC, Bitencourt FCO, Coimbra-Campos LMC, Resende RR, Magno LAV, Romano-Silva MA, Mintz A, Birbrair A. Neural stem cell niche heterogeneity. *Semin Cell Dev Biol*. 2019 Nov;95:42–53.
149. Andres KH, von Düring M, Muszynski K, Schmidt RF. Nerve fibres and their terminals of the dura mater encephali of the rat. *Anat Embryol (Berl)*. 1987;175(3):289–301.
150. Andres KH, Von Düring M, Veh RW. Subnuclear organization of the rat habenular complexes. *J Comp Neurol*. 1999;407(1):130–50.
151. Andrés-Guerrero V, García-Feijoo J, Konstas AG. Targeting Schlemm's canal in the medical therapy of glaucoma: current and future considerations. *Adv Ther*. 2017;34(5):1049–69.
152. Andrew D, Craig AD. Spinothalamic lamina I neurones selectively responsive to cutaneous warming in cats. *J Physiol*. 2001;537(2):489–95.
153. Andrews EM, Richards RJ, Yin FQ, Viapiano MS, Jakeman LB. Alterations in chondroitin sulfate proteoglycan expression occur both at and far from the site of spinal contusion injury. *Exp Neurol*. 2012;235(1):174–87.
154. Andrews-Hanna JR, Smallwood J, Spreng RN. The default network and self-generated thought: component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Ann N Y Acad Sci*. 2014;1316(1):29–52.
155. Andrezik JA, Chan-Palay V, Palay SL. The nucleus paragigantocellularis lateralis in the rat. *Conformation and Cytology*. *Anat Embryol (Berl)*. 1981 Mar;161(4):355–71.
156. Angaut P, Bowsher D. Ascending projections of the medial cerebellar (fastigial) nucleus: an experimental study in the cat. *Brain Res*. 1970;24(1):49–68.
157. Angel HF, Seitz JR. Violations of expectations as matter for the believing process. *Front Psychol*. 2017 May 29;8:772.
158. Angel L, Bouazzaoui B, Isingrini M, Fay S, Taconnat L, Vanneste S, Ledoux M, Gissot V, Hommet C, Andersson F, Barantin L, Cottier JP, Pasco J, Desmidt T, Patat F, Camus V, Remenieras JP. Brain tissue pulsatility mediates cognitive and electrophysiological changes in normal aging: evidence from ultrasound tissue pulsatility imaging (TPI). *Brain Cogn*. 2018 Jun;123:74–80.
159. Anguera JA, Reuter-Lorenz PA, Willingham DT, Seidler RD. Failure to engage spatial working memory contributes to age-related declines in visuomotor learning. *J Cogn Neurosci*. 2011;23(1):11–25.
160. Anese V, Navarro-Guerrero E, Rodríguez-Prieto I, Pardal R. Physiological plasticity of neural-crest-derived stem cells in the adult mammalian carotid body. *Cell Rep*. 2017;19(3):471–8.
161. Ano GG, Vasconcelles EB. Religious coping and psychological adjustment to stress: a meta-analysis. *J Clin Psychol*. 2005;61(4):461–80.
162. Ansari D. Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nat Rev Neurosci*. 2008;9(4):278–91.
163. Antal M, Sholomenko GN, Moschovakis AK, Storm-Mathisen J, Heizmann CW, Hunziker W. The termination pattern and postsynaptic targets of rubrospinal fibers in the rat spinal cord: a light and electron microscopic study. *J Comp Neurol*. 1992;325(1):22–37.
164. Anticevic A, Cole MW, Murray JD, Corlett PR, Wang XJ, Krystal JH. The role of default network deactivation in cognition and disease. *Trends Cogn Sci*. 2012;16(12):584–92.
165. Anttila S, Karaman S, Nurmi H, Airavaara M, Voutilainen MH, Mathivet T, Chlilov D, Li Z, Koppinen T, Park JH, Fang S, Aspelund A, Saarna M, Eichmann A, Thomas JL, Alitalo K. Development and plasticity of meningeal lymphatic vessels. *J Exp Med*. 2017 Dec 4;214(12):3645–67.
166. Antolin-Fontes B, Ables JL, Görlich A, Ibañez-Tallon I. The habenulo-interpeduncular pathway in nicotine aversion and withdrawal. *Neuropharmacology*. 2015 Sep;96(Pt B):213–22.
167. Antonovaite N, Beekmans SV, Hol EM, Wadman WJ, Iannuzzi D. Regional variations in stiffness in live mouse brain tissue determined by depth-controlled indentation mapping. *Sci Rep*. 2018 Aug 21;8(1):12517.
168. Anversa P, Leri A. Innate regeneration in the aging heart: healing from within. *Mayo Clin Proc*. 2013;88(8):871–83.
169. Apergis-Schoute J, Iordanidou P, Faure C, Jego S, Schöne C, Aitta-Aho T, Adamantidis A, Burdakov D. Optogenetic evidence for inhibitory signaling from orexin to MCH neurons via local microcircuits. *J Neurosci*. 2015 Apr 8;35(14):5435–41.
170. Apoorva F, Loiben AM, Shah SB, Purwada A, Fontan L, Goldstein R, Kirby BJ, Melnick AM, Cosgrove BD, Singh A. How biophysical forces regulate human B cell lymphomas. *Cell Rep*. 2018 Apr 10;23(2):499–511.
171. Apple DM, Fonseca RS, Kokovay E. The role of adult neurogenesis in psychiatric and cognitive disorders. *Brain Res*. 2017;1655:270–6.
172. Appleyard SM, Marks D, Kobayashi K, Okano H, Low MJ, Andresen MC. Visceral afferents directly activate catecholamine neurons in the solitary tract nucleus. *J Neurosci*. 2007;27(48):13292–302.
173. Apps MAJ, Rushworth MFS, Chang SWC. The anterior cingulate gyrus and social cognition: tracking the motivation of others. *Neuron*. 2016;90(4):692–707.
174. Aracri P, Banfi D, Pasini ME, Amadeo A, Becchetti A. Hypocretin (orexin) regulates glutamate input to fast-spiking interneurons in layer V of the Fr2 region of the murine prefrontal cortex. *Cereb Cortex*. 2015;25(5):1330–47.
175. Arango V, Ruggiero DA, Callaway JL, Anwar M, Mann JJ, Reis DJ. Catecholaminergic neurons in the ventrolateral medulla and nucleus of the solitary tract in the human. *J Comp Neurol*. 1988;273(2):224–40.
176. Aravamuthan BR, Angelaki DE. Vestibular responses in the macaque pedunculopontine nucleus and central mesencephalic reticular formation. *Neuroscience*. 2012;223:183–99.
177. Aravamuthan BR, McNab JA, Miller KL, Rushworth M, Jenkinson N, Stein JF, Aziz TZ. Cortical and subcortical connections within the pedunculopontine nucleus of the primate *Macaca mulatta* determined using probabilistic diffusion tractography. *J Clin Neurosci*. 2009 Mar;16(3):413–20.
178. Aravamuthan BR, Muthusamy KA, Stein JF, Aziz TZ, Johansen-Berg H. Topography of cortical and subcortical connections of the human pedunculopontine and subthalamic nuclei. *Neuroimage*. 2007;37(3):694–705.
179. Arbel-Ornath M, Hudry E, Eikermann-Haerter K, Hou S, Gregory JL, Zhao L, Betensky RA, Frosch MP, Greenberg SM, Bacskai BJ. Interstitial fluid drainage is impaired in ischemic stroke and Alzheimer's disease mouse models. *Acta Neuropathol*. 2013 Sep;126(3):353–64.
180. Arboleda VA, Sandberg DE, Vilain E. DSDs: genetics, underlying pathologies and psychosexual differentiation. *Nat Rev Endocrinol*. 2014 Oct 5;10(10):603–15.

181. Arcuri C, Mecca C, Giambanco I, Donato R. Parenchymal and non-parenchymal immune cells in the brain: A critical role in regulating CNS functions. *Int J Dev Neurosci*. 2019;77:26–38.
182. Aregueta-Robles UA, Woolley AJ, Poole-Warren LA, Lovell NH, Green RA. Organic electrode coatings for next-generation neural interfaces. *Front Neuroeng*. 2014 May 27;7:15.
183. Arendt T. Cell cycle activation and aneuploid neurons in Alzheimer's disease. *Mol Neurobiol*. 2012;46(1):125–35.
184. Arias-Carrión O, Caraza-Santiago X, Salgado-Licona S, Salama M, Machado S, Nardi AE, Menéndez-González M, Murillo-Rodríguez E. Orquestic regulation of neurotransmitters on reward-seeking behavior. *Int Arch Med*. 2014 Jun 16;7:29.
185. Arisaka T, Mitsumata M, Kawasumi M, Tohjima T, Hirose S, Yoshida Y. Effects of shear stress on glycosaminoglycan synthesis in vascular endothelial cells. *Ann N Y Acad Sci*. 1994;748:543–54.
186. Armour JA, Murphy DA, Yuan BX, Macdonald S, Hopkins DA. Gross and microscopic anatomy of the human intrinsic cardiac nervous system. *Anat Rec*. 1997;247(2):289–98.
187. Armour JA. Functional anatomy of intrathoracic neurons innervating the atria and ventricles. *Hear Rhythm*. 2010;7(7):994–6.
188. Armour JA. Potential clinical relevance of the "little brain" on the mammalian heart. *Exp Physiol*. 2008;93(2):165–76.
189. Armstrong C, Wang J, Yeun Lee S, Broderick J, Bezaira MJ, Lee SH, Soltesz I. Target-selectivity of parvalbumin-positive interneurons in layer II of medial entorhinal cortex in normal and epileptic animals. *Hippocampus*. 2016 Jun;26(6):779–93.
190. Armstrong CL, Hopkins DA. Neurochemical organization of paratrigeminal nucleus projections to the dorsal vagal complex in the rat. *Brain Res*. 1998;785(1):49–57.
191. Arnold AP, Chen X, Itoh Y. What a difference an X or Y makes: sex chromosomes, gene dose, and epigenetics in sexual differentiation. *Handb Exp Pharmacol*. 2012;214(214):67–88.
192. Arnold AP. A general theory of sexual differentiation. *J Neurosci Res*. 2017 Jan 2;95(1–2):291–300.
193. Arnold JC, Topple AN, Mallet PE, Hunt GE, McGregor IS. The distribution of cannabinoid-induced Fos expression in rat brain: differences between the Lewis and Wistar strain. *Brain Res*. 2001 Dec;921(1–2):240–55.
194. Arnsten AF, Jin LE. Molecular influences on working memory circuits in dorsolateral prefrontal cortex. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2014;122:211–31.
195. Arnsten AFT. Prefrontal cortical network connections: key site of vulnerability in stress and schizophrenia. *Int J Dev Neurosci*. 2011;29(3):215–23.
196. Arnsten AFT. Stress weakens prefrontal networks: molecular insults to higher cognition. *Nat Neurosci*. 2015;18(10):1376–85.
197. Arnulf I, Leu-Semencescu S. Sleepiness in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2009 Dec;15 Suppl 3:S101–4.
198. Aronov D, Nevers R, Tank DW. Mapping of a non-spatial dimension by the hippocampal-entorhinal circuit. *Nature*. 2017 Mar 30;543(7647):719–22.
199. Arrigoni E, Chen MC, Fuller PM. The anatomical, cellular and synaptic basis of motor atonia during rapid eye movement sleep. *J Physiol*. 2016;594(19):5391–414.
200. Arvanian VL, Schnell L, Lou L, Golshani R, Hunanyan A, Ghosh A, Pearse DD, Robinson JK, Schwab ME, Fawcett JW, Mendell LM. Chronic spinal hemisection in rats induces a progressive decline in transmission in uninjured fibers to motoneurons. *Exp Neurol*. 2009 Apr;216(2):471–80.
201. Arvidsson U, Cullheim S, Ulfhake B, Bennett GW, Fone KC, Cuello AC, Verhofstad AA, Visser TJ, Hökfelt T. 5-Hydroxytryptamine, substance P, and thyrotropin-releasing hormone in the adult cat spinal cord segment L7: immunohistochemical and chemical studies. *Synapse*. 1990;6(3):237–70.
202. Arzy S, Arzouan Y, Adi-Japha E, Solomon S, Blanke O. The "intrinsic" system in the human cortex and self-projection: a data driven analysis. *Neuroreport*. 2010;21(8):569–74.
203. Asahara T, Kawamoto A, Masuda H. Concise review: circulating endothelial progenitor cells for vascular medicine. *Stem Cells*. 2011;29(11):1650–5.
204. Asahara T, Murohara T, Sullivan A, Silver M, van der Zee R, Li T, Witzenbichler B, Schattman G, Isner JM. Isolation of putative progenitor endothelial cells for angiogenesis. *Science*. 1997 Feb 14;275(5302):964–7.
205. Asanome M, Matsuyama K, Mori S. Augmentation of postural muscle tone induced by the stimulation of the descending fibers in the midline area of the cerebellar white matter in the acute decerebrate cat. *Neurosci Res*. 1998;30(3):257–69.
206. Ascoli GA, Brown KM, Calixto E, Card JP, Galván EJ, Perez-Rosello T, Barrionuevo G. Quantitative morphometry of electrophysiologically identified CA3b interneurons reveals robust local geometry and distinct cell classes. *J Comp Neurol*. 2009 Aug 20;515(6):677–95.
207. Asgari M, de Zélicourt D, Kurtcuoglu V. Glymphatic solute transport does not require bulk flow. *Sci Rep*. 2016 Dec 8;6:38635.
208. Ashikari Y, Kobayashi S, Tago A, Yoneyama M, Ito M, Fukuda K, Mizuno Y, Tsunoda Y, Shimizu S, Yokoi K, Kamioka N, Hamajima N, Suzuki S. A case of Guillain-Barré syndrome with meningeal irritation. *Brain Dev*. 2016 Jan;38(1):163–6.
209. Ashraf A, Clark M, So PW. The Aging of Iron Man. *Front Aging Neurosci*. 2018 Mar 12;10:65.
210. Ashton JL, Burton RAB, Bub G, Smail BH, Montgomery JM. Synaptic Plasticity in Cardiac Innervation and Its Potential Role in Atrial Fibrillation. *Front Physiol*. 2018 Mar 20;9:240.
211. Aspelund A, Antila S, Proulx ST, Karlén TV, Karaman S, Detmar M, Wiig H, Alitalo K. A dural lymphatic vascular system that drains brain interstitial fluid and macromolecules. *J Exp Med*. 2015 Jun 29;212(7):991–9.
212. Aspelund A, Tammela T, Antila S, Nurmi H, Leppänen VM, Zarkada G, Stanczuk L, Francois M, Mäkinen T, Saharinen P, Immonen I, Alitalo K. The Schlemm's canal is a VEGF-C/VEGFR-3-responsive lymphatic-like vessel. *J Clin Invest*. 2014 Sep;124(9):3975–86.
213. Assinck P, Duncan GJ, Hilton BJ, Plemel JR, Tetzlaff W. Cell transplantation therapy for spinal cord injury. *Nat Neurosci*. 2017;20(5):637–47.
214. Assunção-Silva RC, Gomes ED, Sousa N, Silva NA, Salgado AJ. Hydrogels and cell based therapies in spinal cord injury regeneration. *Stem Cells Int*. 2015;2015:948040.
215. Astier B, Van Bockstaele EJ, Aston-Jones G, Pieribone VA. Anatomical evidence for multiple pathways leading from the rostral ventrolateral medulla (nucleus paragigantocellularis) to the locus coeruleus in rat. *Neurosci Lett*. 1990;118(2):141–6.
216. Aston-Jones G, Ennis M, Pieribone VA, Nickell WT, Shipley MT. The brain nucleus locus coeruleus: restricted afferent control of a broad efferent network. *Science*. 1986 Nov 7;234(4777):734–7.
217. Aston-Jones G, Shipley MT, Chouvet G, Ennis M, van Bockstaele E, Pieribone V, Shiekhhattar R, Akaoka H, Drolet G, Astier B, Charlety P, Valentino R, Williams J. Afferent regulation of locus coeruleus neurons: anatomy, physiology and pharmacology. *Prog Brain Res*. 1991;88:47–75.
218. Atasy D, Nicholas Betley J, Su HH, Sternson SM. Deconstruction of a neural circuit for hunger. *Nature*. 2012;488(7410):172–7.
219. Athamneh AI, Suter DM. Quantifying mechanical force in axonal growth and guidance. *Front Cell Neurosci*. 2015 Sep 16;9:359.
220. Athanasiou A, Klados MA, Pandria N, Foroglou N, Kavazidi KR, Polyzoidis K, Bamidis PD. A systematic review of investigations into functional brain connectivity following spinal cord injury. *Front Hum Neurosci*. 2017 Oct 25;11:517.
221. Attard A, Larkin M. Art therapy for people with psychosis: a narrative review of the literature. *Lancet Psychiatry*. 2016 Nov;3(11):1067–78.
222. Attwell D, Buchan AM, Charpak S, Lauritzen M, MacVicar BA, Newman EA. Glial and neuronal control of brain blood flow. *Nature*. 2010;468(7321):232–43.
223. Attwell D, Mishra A, Hall CN, O'Farrell FM, Dalkara T. What is a pericyte? *J Cereb Blood Flow Metab*. 2016;36(2):451–5.
224. Augustine JR. Circuitry and functional aspects of the insular lobe in primates including humans. *Brain Res Rev*. 1996;22(3):229–44.
225. Augusto-Oliveira M, Arrifano GPF, Malva JO, Crespo-Lopez ME. Adult hippocampal neurogenesis in different taxonomic groups: possible functional similarities and striking controversies. *Cells*. 2019 Feb 5;8(2):125.
226. Avery SN, Clauss JA, Blackford JU. The Human BNST: functional role in anxiety and addiction. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(1):126–41.
227. Avolio A, Kim MO, Adji A, Gangoda S, Avadhanam B, Tan I, Butlin M. Cerebral Haemodynamics: Effects of Systemic Arterial Pulsatile Function and Hypertension. *Curr Hypertens Rep*. 2018 Mar 19;20(3):20.
228. Axelrod V, Rees G, Lavidor M, Bar M. Increasing propensity to mind-wander with transcranial direct current stimulation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(11):3314–9.
229. Ayache SS, Chalah MA. Moral Judgment: An Overlooked Deficient Domain in Multiple Sclerosis? *Behav Sci (Basel)*. 2018 Nov 16;8(11):105.
230. Ayala-Sarmiento AE, Estudillo E, Pérez-Sánchez G, Sierra-Sánchez A, González-Mariscal L, Martínez-Fong D, Segovia J. GAS1 is present in the cerebrospinal fluid and is expressed in the choroid plexus of the adult rat. *Histochem Cell Biol*. 2016 Sep;146(3):325–36.
231. Aydın C, Couto J, Giugliano M, Farrow K, Bonin V. Locomotion modulates specific functional cell types in the mouse visual thalamus. *Nat Commun*. 2018 Nov 19;9(1):4882.
232. Ayloo S, Gu C. Transcytosis at the blood-brain barrier. *Curr Opin Neurobiol*. 2019;57:32–8.

233. Azam B, Wienecke J, Jensen DB, Azam A, Zhang M. Spinal Cord Hemisection Facilitates Aromatic L-Amino Acid Decarboxylase Cells to Produce Serotonin in the Subchronic but Not the Chronic Phase. *Neural Plast.* 2015;2015:549671.
234. Azari NP, Nickel J, Wunderlich G, Niedeggen M, Hefer H, Tellmann L, Herzog H, Stoerig P, Birnbacher D, Seitz RJ. Neural correlates of religious experience. *Eur J Neurosci.* 2001 Apr;13(8):1649–52.
235. Azevedo FA, Carvalho LR, Grinberg LT, Farfel JM, Ferretti RE, Leite RE, Jacob Filho W, Lent R, Herculano-Houzel S. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J Comp Neurol.* 2009 Apr 10;513(5):532–41.
236. Aziz Q, Li Y, Tinker A. Potassium channels in the sinoatrial node and their role in heart rate control. *Channels.* 2018;12(1):356–66.
237. Aziz-Zadeh L, Kaplan JT, Iacoboni M. "Aha!": The neural correlates of verbal insight solutions. *Hum Brain Mapp.* 2009 Mar;30(3):908–16.
238. Aznar S, Hervig MES. The 5-HT<sub>2A</sub> serotonin receptor in executive function: implications for neuropsychiatric and neurodegenerative diseases. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016;64:63–82.
239. Aznar S, Klein AB. Regulating prefrontal cortex activation: an emerging role for the 5-HT<sub>2A</sub> serotonin receptor in the modulation of emotion-based actions? *Mol Neurobiol.* 2013;48(3):841–53.
240. Azuma M, Hirai T, Kadota Y, Khant ZA, Hattori Y, Kitajima M, Uetani H, Yamashita Y. Circumventricular organs of human brain visualized on post-contrast 3D fluid-attenuated inversion recovery imaging. *Neuroradiology.* 2018 Jun;60(6):583–90.
241. Baars BJ, Edelman DB. Consciousness, biology and quantum hypotheses. *Phys Life Rev.* 2012;9(3):285–94.
242. Babo-Rebelo M, Buot A, Tallon-Baudry C. Neural responses to heartbeats distinguish self from other during imagination. *Neuroimage.* 2019 May 1;191:10–20.
243. Babo-Rebelo M, Richter CG, Tallon-Baudry C. Neural responses to heartbeats in the default network encode the self in spontaneous thoughts. *J Neurosci.* 2016;36(30):7829–40.
244. Babo-Rebelo M, Wolpert N, Adam C, Hasboun D, Tallon-Baudry C. Is the cardiac monitoring function related to the self in both the default network and right anterior insula? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016 Nov 19;371(1708):20160004.
245. Babstock D, Malsbury CW, Harley CW. The dorsal locus coeruleus is larger in male than in female Sprague-Dawley rats. *Neurosci Lett.* 1997;224(3):157–60.
246. Bachy I, Kozyraki R, Wassef M. The particles of the embryonic cerebrospinal fluid: how could they influence brain development? *Brain Res Bull.* 2008;75(2–4):289–94.
247. Bäckhed F, Ley RE, Sonnenburg JL, Peterson DA, Gordon JI. Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science.* 2005 Mar 25;307(5717):1915–20.
248. Bacynski A, Xu M, Wang W, Hu J. The paravascular pathway for brain waste clearance: current understanding, significance and controversy. *Front Neuroanat.* 2017 Nov 7;11:101.
249. Badcock PB, Friston KJ, Ramstead MJD. The hierarchically mechanistic mind: a free-energy formulation of the human psyche. *Phys Life Rev.* 2019;31:104–21.
250. Badhiwala JH, Ahuja CS, Fehlings MG. Time is spine: a review of translational advances in spinal cord injury. *J Neurosurg Spine.* 2019;30(1):1–18.
251. Badlangana NL, Bhagwandin A, Fuxe K, Manger PR. Observations on the giraffe central nervous system related to the corticospinal tract, motor cortex and spinal cord: what difference does a long neck make? *Neuroscience.* 2007;148(2):522–34.
252. Badoud D, Tsakiris M. From the body's viscera to the body's image: is there a link between interoception and body image concerns? *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;77:237–46.
253. Badran BW, Dowdle LT, Mithoefer OJ, LaBate NT, Coatsworth J, Brown JC, DeVries WH, Austelle CW, McTeague LM, George MS. Neurophysiologic effects of transcutaneous auricular vagus nerve stimulation (taVNS) via electrical stimulation of the tragus: a concurrent taVNS/fMRI study and review. *Brain Stimul.* 2018 May-Jun;11(3):492–500.
254. Baek A, Cho SR, Kim SH. Elucidation of gene expression patterns in the brain after spinal cord injury. *Cell Transplant.* 2017;26(7):1286–300.
255. Baek H, Pahk KJ, Kim H. A review of low-intensity focused ultrasound for neuromodulation. *Biomed Eng Lett.* 2017;7(2):135–42.
256. Baekey DM, Molkov YI, Paton JFR, Rybak IA, Dick TE. Effect of baroreceptor stimulation on the respiratory pattern: insights into respiratory-sympathetic interactions. *Respir Physiol Neurobiol.* 2010;174(1–2):135–45.
257. Baertsch NA, Severs LJ, Anderson TM, Ramirez JM. A spatially dynamic network underlies the generation of inspiratory behaviors. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2019;116(15):7493–502.
258. Bagnall MW, McLean DL. Modular organization of axial microcircuits in zebrafish. *Science.* 2014 Jan 10;343(6167):197–200.
259. Bagnato S, Boccagni C, Sant'Angelo A, Fingelkurts AA, Gagliardo C, Galardi G. Long-lasting coma. *Funct Neurol.* 2014 Jan;29(3):201–5.
260. Bagriantsev SN, Gracheva EO, Gallagher PG. Piezo proteins: regulators of mechanosensation and other cellular processes. *J Biol Chem.* 2014;289(46):31673–81.
261. Bahramisharif A, Jensen O, Jacobs J, Lisman J. Serial representation of items during working memory maintenance at letter-selective cortical sites. *PLoS Biol.* 2018 Aug 15;16(8):e2003805.
262. Bai B. U1 snRNP alteration and neuronal cell cycle reentry in Alzheimer Disease. *Front Aging Neurosci.* 2018 Mar 23;10:75.
263. Baig MN, Chishty F, Immesoete P, Karas CS. The Eastern heart and Galen's ventricle: a historical review of the purpose of the brain. *Neurosurg Focus.* 2007;23(1):E3.
264. Bailey M, Silver R. Sex differences in circadian timing systems: implications for disease. *Front Neuroendocrinol.* 2014 Jan;35(1):111–39.
265. Baimel C, Bartlett SE, Chiou LC, Lawrence AJ, Muschamp JW, Patkar O, Tung LW, Borgland SL. Orexin/hypocretin role in reward: implications for opioid and other addictions. *Br J Pharmacol.* 2015 Jan;172(2):334–48.
266. Baker KG, Halliday GM, Hornung JP, Geffen LB, Cotton RGH, Törk I. Distribution, morphology and number of monoamine-synthesizing and substance P-containing neurons in the human dorsal raphe nucleus. *Neuroscience.* 1991;42(3):757–75.
267. Baker PM, Zhou T, Li B, Matsumoto M, Mizumori SJ, Stephenson-Jones M, Vicentic A. The lateral habenula circuitry: reward processing and cognitive control. *J Neurosci.* 2016 Nov 9;36(45):11482–8.
268. Baker PM, Mizumori SJ. Control of behavioral flexibility by the lateral habenula. *Pharmacol Biochem Behav.* 2017;162:62–8.
269. Baker R, Berthoz A. Is the prepositus hypoglossi nucleus the source of another vestibulo-ocular pathway? *Brain Res.* 1975;86(1):121–7.
270. Baker SN. The primate reticulospinal tract, hand function and functional recovery. *J Physiol.* 2011;589(23):5603–12.
271. Bakheit AMO, Maynard VA, Curnow J, Hudson N, Kodapala S. The relation between Ashworth scale scores and the excitability of the  $\alpha$  motor neurones in patients with post-stroke muscle spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003;74(5):646–8.
272. Bakker EN, Bacskai BJ, Arbel-Ornath M, Aldea R, Bedussi B, Morris AW, Weller RO, Carare RO. Lymphatic clearance of the brain: perivascular, paravascular and significance for neurodegenerative diseases. *Cell Mol Neurobiol.* 2016 Mar;36(2):181–94.
273. Bakker ENTP, Naessens DMP, VanBavel E. Paravascular spaces: entry to or exit from the brain? *Exp Physiol.* 2019;104(7):1013–7.
274. Bakker J. The sexual differentiation of the human brain: role of sex hormones versus sex chromosomes. *Curr Top Behav Neurosci.* 2019;43:45–67.
275. Bakpa OD, Reuber M, Irani SR. Antibody-associated epilepsies: clinical features, evidence for immunotherapies and future research questions. *Seizure.* 2016;41:26–41.
276. Balaban CD, Beryozkin G. Organization of vestibular nucleus projections to the caudal dorsal cap of kooy in rabbits. *Neuroscience.* 1994;62(4):1217–36.
277. Balaban CD, Thayer JF. Neurological bases for balance-anxiety links. *J Anxiety Disord.* 2001;15(1–2):53–79.
278. Balan Júnior A, Caous CA, Yu YG, Lindsey CJ. Barosensitive neurons in the rat tractus solitarius and paratrigeminal nucleus: a new model for medullary, cardiovascular reflex regulation. *Can J Physiol Pharmacol.* 2004 Jul;82(7):474–84.
279. Balasubramanian S, Stenkowski PL, Stebbing MJ, Smith PA. Sciatic chronic constriction injury produces cell-type-specific changes in the electrophysiological properties of rat substantia gelatinosa neurons. *J Neurophysiol.* 2006;96(2):579–90.
280. Balle M, Bornas X, Tortella-Feliu M, Llabrés J, Morillas-Romero A, Aguayo-Siquier B, Gelabert JM. Resting parietal EEG asymmetry and cardiac vagal tone predict attentional control. *Biol Psychol.* 2013 May;93(2):257–61.
281. Bambury A, Sandhu K, Cryan JF, Dinan TG. Finding the needle in the haystack: systematic identification of psychobiotics. *Br J Pharmacol.* 2018;175(24):4430–8.
282. Bamford JF, Bamford NS. The striatum's role in executing rational and irrational economic behaviors. *Neuroscientist.* 2019;25(5):475–90.
283. Bamshad M, Song CK, Bartness TJ. CNS origins of the sympathetic nervous system outflow to brown adipose tissue. *Am J Physiol.* 1999 Jun;276(6):R1569–78.
284. Bandaru SP, Liu S, Waxman SG, Tan AM. Dendritic spine dysgenesis contributes to hyperreflexia after spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2015;113(5):1598–615.
285. Bangasser DA, Wiersielis KR, Khantsis S. Sex differences in the locus coeruleus-norepinephrine system and its regulation by stress. *Brain Res.* 2016;1641:177–88.
286. Bani D. Relaxin: a pleiotropic hormone. *Gen Pharmacol.* 1997;28(1):13–22.

287. Bannatyne BA, Edgley SA, Hammar I, Jankowska E, Maxwell DJ. Differential projections of excitatory and inhibitory dorsal horn interneurons relaying information from group II muscle afferents in the cat spinal cord. *J Neurosci*. 2006;26(11):2871–80.
288. Bannister NJ, Larkman AU. Dendritic morphology of CA1 pyramidal neurones from the rat hippocampus: II. Spine distributions. *J Comp Neurol*. 1995 Sep 11;360(1):161–71.
289. Baño-Otálora B, Piggins HD. Contributions of the lateral habenula to circadian timekeeping. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017;162:46–54.
290. Banovac I, Sedmak D, Džaja D, Jalšovec D, Jovanov Milošević N, Rašin MR, Petanjek Z. Somato-dendritic morphology and axon origin site specify von Economo neurons as a subclass of modified pyramidal neurons in the human anterior cingulate cortex. *J Anat*. 2019 Sep;235(3):651–69.
291. Banovac I, Sedmak D, Judaš M, Petanjek Z. Von Economo Neurons - Primate-Specific or Commonplace in the Mammalian Brain? *Front Neural Circuits*. 2021 Sep 1;15:714611.
292. Banzi R, Cusi C, Randazzo C, Sterzi R, Tedesco D, Moja L. Selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs) and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors (SNRIs) for the prevention of migraine in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Apr 1;4(4):CD002919.
293. Bao AM, Swaab DF. Sexual differentiation of the human brain: Relation to gender identity, sexual orientation and neuropsychiatric disorders. *Front Neuroendocrinol*. 2011;32(2):214–26.
294. Baptista P, Andrade JP. Adult hippocampal neurogenesis: regulation and possible functional and clinical correlates. *Front Neuroanat*. 2018 Jun 5;12:44.
295. Barakat MI, Elhady W, Gouda M, Taha M, Metwaly I. Surgical management of intractable spasticity. *Eur Spine J*. 2016;25(3):928–35.
296. Baranauskas M, Grabauskaitė A, Griškova-Bulanova I. Brain responses and self-reported indices of interoception: Heartbeat evoked potentials are inversely associated with worrying about body sensations. *Physiol Behav*. 2017 Oct 15;180:1–7.
297. Barbon A, Barlati S. Glutamate receptor RNA editing in health and disease. *Biochem*. 2011;76(8):882–9.
298. Barbon A, Fumagalli F, Caracciolo L, Lesma E, Mora C, Carelli S, Slotkin TA, Racagni G, Di Giulio AM, Gorio A, Barlati S. Acute spinal cord injury persistently reduces R/G RNA editing of AMPA receptors. *J Neurochem*. 2010 Jul;114(2):397–407.
299. Bardi L, Desmet C, Nijhof A, Wiersma JR, Brass M. Brain activation for spontaneous and explicit false belief tasks overlaps: new fMRI evidence on belief processing and violation of expectation. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2017;12(3):391–400.
300. Bareš M, Apps R, Avanzino L, Breska A, D'Angelo E, Filip P, Gerwig M, Ivry RB, Lawrenson CL, Louis ED, Lusk NA, Manto M, Meck WH, Mitoma H, Petter EA. Consensus paper: decoding the contributions of the cerebellum as a time machine. From neurons to clinical applications. *Cerebellum*. 2019 Apr;18(2):266–86.
301. Barker DJ, Root DH, Zhang S, Morales M. Multiplexed neurochemical signaling by neurons of the ventral tegmental area. *J Chem Neuroanat*. 2016;73:33–42.
302. Barker SA. N, N-Dimethyltryptamine (DMT), an endogenous hallucinogen: past, present, and future research to determine its role and function. *Front Neurosci*. 2018 Aug 6;12:536.
303. Barlow LA. Progress and renewal in gustation: new insights into taste bud development. *Dev*. 2015;142(21):3620–9.
304. Barlow PW. The natural history of consciousness, and the question of whether plants are conscious, in relation to the Hameroff-Penrose quantum-physical 'Orch OR' theory of universal consciousness. *Commun Integr Biol*. 2015 Jul 9;8(4):e1041696.
305. Barmack NH, Fagerson M, Errico P. Cholinergic projection to the dorsal cap of the inferior olive of the rat, rabbit, and monkey. *J Comp Neurol*. 1993;328(2):263–81.
306. Barnes JM, Przybyla L, Weaver VM. Tissue mechanics regulate brain development, homeostasis and disease. *J Cell Sci*. 2017;130(1):71–82.
307. Barolat G, Singh-Sahni K, Staas WE Jr, Shatin D, Ketcik B, Allen K. Epidural spinal cord stimulation in the management of spasms in spinal cord injury: a prospective study. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1995;64(3):153–64.
308. Baron-Cohen S. Out of sight or out of mind? Another look at deception in autism. *J Child Psychol Psychiatry*. 1992;33(7):1141–55.
309. Barreiro-Iglesias A, Sobrido-Cameán D, Shifman MI. Retrograde activation of the extrinsic apoptotic pathway in spinal-projecting neurons after a complete spinal cord injury in lampreys. *Biomed Res Int*. 2017;2017:5953674.
310. Barrett FS, Janata P. Neural responses to nostalgia-evoking music modeled by elements of dynamic musical structure and individual differences in affective traits. *Neuropsychologia*. 2016;91:234–46.
311. Barrett FS, Griffiths RR. Classic hallucinogens and mystical experiences: phenomenology and neural correlates. *Curr Top Behav Neurosci*. 2018;36:393–430.
312. Barrett LF, Quigley KS, Hamilton P. An active inference theory of allostasis and interoception in depression. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160011.
313. Barrett LF, Simmons WK. Interoceptive predictions in the brain. *Nat Rev Neurosci*. 2015;16(7):419–29.
314. Barrio-Alonso E, Hernández-Vivanco A, Walton CC, Perea G, Frade JM. Cell cycle reentry triggers hyperploidy and synaptic dysfunction followed by delayed cell death in differentiated cortical neurons. *Sci Rep*. 2018 Sep 25;8(1):14316.
315. Barron KD, Dentinger MP, Popp AJ, Mankes R. Neurons of layer Vb of rat sensorimotor cortex atrophy but do not die after thoracic cord transection. *J Neuropathol Exp Neurol*. 1988 Jan 1;47(1):62–74.
316. Barros Filho TE, Molina AE. Analysis of the sensitivity and reproducibility of the Basso, Beattie, Bresnahan (BBB) scale in Wistar rats. *Clinics (Sao Paulo)*. 2008 Feb;63(1):103–8.
317. Barry C, Hayman R, Burgess N, Jeffery KJ. Experience-dependent rescaling of entorhinal grids. *Nat Neurosci*. 2007 Jun 7;10(6):682–4.
318. Bárta J, Brát R. Assessment of the effect of left atrial cryoablation enhanced by ganglionated plexi ablation in the treatment of atrial fibrillation in patients undergoing open heart surgery. *J Cardiothorac Surg*. 2017 Aug 17;12(1):69.
319. Bartels A, Zeki S. The neural correlates of maternal and romantic love. *Neuroimage*. 2004;21(3):1155–66.
320. Barthas F, Sellmeijer J, Hugel S, Waltisperger E, Barrot M, Yalcin I. The anterior cingulate cortex is a critical hub for pain-induced depression. *Biol Psychiatry*. 2015;77(3):236–45.
321. Bartol TM, Bromer C, Kinney J, Chirillo MA, Bourne JN, Harris KM, Sejnowski TJ. Nanoconnectomic upper bound on the variability of synaptic plasticity. *Elife*. 2015 Nov 30;4:e10778.
322. Bartolomucci A, Possenti R, Mahata SK, Fischer-Colbrie R, Loh YP, Salton SRJ. The extended granin family: structure, function, and biomedical implications. *Endocr Rev*. 2011;32(6):755–97.
323. Bartsch JC, Schott BH, Behr J. Hippocampal dysfunction in schizophrenia and aberrant hippocampal synaptic plasticity in rodent model psychosis: a selective review. *Pharmacopsychiatry*. 2019 Aug 1.
324. Bartus K, James ND, Bosch KD, Bradbury EJ. Chondroitin sulphate proteoglycans: key modulators of spinal cord and brain plasticity. *Exp Neurol*. 2012;235(1):5–17.
325. Barson AJ. The vertebral level of termination of the spinal cord during normal and abnormal development. *J Anat*. 1970 May;106(Pt 3):489–97.
326. Barua NU, Bienemann AS, Hesketh S, Wyatt MJ, Castrique E, Love S, Gill SS. Intrastriatal convection-enhanced delivery results in widespread perivascular distribution in a pre-clinical model. *Fluids Barriers CNS*. 2012 Jan 20;9(1):2.
327. Basbaum AI, Fields HL. Endogenous pain control mechanisms: review and hypothesis. *Ann Neurol*. 1978;4(5):451–62.
328. Bashamboo A, McElreavey K. Human sex-determination and disorders of sex-development (DSD). *Semin Cell Dev Biol*. 2015;45:77–83.
329. Basile B, Bassi A, Calcagnini G, Strano S, Caltagirone C, Macaluso E, Cortelli P, Bozzali M. Direct stimulation of the autonomic nervous system modulates activity of the brain at rest and when engaged in a cognitive task. *Hum Brain Mapp*. 2013 Jul;34(7):1605–14.
330. Bassant MH, Poindessous-Jazat F. Ventral tegmental nucleus of Gudden: a pontine hippocampal theta generator? *Hippocampus*. 2001;11(6):809–13.
331. Bassett DS, Bullmore ET. Small-World Brain Networks Revisited. *Neuroscientist*. 2017;23(5):499–516.
332. Bassett DS, Sporns O. Network neuroscience. *Nat Neurosci*. 2017;20(3):353–64.
333. Bassett DS, Zurn P, Gold JI. On the nature and use of models in network neuroscience. *Nat Rev Neurosci*. 2018;19(9):566–78.
334. Bassett JP, Taube JS. Neural correlates for angular head velocity in the rat dorsal tegmental nucleus. *J Neurosci*. 2001 Aug 1;21(15):5740–51.
335. Bassi GS, Ulloa L, Santos VR, Del Vecchio F, Delfino-Pereira P, Rodrigues GJ, Castania JA, Cunha FO, Salgado HC, Cunha TM, Garcia-Cairasco N, Kanashiro A. Cortical stimulation in conscious rats controls joint inflammation. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2018 Jun 8;84(Pt A):201–13.
336. Bassiri N. Material translations in the Cartesian brain. *Stud Hist Philos Sci Part C Stud Hist Philos Biol Biomed Sci*. 2012;43(1):244–55.
337. Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. *J Neurotrauma*. 1995 Feb;12(1):1–21.
338. Bastian AJ. Moving, sensing and learning with cerebellar damage. *Curr Opin Neurobiol*. 2011;21(4):596–601.
339. Bastos P, Ferreira R, Manadas B, Moreira PI, Vitorino R. Insights into the human brain proteome: disclosing the biological meaning of protein networks in cerebrospinal fluid. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017;54(3):185–204.

340. Batabyal S, Satpathy S, Bui L, Kim YT, Mohanty S, Bachoo R, Davé DP. Label-free optical detection of action potential in mammalian neurons. *Biomed Opt Express*. 2017 Jul 19;8(8):3700–13.
341. Batailler M, Chesneau D, Derouet L, Butruille L, Segura S, Cognié J, Dupont J, Pillon D, Migaud M. Pineal-dependent increase of hypothalamic neurogenesis contributes to the timing of seasonal reproduction in sheep. *Sci Rep*. 2018 Apr 18;8(1):6188.
342. Batailler M, Derouet L, Butruille L, Migaud M. Sensitivity to the photoperiod and potential migratory features of neuroblasts in the adult sheep hypothalamus. *Brain Struct Funct*. 2016;221(6):3301–14.
343. Batailler M, Droguerre M, Baroncini M, Fontaine C, Prevot V, Migaud M. DCX-expressing cells in the vicinity of the hypothalamic neurogenic niche: a comparative study between mouse, sheep, and human tissues. *J Comp Neurol*. 2014;522(8):1966–85.
344. Bateman GA, Brown KM. The measurement of CSF flow through the aqueduct in normal and hydrocephalic children: From where does it come, to where does it go? *Child's Nerv Syst*. 2012;28(1):55–63.
345. Bathelt J, Johnson A, Zhang M, Astle DE. The cingulum as a marker of individual differences in neurocognitive development. *Sci Rep*. 2019 Feb 19;9(1):2281.
346. Bathgate RAD, Halls ML, van der Westhuizen ET, Callander GE, Kocan M, Summers RJ. Relaxin family peptides and their receptors. *Physiol Rev*. 2013;93(1):405–80.
347. Bätz LF, Castro MA, Burgos PV, Velásquez ZD, Muñoz RI, Lafourcade CA, Troncoso-Escudero P, Wyneken U. Exosomes as novel regulators of adult neurogenic niches. *Front Cell Neurosci*. 2016 Jan 19;9:501.
348. Battiston F, Guillon J, Chavez M, Latora V, De Vico Fallani F. Multiplex core-periphery organization of the human connectome. *J R Soc Interface*. 2018 Sep 12;15(146):20180514.
349. Baude M, Nielsen JB, Gracies JM. The neurophysiology of deforming spastic paresis: a revised taxonomy. *Ann Phys Rehabil Med*. 2019;62(6):426–30.
350. Baunsgaard CB, Nissen UV, Christensen KB, Biering-Sørensen F. Modified Ashworth scale and spasm frequency score in spinal cord injury: reliability and correlation. *Spinal Cord*. 2016;54(9):702–8.
351. Bavi N, Nikolaev YA, Bavi O, Ridone P, Martinac AD, Nakayama Y, Cox CD, Martinac B. Principles of mechanosensing at the membrane interface. In: *The biophysics of cell membranes*. Springer series in biophysics. Epanand R, Ruysschaert JM (eds). Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017;19:85–119.
352. Bavis RW, MacFarlane PM. Developmental plasticity in the neural control of breathing. *Exp Neurol*. 2017;287:176–91.
353. Bazak L, Haviv A, Barak M, Jacob-Hirsch J, Deng P, Zhang R, Isaacs FJ, Rechavi G, Li JB, Eisenberg E, Levanon EY. A-to-I RNA editing occurs at over a hundred million genomic sites, located in a majority of human genes. *Genome Res*. 2014 Mar;24(3):365–76.
354. Beall MJ, Lewis DA. Heterogeneity of layer II neurons in human entorhinal cortex. *J Comp Neurol*. 1992 Jul 8;321(2):241–66.
355. Beans C. Searching for the science behind art therapy. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019;116(3):707–10.
356. Beaty RE, Benedek M, Silvia PJ, Schacter DL. Creative cognition and brain network dynamics. *Trends Cogn Sci*. 2016;20(2):87–95.
357. Beaty RE, Benedek M, Wilkins RW, Jauk E, Fink A, Silvia PJ, Hodges DA, Koschutnig K, Neubauer AC. Creativity and the default network: a functional connectivity analysis of the creative brain at rest. *Neuropsychologia*. 2014 Nov;64:92–8.
358. Beaty RE, Kenett YN, Christensen AP, Rosenberg MD, Benedek M, Chen Q, Fink A, Qiu J, Kwapił TR, Kane MJ, Silvia PJ. Robust prediction of individual creative ability from brain functional connectivity. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Jan 30;115(5):1087–92.
359. Beaudin SA, Singh T, Agster KL, Burwell RD. Borders and comparative cytoarchitecture of the perirhinal and postrhinal cortices in an F1 hybrid mouse. *Cereb Cortex*. 2013;23(2):460–76.
360. Beaumont E, Campbell RP, Andresen MC, Scofield S, Singh K, Libbus I, KenKnight BH, Snyder L, Cantrell N. Cervical vagus nerve stimulation augments spontaneous discharge in second- and higher-order sensory neurons in the rat nucleus of the solitary tract. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2017 Aug 1;313(2):H354–H367.
361. Beauregard M, Paquette V. EEG activity in Carmelite nuns during a mystical experience. *Neurosci Lett*. 2008;444(1):1–4.
362. Beauregard M, Paquette V. Neural correlates of a mystical experience in Carmelite nuns. *Neurosci Lett*. 2006;405(3):186–90.
363. Bechtel W. How can philosophy be a true cognitive science discipline? *Top Cogn Sci*. 2010;2(3):357–66.
364. Beck F, Eccles JC. Quantal aspects of brain activity and the role of consciousness. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1992;89(23):11357–61.
365. Becker S. Neurogenesis and pattern separation: time for a divorce. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2017 May;8(3).
366. Beckwith N, McDowell MJ, Reisner SL, Zaslow S, Weiss RD, Mayer KH, Keuroghlian AS. Psychiatric epidemiology of transgender and nonbinary adult patients at an urban health center. *LGBT Health*. 2019 Feb/Mar;6(2):51–61.
367. Bednar JA, Wilson SP. Cortical maps. *Neuroscientist*. 2016;22(6):604–17.
368. Bedos M, Portillo W, Paredes RG. Neurogenesis and sexual behavior. *Front Neuroendocrinol*. 2018 Oct;51:68–79.
369. Bedrosian TA, Linker S, Gage FH. Environment-driven somatic mosaicism in brain disorders. *Genome Med*. 2016 May 23;8(1):58.
370. Bedussi B, Almasian M, de Vos J, vanBavel E, Bakker ENTP. Paravascular spaces at the brain surface: low resistance pathways for cerebrospinal fluid flow. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2018;38(4):719–26.
371. Bedussi B, van der Wel NN, de Vos J, van Veen H, Siebes M, VanBavel E, Bakker EN. Paravascular channels, cisterns, and the subarachnoid space in the rat brain: a single compartment with preferential pathways. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2017 Apr;37(4):1374–85.
372. Behm M, Öhman M. RNA editing: a contributor to neuronal dynamics in the mammalian brain. *Trends Genet*. 2016;32(3):165–75.
373. Behrendt RP. Contribution of hippocampal region CA3 to consciousness and schizophrenic hallucinations. *Neurosci Biobehav Rev*. 2010;34(8):1121–36.
374. Bei Y, Wang F, Yang C, Xiao J. Telocytes in regenerative medicine. *J Cell Mol Med*. 2015;19(7):1441–54.
375. Beith ID. Reflex control of ipsilateral and contralateral paraspinal muscles. *Exp Brain Res*. 2012;218(3):433–40.
376. Beitz AJ, Mullett MA, Weiner LL. The periaqueductal gray projections to the rat spinal trigeminal, raphe magnus, gigantocellular pars alpha and paragigantocellular nuclei arise from separate neurons. *Brain Res*. 1983;288(1–2):307–14.
377. Belegu V, Oudega M, Gary DS, McDonald JW. Restoring function after spinal cord injury: promoting spontaneous regeneration with stem cells and activity-based therapies. *Neurosurg Clin N Am*. 2007;18(1):143–68.
378. Belfi AM, Vessel EA, Brielmann A, Isik AI, Chatterjee A, Leder H, Pelli DG, Starr GG. Dynamics of aesthetic experience are reflected in the default-mode network. *Neuroimage*. 2019 Mar;188:584–97.
379. Beligala DH, De A, Geusz ME. A Meta-analysis characterizing stem-like gene expression in the suprachiasmatic nucleus and its circadian clock. *Biomed Res Int*. 2018 Jun 26;2018:3610603.
380. Beliveau V, Svarer C, Frokjaer VG, Knudsen GM, Greve DN, Fisher PM. Functional connectivity of the dorsal and median raphe nuclei at rest. *Neuroimage*. 2015;116:187–95.
381. Bell RD, Winkler EA, Sagare AP, Singh I, LaRue B, Deane R, Zlokovic BV. Pericytes control key neurovascular functions and neuronal phenotype in the adult brain and during brain aging. *Neuron*. 2010 Nov 4;68(3):409–27.
382. Bellmund JL, Deuker L, Doeller CF. Mapping sequence structure in the human lateral entorhinal cortex. *Elife*. 2019 Aug 6;8:e45333.
383. Bellmund JL, Deuker L, Navarro Schröder T, Doeller CF. Grid-cell representations in mental simulation. *Elife*. 2016 Aug 30;5:e17089.
384. Bellomo N, Outada N. A bridge towards a mathematical theory of living systems: Comment on “Physics of mind: experimental confirmations of theoretical predictions” by F. Schoeller, L. Perlovsky, and D. Arseniev. *Phys Life Rev*. 2018 Aug;25:73–4.
385. Beltran MJ, Mitchell PM, Collinge CA. Posterior to anteriorly directed screws for management of talar neck fractures. *Foot Ankle Int*. 2016;37(10):1130–6.
386. Bem D, Tressoldi P, Rabeyron T, Duggan M. Feeling the future: a meta-analysis of 90 experiments on the anomalous anticipation of random future events. *F1000Res*. 2015 Oct 30;4:1188.
387. Benarroch EE. Circumventricular organs. *Neurology*. 2011;77(12):1198–204.
388. Benarroch EE. GABAB receptors: Structure, functions, and clinical implications. *Neurology*. 2012;78(8):578–84.
389. Benarroch EE. Medullary serotonergic system. Organization, effects, and clinical correlations. *Neurology*. 2014;83(12):1104–11.
390. Benarroch EE. Parabrachial nuclear complex: multiple functions and potential clinical implications. *Neurology*. 2016;86(7):676–83.
391. Benarroch EE. Pedunculopontine nucleus: functional organization and clinical implications. *Neurology*. 2013;80(12):1148–55.
392. Bendel P, Koivisto T, Aikiä M, Niskanen E, Könönen M, Hänninen T, Vanninen R. Atrophic enlargement of CSF volume after subarachnoid hemorrhage: correlation with neuropsychological outcome. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010 Feb;31(2):370–6.
393. Bendor D, Wilson MA. Biasing the content of hippocampal replay during sleep. *Nat Neurosci*. 2012;15(10):1439–44.
394. Bendtsen L, Ashina S, Moore A, Steiner TJ. Muscles and their role in episodic tension-type headache: implications for treatment. *Eur J Pain (United Kingdom)*. 2016;20(2):166–75.

395. Ben-Moshe H, Luz I, Liraz O, Boehm-Cagan A, Salomon-Zimri S, Michaelson D. ApoE4 exacerbates hippocampal pathology following acute brain penetration injury in female mice. *J Mol Neurosci*. 2020;70(1):32–44.
396. Bennett DJ, Gorassini M, Fouad K, Sanelli L, Han Y, Cheng J. Spasticity in rats with sacral spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 1999;16(1):69–84.
397. Bennett DJ, Li Y, Harvey PJ, Gorassini M. Evidence for plateau potentials in tail motoneurons of awake chronic spinal rats with spasticity. *J Neurophysiol*. 2001;86(4):1972–82.
398. Bennett DJ, Li Y, Siu M. Plateau potentials in sacrocaudal motoneurons of chronic spinal rats, recorded in vitro. *J Neurophysiol*. 2001;86(4):1955–71.
399. Bennett DJ, Sanelli L, Cooke CL, Harvey PJ, Gorassini MA. Spastic long-lasting reflexes in the awake rat after sacral spinal cord injury. *J Neurophysiol*. 2004;91(5):2247–58.
400. Benowitz LI, Bear DM, Rosenthal R, Mesulam MM, Zaidel E, Sperry RW. Hemispheric specialization in nonverbal communication. *Cortex*. 1983 Apr;19(1):5–11.
401. Benoy A, Dasgupta A, Sajj Kumar S. Hippocampal area CA2: an emerging modulatory gateway in the hippocampal circuit. *Exp Brain Res*. 2018;236(4):919–31.
402. Benson H, Dusek JA, Sherwood JB, Lam P, Bethea CF, Carpenter W, Levitsky S, Hill PC, Clem DW Jr, Jain MK, Drumel D, Kopecky SL, Mueller PS, Marek D, Rollins S, Hibberd PL. Study of the Therapeutic Effects of Intercrossory Prayer (STEP) in cardiac bypass patients: a multicenter randomized trial of uncertainty and certainty of receiving intercessory prayer. *Am Heart J*. 2006 Apr;151(4):934–42.
403. Benson MD, Romero MI, Lush ME, Lu QR, Henkemeyer M, Parada LF. Ephrin-B3 is a myelin-based inhibitor of neurite outgrowth. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102(30):10694–9.
404. Bentivoglio M, Kristensson K, Rottenberg ME. Circumventricular organs and parasite neurotropism: neglected gates to the brain? *Front Immunol*. 2018 Dec 11;9:2877.
405. Benveniste H, Liu X, Koundal S, Sanggaard S, Lee H, Wardlaw J. The glymphatic system and waste clearance with brain aging: a review. *Gerontology*. 2019;65(2):106–19.
406. Beppu M, Nakagomi T, Takagi T, Nakano-Doi A, Sakuma R, Kuramoto Y, Tatebayashi K, Matsuyama T, Yoshimura S. Isolation and characterization of cerebellum-derived stem cells in poststroke human brain. *Stem Cells Dev*. 2019 Apr 15;28(8):528–42.
407. Berer K, Mues M, Koutrolos M, Rasbi ZA, Boziki M, Johnner C, Wekerle H, Krishnamoorthy G. Commensal microbiota and myelin autoantigen cooperate to trigger autoimmune demyelination. *Nature*. 2011 Oct 26;479(7374):538–41.
408. Bergfeld IO, Mantione M, Figue M, Schuurman PR, Lok A, Denys D. Treatment-resistant depression and suicidality. *J Affect Disord*. 2018;235:362–7.
409. Berhouma M. Beyond the pineal gland assumption: a neuroanatomical appraisal of dualism in Descartes' philosophy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2013;115(9):1661–70.
410. Berkovich-Ohana A, Jennings PA, Lavy S. Contemplative neuroscience, self-awareness, and education. *Prog Brain Res*. 2019;244:355–85.
411. Berlowitz DJ, Schembri R, Graco M, Ross JM, Ayas N, Gordon I, Lee B, Graham A, Cross SV, McClelland M, Kennedy P, Thumbikat P, Bennett C, Townson A, Geraghty TJ, Pieri-Davies S, Singhal R, Marshall K, Short D, Nunn A, Mortimer D, Brown D, Pierce RJ, Custilli PA; COSAQ Collaborative. Positive airway pressure for sleep-disordered breathing in acute quadriplegia: a randomised controlled trial. *Thorax*. 2019 Mar;74(3):282–90.
412. Bernardinelli Y, Muller D, Nikonenko I. Astrocyte-synapse structural plasticity. *Neural Plast*. 2014;2014:232105.
413. Bernhardt BC, Singer T. The neural basis of empathy. *Annu Rev Neurosci*. 2012;35:1–23.
414. Bernroider G. Is there space for the quantum domain in consciousness research? Comment on "Consciousness, biology, and quantum hypotheses" by Baars and Edelman. *Phys Life Rev*. 2012;9(3):301–2.
415. Bernstein H, Hopf FA, Michod RE. The molecular basis of the evolution of sex. *Adv Genet*. 1987;24:323–70.
416. Berridge CW, Spencer RC. Differential cognitive actions of norepinephrine  $\alpha_2$  and  $\alpha_1$  receptor signaling in the prefrontal cortex. *Brain Res*. 2016 Jun 15;1641(Pt B):189–96.
417. Berridge CW, Waterhouse BD. The locus coeruleus-noradrenergic system: modulation of behavioral state and state-dependent cognitive processes. *Brain Res Rev*. 2003;42(1):33–84.
418. Berthoud HR, Neuhuber WL. Functional and chemical anatomy of the afferent vagal system. *Auton Neurosci*. 2000 Dec 20;85(1-3):1–17.
419. Bertolozio G, Mason L, Bissonnette B. Brain temperature: heat production, elimination and clinical relevance. *Paediatr Anaesth*. 2011;21(4):347–58.
420. Bertossi E, Peccenini R, Solmi A, Avenanti A, Ciaramelli E. Transcranial direct current stimulation of the medial prefrontal cortex dampens mind-wandering in men. *Sci Rep*. 2017 Dec 5;7(1):16962.
421. Best PJ, White AM, Minai A. Spatial processing in the brain: the activity of hippocampal place cells. *Annu Rev Neurosci*. 2001 Mar;24(1):459–86.
422. Betourne A, Familiades J, Lacassagne L, Halley H, Cazales M, Ducommun B, Lassalle JM, Zajac JM, Frances B. Decreased motivational properties of morphine in mouse models of cancerous- or inflammatory-chronic pain: implication of supraspinal neuropeptide FF(2) receptors. *Neuroscience*. 2008 Nov 11;157(1):12–21.
423. Bevan MD, Atherton JF, Baufretton J. Cellular principles underlying normal and pathological activity in the subthalamic nucleus. *Curr Opin Neurobiol*. 2006;16(6):621–8.
424. Beyrer C, Sullivan P, Sanchez J, Baral SD, Collins C, Wirtz AL, Altman D, Trapence G, Mayer K. The increase in global HIV epidemics in MSM. *AIDS*. 2013 Nov 13;27(17):2665–78.
425. Bezaire MJ, Soltesz I. Quantitative assessment of CA1 local circuits: knowledge base for interneuron-pyramidal cell connectivity. *Hippocampus*. 2013 Sep;23(9):751–85.
426. Bezler A, Braukmann F, West SM, Duplan A, Conconi R, Schütz F, Gönczy P, Piano F, Gunsalus K, Miska EA, Keller L. Tissue- and sex-specific small RNAs reveal sex differences in response to the environment. *PLoS Genet*. 2019 Feb 8;15(2):e1007905.
427. Bhat S, Ljubojevic N, Zhu S, Fukuda M, Echarad A, Zurzolo C. Rab35 and its effectors promote formation of tunneling nanotubes in neuronal cells. *Sci Rep*. 2020 Oct 8;10(1):16803.
428. Bianchi F, Pereno V, George JH, Thompson MS, Ye H. Membrane mechanical properties regulate the effect of strain on spontaneous electrophysiology in human iPSC-derived neurons. *Neuroscience*. 2019;404:165–74.
429. Bianciardi M, Toschi N, Eichner C, Polimeni JR, Setsompop K, Brown EN, Hämäläinen MS, Rosen BR, Wald LL. In vivo functional connectome of human brainstem nuclei of the ascending arousal, autonomic, and motor systems by high spatial resolution 7-Tesla fMRI. *MAGMA*. 2016 Jun;29(3):451–62.
430. Bianco IH, Wilson SW. The habenular nuclei: a conserved asymmetric relay station in the vertebrate brain. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2009;364(1519):1005–20.
431. Bianconi E, Piovesan A, Facchin F, Beraudi A, Casadei R, Frabetti F, Vitale L, Pelleri MC, Tassani S, Piva F, Perez-Amodio S, Stripploli P, Canaider S. An estimation of the number of cells in the human body. *Ann Hum Biol*. 2013 Nov-Dec;40(6):463–71.
432. Bibi S, Zutshi M, Gurland B, Hull T. Is Botox for anal pain an effective treatment option? *Postgrad Med*. 2016;128(1):41–5.
433. Biering-Sørensen F, Jennum P, Laub M. Sleep disordered breathing following spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009 Nov;169(2):165–70.
434. Biering-Sørensen F, Nielsen JB, Klinge K. Spasticity-assessment: a review. *Spinal Cord*. 2006;44(12):708–22.
435. Billette J, Tador R. An integrated overview of AV node physiology. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2019 Jul;42(7):805–20.
436. Binder DK, Schaller K, Clusmann H. The seminal contributions of Johann-Christian Reil to anatomy, physiology, and psychiatry. *Neurosurgery*. 2007 Nov 1;61(5):1091–6.
437. Bingham B, McFadden K, Zhang X, Bhatnagar S, Beck S, Valentino R. Early adolescence as a critical window during which social stress distinctly alters behavior and brain norepinephrine activity. *Neuropsychopharmacology*. 2011;36(4):896–909.
438. Bittencourt JC, Presse F, Arias C, Peto C, Vaughan J, Nahon JL, Vale W, Sawchenko PE. The melanin-concentrating hormone system of the rat brain: an immunohistochemical histochemical characterization. *J Comp Neurol*. 1992 May 8;319(2):218–45.
439. Bjerknes TL, Moser EI, Moser MB. Representation of geometric borders in the developing rat. *Neuron*. 2014 Apr 2;82(1):71–8.
440. Bjorefeldt A, Andreasson U, Daborg J, Riebe I, Wasling P, Zetterberg H, Hanse E. Human cerebrospinal fluid increases the excitability of pyramidal neurons in the in vitro brain slice. *J Physiol*. 2015 Jan 1;593(1):231–43.
441. Bjorefeldt A, Illes S, Zetterberg H, Hanse E. Neuromodulation via the cerebrospinal fluid: insights from recent in vitro studies. *Front Neural Circuits*. 2018 Feb 5;12:5.
442. Björklund A, Skagerberg G. Evidence for a major spinal cord projection from the diencephalic A11 dopamine cell group in the rat using transmitter-specific fluorescent retrograde tracing. *Brain Res*. 1979;177(1):170–5.
443. Blaabjerg M, Zimmer J. The dentate mossy fibers: structural organization, development and plasticity. *Prog Brain Res*. 2007;163:85–107.
444. Black DL. Protein diversity from alternative splicing: a challenge for bioinformatics and post-genome biology. *Cell*. 2000 Oct 27;103(3):367–70.
445. Black DS, Christodoulou G, Cole S. Mindfulness meditation and gene expression: a hypothesis-generating framework. *Curr Opin Psychol*. 2019;28:302–6.
446. Black DS, Slavich GM. Mindfulness meditation and the immune system. *Physiol Behav*. 2017;176(3):139–48.

447. Blackburn M, Van Vliet P, Mockett SP. Reliability of measurements obtained with the Modified Ashworth Scale in the lower extremities of people with stroke. *Phys Ther*. 2002;82(1):25–34.
448. Blackshaw S, Snyder SH. Enkephalopsin: a novel mammalian extraretinal opsin discretely localized in the brain. *J Neurosci*. 1999 May 15;19(10):3681–90.
449. Blackstone C, O’Kane CJ, Reid E. Hereditary spastic paraplegias: membrane traffic and the motor pathway. *Nat Rev Neurosci*. 2011;12(1):31–42.
450. Blair ME, Shimp TA. Consequences of an unpleasant experience with music: a second-order negative conditioning perspective. *Journal of Advertising*. 1992;21(1):35–43.
451. Blair HT, Gupta K, Zhang K. Conversion of a phase- to a rate-coded position signal by a three-stage model of theta cells, grid cells, and place cells. *Hippocampus*. 2008 Dec;18(12):1239–55.
452. Blair JA, Patzkowski JC, Schoenfeld AJ, Cross Rivera JD, Grenier ES, Lehman RA, Hsu JR; Skeletal Trauma Research Consortium (STRc). Are spine injuries sustained in battle truly different? *Spine J*. 2012 Sep;22(9):824–9.
453. Blanc F, Colloby SJ, Cretin B, de Sousa PL, Demuyne C, O’Brien JT, Martin-Hunyadi C, McKeith I, Philippi N, Taylor JP. Grey matter atrophy in prodromal stage of dementia with Lewy bodies and Alzheimer’s disease. *Alzheimers Res Ther*. 2016 Jul 20;8:31.
454. Blanco PJ, Müller LO, Spence JD. Blood pressure gradients in cerebral arteries: a clue to pathogenesis of cerebral small vessel disease. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2(3):108–17.
455. Blanco-Centurion C, Liu M, Konadhode RP, Zhang X, Pelluru D, van den Pol AN, Shiromani PJ. Optogenetic activation of melanin-concentrating hormone neurons increases non-rapid eye movement and rapid eye movement sleep during the night in rats. *Eur J Neurosci*. 2016 Nov;44(10):2846–57.
456. Bland BH, Colom LV, Konopacki J, Roth SH. Intracellular records of carbachol-induced theta rhythm in hippocampal slices. *Brain Res*. 1988;447(2):364–8.
457. Bland BH, Oddie SD. Anatomical, electrophysiological and pharmacological studies of ascending brainstem hippocampal synchronizing pathways. *Neurosci Biobehav Rev*. 1998;22(2):259–73.
458. Blanke O, Metzinger T. Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends Cogn Sci*. 2009;13(1):7–13.
459. Blanke O, Slater M, Serino A. Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness. *Neuron*. 2015;88(1):145–66.
460. Blanke O. Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. *Nat Rev Neurosci*. 2012;13(8):556–71.
461. Blanquie O, Kilb W, Sinning A, Luhmann HJ. Homeostatic interplay between electrical activity and neuronal apoptosis in the developing neocortex. *Neuroscience*. 2017;358:190–200.
462. Blefari ML, Martuzzi R, Salomon R, Bello-Ruiz J, Herbelin B, Serino A, Blanke O. Bilateral Rolandic operculum processing underlying heartbeat awareness reflects changes in bodily self-consciousness. *Eur J Neurosci*. 2017 May;45(10):1300–12.
463. Blesch A, Tuszynski MH. Spinal cord injury: plasticity, regeneration and the challenge of translational drug development. *Trends Neurosci*. 2009;32(1):41–7.
464. Blight AR. Cellular morphology of chronic spinal cord injury in the cat: analysis of myelinated axons by line-sampling. *Neuroscience*. 1983 Oct;10(2):521–43.
465. Bliss TVP, Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J Physiol*. 1973;232(2):331–56.
466. Blom JN, Feng Q. Cardiac repair by epicardial EMT: current targets and a potential role for the primary cilium. *Pharmacol Ther*. 2018;186:114–29.
467. Blonder LX, Burns AF, Bowers D, Moore RW, Heilman KM. Right hemisphere facial expressivity during natural conversation. *Brain Cogn*. 1993 Jan;21(1):44–56.
468. Blondin DP, Haman F. Shivering and nonshivering thermogenesis in skeletal muscles. *Handb Clin Neurol*. 2018;156:153–73.
469. Bluehm K. Commentary: Commentary: Beauty requires thought. *Front Psychol*. 2018 Oct 9;9:1917.
470. Blumenthal NR, Hermanson O, Heimrich B, Shastri VP. Stochastic nanoroughness modulates neuron-astrocyte interactions and function via mechanosensing cation channels. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(45):16124–9.
471. Blyth BJ, Bazarian JJ. Traumatic alterations in consciousness: traumatic brain injury. *Emerg Med Clin North Am*. 2010;28(3):571–94.
472. Boakye M, Leigh BC, Skelly AC. Quality of life in persons with spinal cord injury: comparisons with other populations. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(1 Suppl):29–37.
473. Bob P, Pec O, Mishara AL, Touskova T, Lysaker PH. Conscious brain, metacognition and schizophrenia. *Int J Psychophysiol*. 2016 Jul;105:1–8.
474. Boccaletto P, Machnicka MA, Purta E, Piatkowski P, Baginski B, Wirecki TK, de Crécy-Lagard V, Ross R, Limbach PA, Kotter A, Helm M, Bujnicki JM. MODOMICS: a database of RNA modification pathways. 2017 update. *Nucleic Acids Res*. 2018 Jan 4;46(D1):D303–D307.
475. Boccara CN, Sargolini F, Thoresen VH, Solstad T, Witter MP, Moser EI, Moser MB. Grid cells in pre- and parasubiculum. *Nat Neurosci*. 2010 Aug;13(8):987–94.
476. Boccia M, Barbetti S, Piccardi L, Guariglia C, Ferlazzo F, Giannini AM, Zaidel DW. Where does brain neural activation in aesthetic responses to visual art occur? Meta-analytic evidence from neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016 Jan;60:65–71.
477. Bochorishvili G, Nguyen T, Coates MB, Viar KE, Stornetta RL, Guyenet PG. The orexinergic neurons receive synaptic input from C1 cells in rats. *J Comp Neurol*. 2014;522(17):3834–46.
478. Bochorishvili G, Stornetta RL, Coates MB, Guyenet PG. Pre-Bötzing complex receives glutamatergic innervation from galaninergic and other retrotrapezoid nucleus neurons. *J Comp Neurol*. 2012 Apr 1;520(5):1047–61.
479. Bodranghien F, Bastian A, Casali C, Hallett M, Louis ED, Manto M, Mariën P, Nowak DA, Schmähmann JD, Serrao M, Steiner KM, Strupp M, Tilikete C, Timmann D, van Dun K. Consensus paper: revisiting the symptoms and signs of cerebellar syndrome. *Cerebellum*. 2016 Jun;15(3):369–91.
480. Boeckle M, Liegl G, Jank R, Pieh C. Neural correlates of conversion disorder: overview and meta-analysis of neuroimaging studies on motor conversion disorder. *BMC Psychiatry*. 2016 Jun 10;16:195.
481. Boehmer U, Miao X, Maxwell NI, Ozonoff A. Sexual minority population density and incidence of lung, colorectal and female breast cancer in California. *BMJ Open*. 2014 Mar 26;4(3):e004461.
482. Bohdanecky M, Bažilová H, Kopeček J. Poly[N-(2-hydroxypropyl)methacrylamide] — II: Hydrodynamic properties of dilute solutions. *Eur Polym J*. 1974;10(5):405–10.
483. Böhm C, Peng Y, Geiger JRP, Schmitz D. Routes to, from and within the subiculum. *Cell Tissue Res*. 2018;373(3):557–63.
484. Böhm UL, Prendergast A, Djenoune L, Nunes Figueiredo S, Gomez J, Stokes C, Kaiser S, Suster M, Kawakami K, Charpentier M, Concordet JP, Rio JP, Del Bene F, Wyart C. CSF-contacting neurons regulate locomotion by relaying mechanical stimuli to spinal circuits. *Nat Commun*. 2016 Mar 7;7:10866.
485. Boissard R, Fort P, Gervasoni D, Barbagli B, Luppi PH. Localization of the GABAergic and non-GABAergic neurons projecting to the sublaterodorsal nucleus and potentially gating paradoxical sleep onset. *Eur J Neurosci*. 2003;18(6):1627–39.
486. Boissard R, Gervasoni D, Schmidt MH, Barbagli B, Fort P, Luppi PH. The rat ponto-medullary network responsible for paradoxical sleep onset and maintenance: a combined microinjection and functional neuroanatomical study. *Eur J Neurosci*. 2002;16(10):1959–73.
487. Bókkon I, Mallick BN, Tuszynski JA. Near death experiences: a multidisciplinary hypothesis. *Front Hum Neurosci*. 2013 Sep 11;7:533.
488. Bókkon I, Scholkmann F, Salari V, Császár N, Kapócs G. Endogenous spontaneous ultraweak photon emission in the formation of eye-specific retinogeniculate projections before birth. *Rev Neurosci*. 2016 Jun 1;27(4):411–9.
489. Bolam JP, Francis CM, Henderson Z. Cholinergic input to dopaminergic neurons in the substantia nigra: a double immunocytochemical study. *Neuroscience*. 1991;41(2–3):483–94.
490. Boldrini M, Fulmore CA, Tartt AN, Simeon LR, Pavlova I, Poposka V, Rosoklija GB, Stankov A, Arango V, Dwork AJ, Hen R, Mann JJ. Human Hippocampal Neurogenesis Persists throughout Aging. *Cell Stem Cell*. 2018 Apr 5;22(4):589–599.e5.
491. Bollmann L, Koser DE, Shahapure R, Gautier HO, Holzapfel GA, Scarcelli G, Gather MC, Ulbricht E, Franze K. Microglia mechanics: immune activation alters traction forces and durotaxis. *Front Cell Neurosci*. 2015 Sep 23;9:363.
492. Bonaventura G, Incontro S, Lemmolo R, La Cognata V, Barbagallo I, Costanzo E, Barcellona ML, Pellitteri R, Cavallaro S. Dental mesenchymal stem cells and neuro-regeneration: a focus on spinal cord injury. *Cell Tissue Res*. 2020 Mar;379(3):421–8.
493. Bonaz B, Bazin T, Pellissier S. The vagus nerve at the interface of the microbiota-gut-brain axis. *Front Neurosci*. 2018 Feb 7;12:49.
494. Bonaz B, Picq C, Sinniger V, Mayol JF, Clarençon D. Vagus nerve stimulation: from epilepsy to the cholinergic anti-inflammatory pathway. *Neurogastroenterol Motil*. 2013;25(3):208–21.
495. Bonaz B, Sinniger V, Pellissier S. The vagus nerve in the neuro-immune axis: implications in the pathology of the gastrointestinal tract. *Front Immunol*. 2017 Nov 2;8:1452.
496. Bono J, Wilmes KA, Clopath C. Modelling plasticity in dendrites: from single cells to networks. *Curr Opin Neurobiol*. 2017;46:136–41.
497. Bonzano S, Bovetti S, Genudsa C, Peretto P, De Marchis S. Adult born olfactory bulb dopaminergic interneurons: molecular determinants and experience-dependent plasticity. *Front Neurosci*. 2016 May 6;10:189.



498. Booker SA, Vida I. Morphological diversity and connectivity of hippocampal interneurons. *Cell Tissue Res.* 2018;373(3):619–41.
499. Boon P, De Cock E, Mertens A, Trinka E. Neurostimulation for drug-resistant epilepsy: a systematic review of clinical evidence for efficacy, safety, contraindications and predictors for response. *Curr Opin Neurol.* 2018;31(2):198–210.
500. Boon P, Moors I, De Herdt V, Vonck K. Vagus nerve stimulation and cognition. *Seizure.* 2006;15(4):259–63.
501. Boone CE, Davoudi H, Harrold JB, Foster DJ. Abnormal sleep architecture and hippocampal circuit dysfunction in a mouse model of fragile X syndrome. *Neuroscience.* 2018 Aug 1;384:275–89.
502. Bordon Y. Neuroimmunology: a brain drain. *Nat Rev Immunol.* 2015 Jul;15(7):404.
503. Borghammer P. How does parkinson's disease begin? Perspectives on neuroanatomical pathways, prions, and histology. *Mov Disord.* 2018;33(1):48–57.
504. Borgonovo T, Solarewicz MM, Vaz IM, Daga D, Rebelatto CL, Senegaglia AC, Ribeiro E, Cavalli IJ, Brofman PS. Emergence of clonal chromosomal alterations during the mesenchymal stromal cell cultivation. *Mol Cytogenet.* 2015 Dec 1;8:94.
505. Borison HL, Borison R, McCarthy LE. Brain stem penetration by horseradish peroxidase from the cerebrospinal fluid spaces in the cat. *Exp Neurol.* 1980;69(2):271–89.
506. Borjini N, Paouri E, Tognatta R, Akassoglou K, Davalos D. Imaging the dynamic interactions between immune cells and the neurovascular interface in the spinal cord. *Exp Neurol.* 2019 Dec;322:113046.
507. Borlongan CV, Skinner SJ, Geaney M, Vasconcellos AV, Elliott RB, Emerich DF. Intracerebral transplantation of porcine choroid plexus provides structural and functional neuroprotection in a rodent model of stroke. *Stroke.* 2004 Sep;35(9):2206–10.
508. Borodinsky LN, Belgacem YH. Crosstalk among electrical activity, trophic factors and morphogenetic proteins in the regulation of neurotransmitter phenotype specification. *J Chem Neuroanat.* 2016;73:3–8.
509. Borsboom D, Cramer A, Kalis A. Brain disorders? Not really... Why network structures block reductionism in psychopathology research. *Behav Brain Sci.* 2018 Jan 24:1–54.
510. Bos R, Sadlaoud K, Boulenguez P, Buttigieg D, Liabeuf S, Brocard C, Haase G, Bras H, Vinay L. Activation of 5-HT2A receptors upregulates the function of the neuronal K-Cl cotransporter KCC2. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013 Jan 2;110(1):348–53.
511. Bösch H, Steinkamp F, Boller E. Examining psychokinesis: the interaction of human intention with random number generators — a meta-analysis. *Psychol Bull.* 2006;132(4):497–523.
512. Boss BD, Turlejski K, Stanfield BB, Cowan WM. On the numbers of neurons on fields CA1 and CA3 of the hippocampus of Sprague-Dawley and Wistar rats. *Brain Res.* 1987;406(1–2):280–7.
513. Bostan AC, Strick PL. The cerebellum and basal ganglia are interconnected. *Neuropsychol Rev.* 2010;20(3):261–70.
514. Boswell CW, Ciruna B. Understanding idiopathic scoliosis: a new Zebrafish school of thought. *Genetics.* 2017;33(3):183–96.
515. Bota M, Sporns O, Swanson LW. Neuroinformatics analysis of molecular expression patterns and neuron populations in gray matter regions: the rat BST as a rich exemplar. *Brain Res.* 2012;1450:174–93.
516. Botvinick M, Nystrom LE, Fissell K, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature.* 1999 Nov 11;402(6758):179–81.
517. Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev.* 2001;108(3):624–52.
518. Boulenguez P, Liabeuf S, Bos R, Bras H, Jean-Xavier C, Brocard C, Stil A, Darbon P, Cattaert D, Delpire E, Marsala M, Vinay L. Down-regulation of the potassium-chloride cotransporter KCC2 contributes to spasticity after spinal cord injury. *Nat Med.* 2010 Mar;16(3):302–7.
519. Boulos LJ, Darcq E, Kieffer BL. Translating the habenula — from rodents to humans. *Biol Psychiatry.* 2017;81(4):296–305.
520. Boulton M, Flessner M, Armstrong D, Hay J, Johnston M. Determination of volumetric cerebrospinal fluid absorption into extracranial lymphatics in sheep. *Am J Physiol.* 1998 Jan;274(1):R88–96.
521. Boulton M, Flessner M, Armstrong D, Mohamed R, Hay J, Johnston M. Contribution of extracranial lymphatics and arachnoid villi to the clearance of a CSF tracer in the rat. *Am J Physiol.* 1999 Mar;276(3):R818–23.
522. Boulton M, Young A, Hay J, Armstrong D, Flessner M, Schwartz M, Johnston M. Drainage of CSF through lymphatic pathways and arachnoid villi in sheep: measurement of 125I-albumin clearance. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 1996 Aug;22(4):325–33.
523. Bourassa EA, Stedenfeld KA, Sved AF, Speth RC. Selective C1 lesioning slightly decreases angiotensin II type I receptor expression in the rat rostral ventrolateral medulla (RVLM). *Neurochem Res.* 2015;40(10):2113–20.
524. Bourdillon P, Apra C, Guénot M, Duffau H. Similarities and differences in neuroplasticity mechanisms between brain gliomas and nonlesional epilepsy. *Epilepsia.* 2017;58(12):2038–47.
525. Bourdillon P, Hermann B, Sitt JD, Naccache L. Electromagnetic Brain Stimulation in Patients With Disorders of Consciousness. *Front Neurosci.* 2019 Mar 18;13:223.
526. Bouso JC, Palhano-Fontes F, Rodríguez-Fornells A, Ribeiro S, Sanches R, Crippa JA, Hallak JE, de Araujo DB, Riba J. Long-term use of psychedelic drugs is associated with differences in brain structure and personality in humans. *Eur Neuropsychopharmacol.* 2015 Apr;25(4):483–92.
527. Bouwer FL, Burgoyne JA, Odijk D, Honing H, Grahn JA. What makes a rhythm complex? The influence of musical training and accent type on beat perception. *PLoS One.* 2018 Jan 10;13(1):e0190322.
528. Bove C, Travaglini RA. Neurophysiology of the brain stem in Parkinson's disease. *J Neurophysiol.* 2019 May 1;121(5):1856–64.
529. Bovend'Eerd TJ, Newman M, Barker K, Dawes H, Minelli C, Wade DT. The Effects of stretching in spasticity: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(7):1395–406.
530. Bowary P, Greenberg BD. Noninvasive focused ultrasound for neuromodulation: a review. *Psychiatr Clin North Am.* 2018;41(3):505–14.
531. Bower NI, Hogan BM. Brain drains: new insights into brain clearance pathways from lymphatic biology. *J Mol Med.* 2018;96(5):383–90.
532. Bower NI, Koitowska K, Pichol-Thievend C, Virshup I, Paterson S, Lagendijk AK, Wang W, Lindsey BW, Bent SJ, Baek S, Rondon-Galeano M, Hurley DG, Mochizuki N, Simons C, Francois M, Wells CA, Kaslin J, Hogan BM. Mural lymphatic endothelial cells regulate meningeal angiogenesis in the zebrafish. *Nat Neurosci.* 2017 Jun;20(6):774–83.
533. Bowers J. How sounds going into our ears become words going through our brains. *Psychol Rev.* 2016;123:600–12.
534. Boycott BB, Wässle H. The morphological types of ganglion cells of the domestic cat's retina. *J Physiol.* 1974;240(2):397–419.
535. Bozanic-Sosic R, Mollanji R, Johnston MG. Spinal and cranial contributions to total cerebrospinal fluid transport. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2001 Sep;281(3):R909–16.
536. Braak H, Braak E. The pyramidal cells of Betz within the cingulate and precentral gigantopyramidal field in the human brain. *Cell Tissue Res.* 1976 Sep;172(1):103–19.
537. Braak H, Del Tredici K. Anterior cingulate cortex TDP-43 pathology in sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *J Neuropathol Exp Neurol.* 2018 Jan 1;77(1):74–83.
538. Braak H. A primitive gigantopyramidal field buried in the depth of the cingulate sulcus of the human brain. *Brain Res.* 1976 Jun 25;109(2):219–33.
539. Braak H. Zur Pigmentarchitektur der Großhirnrinde des Menschen. I. Regio entorhinalis [Pigmentarchitecture of the human cortex cerebri. I. Regio entorhinalis]. *Z Zellforsch Mikrosk Anat.* 1972;127(3):407–38.
540. Brack KE. The heart's "little brain" controlling cardiac function in the rabbit. *Exp Physiol.* 2015;100(4):348–53.
541. Bradbury MW, Cole DF. The role of the lymphatic system in drainage of cerebrospinal fluid and aqueous humour. *J Physiol.* 1980 Feb 1;299(1):353–65.
542. Bradbury MW, Cserr HF, Westrop RJ. Drainage of cerebral interstitial fluid into deep cervical lymph of the rabbit. *Am J Physiol.* 1981 Apr;240(4):F329–36.
543. Bradbury MW, Westrop RJ. Factors influencing exit of substances from cerebrospinal fluid into deep cervical lymph of the rabbit. *J Physiol.* 1983 Jun 1;339(1):519–34.
544. Bradfield LA, Bertran-Gonzalez J, Chieng B, Balleine BW. The thalamostriatal pathway and cholinergic control of goal-directed action: interlacing new with existing learning in the striatum. *Neuron.* 2013;79(1):153–66.
545. Brakel K, Hook MA. SCI and depression: does inflammation commandeer the brain? *Exp Neurol.* 2019 Oct;320:112977.
546. Branchereau P, Chapron J, Meyrand P. Descending 5-hydroxytryptamine raphe inputs repress the expression of serotonergic neurons and slow the maturation of inhibitory systems in mouse embryonic spinal cord. *J Neurosci.* 2002;22(7):2598–606.
547. Branco AF, Allen BG. G protein-coupled receptor signaling in cardiac nuclear membranes. *J Cardiovasc Pharmacol.* 2015 Feb;65(2):101–9.
548. Brandon MP, Bogaard AR, Libby CP, Connerney MA, Gupta K, Hasselmo ME. Reduction of theta rhythm dissociates grid cell spatial periodicity from directional tuning. *Science.* 2011 Apr 29;332(6029):595–9.
549. Bratincsák A, Kovács ZI, Palkovits M. Direct neuronal projection from a brainstem thermosensitive cell group to the preoptic thermoregulatory center. *Neuroscience.* 2008;156(4):966–72.

550. Bráz JM, Basbaum AI. Triggering genetically-expressed transneuronal tracers by peripheral axotomy reveals convergent and segregated sensory neuron-spinal cord connectivity. *Neuroscience*. 2009;163(4):1220–32.
551. Brecht M, Ray S, Burgalossi A, Tang Q, Schmidt H, Naumann R. An isomorphic mapping hypothesis of the grid representation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2013 Dec 23;369(1635):20120521.
552. Brechtel K, Tura A, Abdizadeh M, Hirsch S, Conrad S, Schwab JM. Intrinsic locomotor outcome in dorsal transection of rat spinal cord: predictive value of minimal incision depth. *Spinal Cord*. 2006;44(10):605–13.
553. Breit S, Kupferberg A, Rogler G, Hasler G. Vagus nerve as modulator of the brain-gut axis in psychiatric and inflammatory disorders. *Front Psychiatry*. 2018 Mar 13;9:44.
554. Brener J, Ring C. Towards a psychophysics of interoceptive processes: the measurement of heartbeat detection. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160015.
555. Brevig HN, Watson CJ, Lydic R, Baghdoyan HA. Hypocretin and GABA interact in the pontine reticular formation to increase wakefulness. *Sleep*. 2010;33(10):1285–93.
556. Briand LA, Gritton H, Howe WM, Young DA, Sarter M. Modulators in concert for cognition: modulator interactions in the prefrontal cortex. *Prog Neurobiol*. 2007;83(2):69–91.
557. Bridgers SL, Spencer SS, Spencer DD, Sasaki CT. A cerebral effect of carotid sinus stimulation: observation during intraoperative electroencephalographic monitoring. *Arch Neurol*. 1985;42(6):574–7.
558. Brie B, Ramirez MC, De Winne C, Lopez Vicchi F, Villarruel L, Soriano E, Catalano P, Ornstein AM, Becu-Villalobos D. Brain control of sexually dimorphic liver function and disease: the endocrine connection. *Cell Mol Neurobiol*. 2019 Mar;39(2):169–180.
559. Briemann AA, Pelli DG. Beauty requires thought. *Curr Biol*. 2017 May 22;27(10):1506–1513.e3.
560. Brierley JB. The penetration of particulate matter from the cerebrospinal fluid into the spinal ganglia, peripheral nerves, and perivascular spaces of the central nervous system. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1950;13(3):203–15.
561. Brimblecombe KR, Cragg SJ. The striosome and matrix compartments of the striatum: a path through the labyrinth from neurochemistry toward function. *ACS Chem Neurosci*. 2017;8(2):235–42.
562. Bringmann H. Sleep-active neurons: conserved motors of sleep. *Genetics*. 2018;208(4):1279–89.
563. Brinker T, Stopa E, Morrison J, Klinge P. A new look at cerebrospinal fluid circulation. *Fluids Barriers CNS*. 2014 May 1;11:10.
564. Brinkman DJ, ten Hove AS, Vervoordeldonk MJ, Luyer MD, de Jonge WJ. Neuroimmune interactions in the gut and their significance for intestinal immunity. *Cells*. 2019;8(7):670.
565. Brinkmann S. Towards an expansive hybrid psychology: integrating theories of the mediated mind. *Integr Psychol Behav Sci*. 2011 Mar;45(1):1–20.
566. Brites D, Fernandes A. Neuroinflammation and depression: microglia activation, extracellular microvesicles and microRNA dysregulation. *Front Cell Neurosci*. 2015 Dec 17;9:476.
567. Brocard C, Plantier V, Boulenguez P, Liabeuf S, Bouhadjane M, Viallat-Lieutaud A, Vinay L, Brocard F. Cleavage of Na(+) channels by calpain increases persistent Na(+) current and promotes spasticity after spinal cord injury. *Nat Med*. 2016 Apr;22(4):404–11.
568. Brock JA, McAllen RM. Spinal cord thermosensitivity: an afferent phenomenon? *Temperature*. 2016;3(2):232–9.
569. Brodin L, Dale N, Christenson J, Storm-Mathisen J, Hökfelt T, Grillner S. Three types of GABA-immunoreactive cells in the lamprey spinal cord. *Brain Res*. 1990;508(1):172–5.
570. Brohawn SG, Su Z, MacKinnon R. Mechanosensitivity is mediated directly by the lipid membrane in TRAAK and TREK1 K<sup>+</sup> channels. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(9):3614–9.
571. Bromberg-Martin ES, Matsumoto M, Hikosaka O. Dopamine in motivational control: rewarding, aversive, and alerting. *Neuron*. 2010;68(5):815–34.
572. Brook A. Introduction: philosophy in and philosophy of cognitive science. *Top Cogn Sci*. 2009;1(2):216–30.
573. Brösamle C, Schwab ME. Cells of origin, course, and termination patterns of the ventral, uncrossed component of the mature rat corticospinal tract. *J Comp Neurol*. 1997;386(2):293–303.
574. Brosch R. What we 'see' when we read: visualization and vividness in reading fictional narratives. *Cortex*. 2018 Aug;105:135–143.
575. Browder J, Browder A, Kaplan HA. The venous sinuses of the cerebral dura mater. I. Anatomical structures within the superior sagittal sinus. *Arch Neurol*. 1972 Feb;26(2):175–80.
576. Brown A, Martinez M. From cortex to cord: motor circuit plasticity after spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2019;14(12):2054–62.
577. Brown A, Weaver LC. The dark side of neuroplasticity. *Exp Neurol*. 2012;235(1):133–41.
578. Brown AM. Brain glycogen re-awakened. *J Neurochem*. 2004;89(3):537–52.
579. Brown B, Poteat T, Marg L, Galea JT. Human papillomavirus-related cancer surveillance, prevention, and screening among transgender men and women: neglected populations at high risk. *LGBT Health*. 2017 Oct;4(5):315–9.
580. Brown CG, Mory SC, Williams R, McClymond MJ. Study of the therapeutic effects of proximal intercessory prayer (STEPPE) on auditory and visual impairments in rural Mozambique. *South Med J*. 2010 Sep;103(9):864–9.
581. Brown R, Benveniste H, Black SE, Charkpak S, Dichgans M, Joutel A, Nedergaard M, Smith KJ, Zlokovic BV, Wardlaw JM. Understanding the role of the perivascular space in cerebral small vessel disease. *Cardiovasc Res*. 2018 Sep 1;114(11):1462–73.
582. Brown RE, Basheer R, McKenna JT, Strecker RE, McCarley RW. Control of sleep and wakefulness. *Physiol Rev*. 2012;92(3):1087–187.
583. Brown RE, McKenna JT. Turning a negative into a positive: ascending GABAergic control of cortical activation and arousal. *Front Neurol*. 2015 Jun 11;6:135.
584. Brown RE, Winston S, Basheer R, Thakkar MM, McCarley RW. Electrophysiological characterization of neurons in the dorsolateral pontine rapid-eye-movement sleep induction zone of the rat: intrinsic membrane properties and responses to carbachol and orexins. *Neuroscience*. 2006 Dec;143(3):739–55.
585. Brown S, Gao X, Tisdelle L, Eickhoff SB, Liotti M. Naturalizing aesthetics: brain areas for aesthetic appraisal across sensory modalities. *Neuroimage*. 2011;58(1):250–8.
586. Brown SP, Brenowitz SD, Regehr WG. Brief presynaptic bursts evoke synapse-specific retrograde inhibition mediated by endogenous cannabinoids. *Nat Neurosci*. 2003;6(10):1048–57.
587. Browning KN, Verheijden S, Boeckxstaens GE. The vagus nerve in appetite regulation, mood, and intestinal inflammation. *Gastroenterology*. 2017;152(4):730–44.
588. Bruinstroop E, Cano G, Vanderhorst VG, Cavalante JC, Wirth J, Sena-Esteves M, Saper CB. Spinal projections of the A5, A6 (locus coeruleus), and A7 noradrenergic cell groups in rats. *J Comp Neurol*. 2012 Jun 15;520(9):1985–2001.
589. Brüne M, Schöbel A, Karau R, Benali A, Faustmann PM, Juckel G, Petrasch-Parwez E. Von Economo neuron density in the anterior cingulate cortex is reduced in early onset schizophrenia. *Acta Neuropathol*. 2010 Jun;119(6):771–8.
590. Brüne M, Schöbel A, Karau R, Faustmann PM, Dermietzel R, Juckel G, Petrasch-Parwez E. Neuroanatomical correlates of suicide in psychosis: the possible role of von Economo neurons. *PLoS One*. 2011;6(6):e20936.
591. Bruni JE, Reddy K. Ependyma of the central canal of the rat spinal cord: a light and transmission electron microscopic study. *J Anat*. 1987;152:55–70.
592. Bruno S, Chiabotto G, Favaro E, Deregibus MC, Camussi G. Role of extracellular vesicles in stem cell biology. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2019 Aug 1;317(2):C303–C313.
593. Bubb EJ, Metzler-Baddeley C, Aggleton JP. The cingulum bundle: anatomy, function, and dysfunction. *Neurosci Biobehav Rev*. 2018 Sep;92:104–27.
594. Buccieri F, Farina F, Zummo G, Cappello F. Lymphatic vessels of the dura mater: a new discovery? *J Anat*. 2015;227(5):702–3.
595. Buchanan GF, Richerson GB. Central serotonin neurons are required for arousal to CO<sub>2</sub>. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(37):16354–9.
596. Buckley CL, Kim CS, McGregor S, Seth AK. The free energy principle for action and perception: a mathematical review. *J Math Psychol*. 2017;81:55–79.
597. Budday S, Nay R, de Rooij R, Steinmann P, Wyrobek T, Ovaert TC, Kuhl E. Mechanical properties of gray and white matter brain tissue by indentation. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2015 Jun;46:318–30.
598. Budday S, Steinmann P, Kuhl E. Physical biology of human brain development. *Front Cell Neurosci*. 2015 Jul 8;9:257.
599. Buettnering C, Allen K, Monyer H. Parvalbumin interneurons provide grid cell-driven recurrent inhibition in the medial entorhinal cortex. *Nat Neurosci*. 2014 May 6;17(5):710–8.
600. Buffington SA, Di Prisco GV, Auchtung TA, Ajami NJ, Petrosino JF, Costa-Mattioli M. Microbial reconstitution reverses maternal diet-induced social and synaptic deficits in offspring. *Cell*. 2016;165(7):1762–75.
601. Buhusi CV, Meck WH. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat Rev Neurosci*. 2005;6(10):755–65.

602. Buhusi CV, Oprisan SA, Buhusi M. Clocks within clocks: timing by coincidence detection. *Curr Opin Behav Sci.* 2016;8:207–13.
603. Buhusi CV, Oprisan SA. Time-scale invariance as an emergent property in a percepton with realistic, noisy neurons. *Behav Processes.* 2013;95:60–70.
604. Bui TV, Stifani N, Panek I, Farah C. Genetically identified spinal interneurons integrating tactile afferents for motor control. *J Neurophysiol.* 2015;114(6):3050–63.
605. Buishas J, Gould IG, Linninger AA. A computational model of cerebrospinal fluid production and reabsorption driven by Starling forces. *Croat Med J.* 2014;55(5):481–97.
606. Buller KM, Allen T, Wilson LD, Munro F, Day TA. A critical role for the parabrachial nucleus in generating central nervous system responses elicited by a systemic immune challenge. *J Neuroimmunol.* 2004;152(1–2):20–32.
607. Bunney BS, Chiodo LA, Grace AA. Midbrain dopamine system electrophysiological functioning: a review and new hypothesis. *Synapse.* 1991;9(2):79–94.
608. Burazin TCD, Bathgate RAD, Macris M, Layfield S, Gundlach AL, Tregear GW. Restricted, but abundant, expression of the novel rat gene-3 (R3) relaxin in the dorsal tegmental region of brain. *J Neurochem.* 2002;82(6):1553–7.
609. Burdakov D, Karnani MM, Gonzalez A. Lateral hypothalamus as a sensor-regulator in respiratory and metabolic control. *Physiol Behav.* 2013;121:117–24.
610. Buralgossi A, Brecht M. Cellular, columnar and modular organization of spatial representations in medial entorhinal cortex. *Curr Opin Neurobiol.* 2014 Feb;24(1):47–54.
611. Burgess N, Barry C, O'Keefe J. An oscillatory interference model of grid cell firing. *Hippocampus.* 2007;17(9):801–12.
612. Burgess N. Grid cells and theta as oscillatory interference: theory and predictions. *Hippocampus.* 2008;18(12):1157–74.
613. Burke D, Fullen BM, Stokes D, Lennon O. Neuropathic pain prevalence following spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Pain.* 2017;21(1):29–44.
614. Burke D, Wissel J, Donnan GA. Pathophysiology of spasticity in stroke. *Neurology.* 2013 Jan 15;80(3 Suppl 2):S20–6.
615. Burke DA, Magnuson DSK, Basso, Beattie, and Bresnahan scale locomotor assessment following spinal cord injury and its utility as a criterion for other assessments. In: *Animal models of acute neurological injuries II. Injury and mechanistic assessments, Volume 2, Chapter 47.* Chen J, Xu X-M, Xu ZC, Zhang JH (eds.). Humana Press. 2012. XVIII, 718 p. P. 591–604.
616. Burmeister J, Holle D, Bock E, Ose C, Diener HC, Obermann M. Botulinum neurotoxin type A in the treatment of classical trigeminal neuralgia (BoTN): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2015 Dec 3;16:550.
617. Burnashev N, Monyer H, Seeburg PH, Sakmann B. Divalent ion permeability of AMPA receptor channels is dominated by the edited form of a single subunit. *Neuron.* 1992;8(1):189–98.
618. Burney RE, Maio RF, Maynard F, Karunas R. Incidence, characteristics, and outcome of spinal cord injury at trauma centers in North America. *Arch Surg.* 1993;128(5):596–9.
619. Burns AS, Lanig I, Grabljevec K, New PW, Bensmail D, Ertzgaard P, Nene AV. Optimizing the management of disabling spasticity following spinal cord damage: the ability network — an international initiative. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016 Dec;97(12):2222–8.
620. Burns CM, Chu H, Ruetter SM, Hutchinson LK, Canton H, Sanders-Bush E, Emeson RB. Regulation of serotonin-2C receptor G-protein coupling by RNA editing. *Nature.* 1997 May 15;387(6630):303–8.
621. Burns SP, Little JW, Hussey JD, Lyman P, Lakshminarayanan S. Sleep apnea syndrome in chronic spinal cord injury: associated factors and treatment. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(10):1334–9.
622. Burri A. Sexual sensation seeking, sexual compulsivity, and gender identity and its relationship with sexual functioning in a population sample of men and women. *J Sex Med.* 2017;14(1):69–77.
623. Burt JL, Bartolome DS, Burdette DW, Comstock JR. A psychophysiological evaluation of the perceived urgency of auditory warning signals. *Ergonomics.* 1995;38(11):2327–40.
624. Bushman DM, Kaeser GE, Siddoway B, Westra JW, Rivera RR, Rehen SK, Yung YC, Chun J. Genomic mosaicism with increased amyloid precursor protein (APP) gene copy number in single neurons from sporadic Alzheimer's disease brains. *Elife.* 2015 Feb 4;4:e05116.
625. Bushman JD, Ye W, Liman ER. A proton current associated with sour taste: distribution and functional properties. *FASEB J.* 2015;29(7):3014–26.
626. Busija DW, Katakam PV. Mitochondrial mechanisms in cerebral vascular control: shared signaling pathways with preconditioning. *J Vasc Res.* 2014;51(3):175–89.
627. Butler CD, Schnetz SA, Yu EY, Davis JB, Temple K, Silver J, Malouf AT. Keratan sulfate proteoglycan phosphacan regulates mossy fiber outgrowth and regeneration. *J Neurosci.* 2004 Jan 14;24(2):462–73.
628. Butler D, Suddendorf T. Reducing the neural search space for hominid cognition: what distinguishes human and great ape brains from those of small apes? *Psychon Bull Rev.* 2014 Jun;21(3):590–619.
629. Butler MI, Mörkl S, Sandhu KV, Cryan JF, Dinan TG. The gut microbiome and mental health: what should we tell our patients?: Le microbiote intestinal et la santé mentale: que devrions-nous dire à nos patients? *Can J Psychiatry.* 2019;64(11):747–60.
630. Butler WE. Wavelet brain angiography suggests arteriovenous pulse wave phase locking. *PLoS One.* 2017 Nov 15;12(11):e0187014.
631. Butler WN, Taube JS. The nucleus prepositus hypoglossi contributes to head direction cell stability in rats. *J Neurosci.* 2015;35(6):2547–58.
632. Butruille L, Batailler M, Mazur D, Prévot V, Migaud M. Seasonal reorganization of hypothalamic neurogenic niche in adult sheep. *Brain Struct Funct.* 2018;223(1):91–109.
633. Butti C, Ewan Fordyce R, Ann Raghanti M, Gu X, Bonar CJ, Wicinski BA, Wong EW, Roman J, Brake A, Eaves E, Spector MA, Tang CY, Jacobs B, Sherwood CC, Hof PR. The cerebral cortex of the pygmy hippopotamus, *Hexaprotodon liberiensis* (Cetartiodactyla, Hippopotamidae): MRI, cytoarchitecture, and neuronal morphology. *Anat Rec (Hoboken).* 2014 Apr;297(4):670–700.
634. Butti C, Hof PR. The insular cortex: a comparative perspective. *Brain Struct Funct.* 2010 Jun 29;214(5–6):477–93.
635. Butti C, Raghanti MA, Sherwood CC, Hof PR. The neocortex of cetaceans: cytoarchitecture and comparison with other aquatic and terrestrial species. *Ann N Y Acad Sci.* 2011 Apr;1225(1):47–58.
636. Butti C, Santos M, Uppal N, Hof PR. Von Economo neurons: clinical and evolutionary perspectives. *Cortex.* 2013 Jan;49(1):312–26.
637. Butti C, Sherwood CC, Hakeem AY, Allman JM, Hof PR. Total number and volume of Von Economo neurons in the cerebral cortex of cetaceans. *J Comp Neurol.* 2009 Jul 10;515(2):243–59.
638. Büttner-Ennever JA, Cohen B, Pause M, Fries W. Raphe nucleus of the pons containing omnipause neurons of the oculomotor system in the monkey, and its homologue in man. *J Comp Neurol.* 1988;267(3):307–21.
639. Büttner-Ennever JA. The extracellular motor nuclei: organization and functional neuroanatomy. *Prog Brain Res.* 2006;151:95–125.
640. Buxhoeveden DP, Casanova MF. The minicolumn hypothesis in neuroscience. *Brain.* 2002 May;125(5):935–51.
641. Buxhoeveden DP. Minicolumn size and human cortex. *Prog Brain Res.* 2012;195:219–35.
642. Buzsáki G, Horváth Z, Urioste R, Hetke J, Wise K. High-frequency network oscillation in the hippocampus. *Science.* 1992 May 15;256(5059):1025–7.
643. Buzsáki G, Moser EI. Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system. *Nat Neurosci.* 2013 Feb 28;16(2):130–8.
644. Buzsáki G, Silva FL. High frequency oscillations in the intact brain. *Prog Neurobiol.* 2012 Sep;98(3):241–9.
645. Buzsáki G. Cognitive neuroscience: time, space and memory. *Nature.* 2013;497(7451):568–9.
646. Czurkó A, Hirase H, Csicsvari J, Buzsáki G. Sustained activation of hippocampal pyramidal cells by 'space clamping' in a running wheel. *Eur J Neurosci.* 1999 Jan;11(1):344–52.
647. Buzsáki G. Two-stage model of memory trace formation: a role for "noisy" brain states. *Neuroscience.* 1989;31(3):551–70.
648. Bylsma LM, Gračanin A, Vingerhoets AJJM. The neurobiology of human crying. *Clin Auton Res.* 2019;29(1):63–73.
649. Byrne ML, Whittle S, Allen NB. The role of brain structure and function in the association between inflammation and depressive symptoms: a systematic review. *Psychosom Med.* 2016;78(4):389–400.
650. Bystron I, Blakemore C, Racic P. Development of the human cerebral cortex: Boulder Committee revisited. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(2):110–22.
651. Caballero-Bleda M, Witter M. Projections from the presubiculum and the parasubiculum to morphologically characterized entorhinal-hippocampal projection neurons in the rat. *Exp Brain Res.* 1994;101(1):93–108.
652. Caballero-Bleda M, Witter MP. Regional and laminar organization of projections from the presubiculum and parasubiculum to the entorhinal cortex: An anterograde tracing study in the rat. *J Comp Neurol.* 1993 Feb 1;328(1):115–29.
653. Caban B, Staszelis A, Kazmierska P, Kowalczyk T, Konopacki J. Postnatal development of the posterior hypothalamic theta rhythm and local cell discharges in rat brain slices. *Dev Neurobiol.* 2018;78(11):1049–63.

654. Caceres BA, Brody A, Luscombe RE, Primiano JE, Marusca P, Sitts EM, Chyun D. A Systematic Review of Cardiovascular Disease in Sexual Minorities. *Am J Public Health*. 2017 Apr;107(4):e13–e21.
655. Cacha LA, Poznanski RR. Genomic instantiation of consciousness in neurons through a biophysical field theory. *J Integr Neurosci*. 2014 Jun;13(2):253–92.
656. Cadel L, DeLuca C, Hitzig SL, Packer TL, Lofters AK, Patel T, Guilcher SJT. Self-management of pain and depression in adults with spinal cord injury: a scoping review. *J Spinal Cord Med*. 2020 May;43(3):280–97.
657. Caggiano V, Leiras R, Goñi-Errro H, Masini D, Bellardita C, Bouvier J, Caldeira V, Fisone G, Kiehn O. Midbrain circuits that set locomotor speed and gait selection. *Nature*. 2018 Jan 25;553(7689):455–60.
658. Cai CL, Molkenkin JD. The elusive progenitor cell in cardiac regeneration. *Circ Res*. 2017 Jan 20;120(2):400–6.
659. Cai DJ, Aharoni D, Shuman T, Shobe J, Biane J, Song W, Wei B, Veshkini M, La-Vu M, Lou J, Flores SE, Kim I, Sano Y, Zhou M, Baumgaertel K, Lavi A, Kamata M, Tuszyński M, Mayford M, Golshani P, Silva AJ. A shared neural ensemble links distinct contextual memories encoded close in time. *Nature*. 2016 Jun 2;534(7605):115–8.
660. Cai J, Jing D, Shi M, Liu Y, Lin T, Xie Z, Zhu Y, Zhao H, Shi X, Du F, Zhao G. Epigallocatechin gallate (EGCG) attenuates infrasound-induced neuronal impairment by inhibiting microglia-mediated inflammation. *J Nutr Biochem*. 2014 Jul;25(7):716–25.
661. Cai J, Wu G, Jose PA, Zeng C. Functional transferred DNA within extracellular vesicles. *Exp Cell Res*. 2016;349(1):179–83.
662. Calarco JA, Xing Y, Cáceres M, Calarco JP, Xiao X, Pan Q, Lee C, Preuss TM, Blencowe BJ. Global analysis of alternative splicing differences between humans and chimpanzees. *Genes Dev*. 2007 Nov 15;21(22):2963–75.
663. Calcerrada M, Garcia-Ruiz C. Human ultraweak photon emission: key analytical aspects, results and future trends — a review. *Crit Rev Anal Chem*. 2019;49(4):368–81.
664. Calguner E, Erdogan D, Elmas C, Bahcelioglu M, Gozil R, Ayhan MS. Innervation of the rat anterior abdominal wall as shown by modified Sihler's stain. *Med Princ Pract*. 2006;15(2):98–101.
665. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, Kim YH, Saad EB, Aguinaga L, Akar JG, Badhwar V, Brugada J, Camm J, Chen PS, Chen SA, Chung MK, Nielsen JC, Curtis AB, Davies DW, Day JD, d'Avila A, de Groot MNSM, Di Biase L, Duytschaever M, Edgerton JR, Ellenbogen KA, Ellinor PT, Ernst S, Fenelon G, Gerstenfeld EP, Haines DE, Haissaguerre M, Helm RH, Hylek E, Jackman WM, Jalife J, Kalman JM, Kautzner J, Kottkamp H, Kuck KH, Kumagai K, Lee R, Lewalter T, Lindsay BD, Macle L, Mansour M, Marchlinski FE, Michaud GF, Nakagawa H, Natale A, Nattel S, Okumura K, Packer D, Pokushalov E, Reynolds MR, Sanders P, Scanavacca M, Schilling R, Tondo C, Tsao HM, Verma A, Wilber DJ, Yamane T. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRs/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: executive summary. *J Arrhythm*. 2017 Oct;33(5):369–409.
666. Call JA, Warren GL, Verma M, Lowe DA. Acute failure of action potential conduction in mdx muscle reveals new mechanism of contraction-induced force loss. *J Physiol*. 2013;591(15):3765–76.
667. Calton JL, Stackman RW, Goodridge JP, Archey WB, Dudchenko PA, Taube JS. Hippocampal place cell instability after lesions of the head direction cell network. *J Neurosci*. 2003;23(30):9719–31.
668. Calvo CF, Fontaine RH, Soueïd J, Tammela T, Makinen T, Alfaro-Cervello C, Bonnaud F, Miguez A, Benhaim L, Xu Y, Barallobre MJ, Moutkine I, Lyytikä J, Tatlisumak T, Pytowski B, Zalc B, Richardson W, Kessar N, Garcia-Verdugo JM, Alitalo K, Eichmann A, Thomas JL. Vascular endothelial growth factor receptor 3 directly regulates murine neurogenesis. *Genes Dev*. 2011 Apr 15;25(8):831–44.
669. Calzo JP, Blashill AJ, Brown TA, Argenal RL. Eating disorders and disordered weight and shape control behaviors in sexual minority populations. *Curr Psychiatry Rep*. 2017 Aug;19(8):49.
670. Camand E, Morel MP, Faissner A, Sotelo C, Dusart I. Long-term changes in the molecular composition of the glial scar and progressive increase of serotonergic fibre sprouting after hemisection of the mouse spinal cord. *Eur J Neurosci*. 2004;20(5):1161–76.
671. Camandola S, Mattson MP. Brain metabolism in health, aging, and neurodegeneration. *EMBO J*. 2017;36(11):1474–92.
672. Cameron CD, Reber J, Spring VL, Tranel D. Damage to the ventromedial prefrontal cortex is associated with impairments in both spontaneous and deliberative moral judgments. *Neuropsychologia*. 2018 Mar;111(5):261–8.
673. Camic PM, Crutch SJ, Murphy C, Firth NC, Harding E, Harrison CR, Howard S, Strohmaier S, Van Leewen J, West J, Windle G, Wray S, Zeilig H. Conceptualising and understanding artistic creativity in the dementias: interdisciplinary approaches to research and practise. *Front Psychol*. 2018 Oct 3;9:1842.
674. Campbell MG, Giocomo LM. Self-motion processing in visual and entorhinal cortices: inputs, integration, and implications for position coding. *J Neurophysiol*. 2018 Oct 1;120(4):2091–106.
675. Campos CA, Bowen AJ, Roman CW, Palmiter RD. Encoding of danger by parabrachial CGRP neurons. *Nature*. 2018;555(7698):617–20.
676. Campos CA, Ritter RC. NMDA-type glutamate receptors participate in reduction of food intake following hindbrain melanocortin receptor activation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015 Jan 1;308(1):R1–9.
677. Canales-Johnson A, Silva C, Huepe D, Rivera-Rei A, Noreika V, Garcia Mdel C, Silva W, Ciraolo C, Vaucheret E, Sedeño L, Couto B, Kargieman L, Baglivo F, Sigman M, Chennu S, Ibañez A, Rodríguez E, Bekinschtein TA. Auditory feedback differentially modulates behavioral and neural markers of objective and subjective performance when tapping to your heartbeat. *Cereb Cortex*. 2015 Nov;25(11):4490–503.
678. Canbay S, Gürer B, Bozkurt M, Comert A, Izci Y, Başkaya MK. Anatomical relationship and positions of the lumbar and sacral segments of the spinal cord according to the vertebral bodies and the spinal roots. *Clin Anat*. 2014 Mar;27(2):227–33.
679. Caneus J, Granic A, Rademakers R, Dickson DW, Coughlan CM, Chial HJ, Potter H. Mitotic defects lead to neuronal aneuploidy and apoptosis in frontotemporal lobar degeneration caused by MAPT mutations. *Mol Biol Cell*. 2018 Mar 1;29(5):575–86.
680. Cano G, Passerin AM, Schiltz JC, Card JP, Morrison SF, Sved AF. Anatomical substrates for the central control of sympathetic outflow to interscapular adipose tissue during cold exposure. *J Comp Neurol*. 2003;460(3):303–26.
681. Canseco-Alba A, Rodríguez-Manzo G. Intra-VTA anandamide infusion produces dose-based biphasic effects on male rat sexual behavior expression. *Pharmacol Biochem Behav*. 2016;150–151:182–9.
682. Cantaut-Belarif Y, Sternberg JR, Thouvenin O, Wyart C, Bardet PL. The Reissner fiber in the cerebrospinal fluid controls morphogenesis of the body axis. *Curr Biol*. 2018 Aug 6;28(15):2479–2486.e4.
683. Canto CB, Koganezawa N, Beed P, Moser EI, Witter MP. All Layers of medial entorhinal cortex receive presubicular and parasubicular inputs. *J Neurosci*. 2012 Dec 5;32(49):17620–31.
684. Canto CB, Onuki Y, Bruinsma B, van der Werf YD, De Zeeuw CI. The sleeping cerebellum. *Trends Neurosci*. 2017 May;40(5):309–23.
685. Canto CB, Witter MP. Cellular properties of principal neurons in the rat entorhinal cortex. I. The lateral entorhinal cortex. *Hippocampus*. 2012 Jun;22(6):1256–76.
686. Canto CB, Witter MP. Cellular properties of principal neurons in the rat entorhinal cortex. II. The medial entorhinal cortex. *Hippocampus*. 2012 Jun;22(6):1277–99.
687. Canty AJ, Murphy M. Molecular mechanisms of axon guidance in the developing corticospinal tract. *Prog Neurobiol*. 2008;85(2):214–35.
688. Canu ED, Magnano I, Paulus KS, Piras MR, Conti M, Costantino S, Nuvoli S, Aiello I. Neuropsychophysiological findings in a case of long-standing overt ventriculomegaly (LOVA). *Neurosci Lett*. 2005 Sep 2;385(1):24–9.
689. Cao Y, Wu T, Yuan Z, Li D, Ni S, Hu J, Lu H. Three-dimensional imaging of microvasculature in the rat spinal cord following injury. *Sci Rep*. 2015 Jul 29;5:12643.
690. Caous CA, Buck H de S, Lindsey CJ. Neuronal connections of the paratrigeminal nucleus: a topographic analysis of neurons projecting to bulbar, pontine and thalamic nuclei related to cardiovascular, respiratory and sensory functions. *Auton Neurosci Basic Clin*. 2001;94(1–2):14–24.
691. Caous CA, Smith RL, Haapalainen EF, Lindsey CJ. Ultrastructural transneuronal degeneration study of axonal elements within the paratrigeminal nucleus in sinoaortic deafferented rats. *Einstein (Sao Paulo)*. 2012;10(2):145–50.
692. Capel B. Vertebrate sex determination: evolutionary plasticity of a fundamental switch. *Nat Rev Genet*. 2017;18(11):675–89.
693. Capel RA, Terrar DA. The importance of Ca<sup>2+</sup>-dependent mechanisms for the initiation of the heartbeat. *Front Physiol*. 2015 Mar 25;6:80.
694. Capelli P, Pivetta C, Esposito MS, Arber S. Locomotor speed control circuits in the caudal brainstem. *Nature*. 2017;551(7680):373–7.
695. Capolupo A, Freeman WJ, Vitiello G. Dissipation of “dark energy” by cortex in knowledge retrieval. *Phys Life Rev*. 2013;10(1):85–94.
696. Capone F, Assenza G, Di Pino G, Musumeci G, Ranieri F, Florio L, Barbato C, Di Lazzaro V. The effect of transcutaneous vagus nerve stimulation on cortical excitability. *J Neural Transm (Vienna)*. 2015 May;122(5):679–85.
697. Caprile T, Hein S, Rodríguez S, Montecinos H, Rodríguez E. Reissner fiber binds and transports away monoamines present in the cerebrospinal fluid. *Mol Brain Res*. 2003;110(2):177–92.
698. Capuron L, Miller AH. Immune system to brain signaling: neuropsychopharmacological implications. *Pharmacol Ther*. 2011;130(2):226–38.
699. Caputa M. Selective brain cooling: a multiple regulatory mechanism. *J Therm Biol*. 2004;29(7–8):691–702.

700. Carare RO, Bernardes-Silva M, Newman TA, Page AM, Nicoll JA, Perry VH, Weller RO. Solutes, but not cells, drain from the brain parenchyma along basement membranes of capillaries and arteries: significance for cerebral amyloid angiopathy and neuroimmunology. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2008 Apr;34(2):131–44.
701. Carare RO, Hawkes CA, Weller RO. Afferent and efferent immunological pathways of the brain. *Anatomy, function and failure*. *Brain Behav Immun*. 2014 Feb;36:9–14.
702. Carare RO, Teeling JL, Hawkes CA, Püntener U, Weller RO, Nicoll JA, Perry VH. Immune complex formation impairs the elimination of solutes from the brain: implications for immunotherapy in Alzheimer's disease. *Acta Neuropathol Commun*. 2013 Aug 9;1:48.
703. Card JP, Sved JC, Craig B, Raizada M, Vazquez J, Sved AF. Efferent projections of rat rostroventrolateral medulla C1 catecholamine neurons: implications for the central control of cardiovascular regulation. *J Comp Neurol*. 2006 Dec 10;499(5):840–59.
704. Carlén M. What constitutes the prefrontal cortex? *Science*. 2017 Oct 27;358(6362):478–82.
705. Carlsson A, Lindqvist M, Magnusson T, Atack C. Effect of acute transection on the synthesis and turnover of 5-HT in the rat spinal cord. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 1973;277(1):1–12.
706. Carpenter F, Burgess N, Barry C. Modulating medial septal cholinergic activity reduces medial entorhinal theta frequency without affecting speed or grid coding. *Sci Rep*. 2017 Nov 6;7(1):14573.
707. Carper RA, Courchesne E. Inverse correlation between frontal lobe and cerebellum sizes in children with autism. *Brain*. 2000;123(4):836–44.
708. Carr L, Iacoboni M, Dubeau MC, Mazziotta JC, Lenzi GL. Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003 Apr 29;100(9):5497–502.
709. Carr O, De Vos M, Saunders KEA. Heart rate variability in bipolar disorder and borderline personality disorder: a clinical review. *Evid Based Ment Health*. 2018;21(1):23–30.
710. Carrive P. Orexin, orexin receptor antagonists and central cardiovascular control. *Front Neurosci*. 2013 Dec 30;7:257.
711. Carruthers P, Veillet B. Consciousness operationalized, a debate realigned. *Conscious Cogn*. 2017 Oct;55:79–90.
712. Carstens KE, Dudek SM. Regulation of synaptic plasticity in hippocampal area CA2. *Curr Opin Neurobiol*. 2019;54:194–9.
713. Carter CS, Braver TS, Barch DM, Botvinick MM, Noll D, Cohen JD. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*. 1998 May 1;280(5364):747–9.
714. Carter ME, Yizhar O, Chikahisa S, Nguyen H, Adamantidis A, Nishino S, Deisseroth K, de Lecea L. Tuning arousal with optogenetic modulation of locus coeruleus neurons. *Nat Neurosci*. 2010 Dec;13(12):1526–33.
715. Cartwright SL, Knudson MP. Evaluation of acute abdominal pain in adults. *Am Fam Physician*. 2008 Apr 1;77(7):971–8.
716. Carvalho M, De Paula V, Forlenza O. Effect of chronic treatment with lithium on protein cyclin-dependent kinase 5 (CDK5) and tau protein in a primary culture of cortical neurons. *Alzheimer's and Dementia*. 2013;9(4):P718.
717. Casado A, Palma A, Paolieri D. The influence of sex information on gender word processing. *J Psycholinguist Res*. 2018;47(3):557–83.
718. Casella GTB, Marcillo A, Bunge MB, Wood PM. New vascular tissue rapidly replaces neural parenchyma and vessels destroyed by a contusion injury to the rat spinal cord. *Exp Neurol*. 2002;173(1):63–76.
719. Casley-Smith JR, Foldi Borcsok E, Foldi M. The prelymphatic pathways of the brain as revealed by cervical lymphatic obstruction and the passage of particles. *Br J Exp Pathol*. 1976;57(2):179–88.
720. Caspani G, Swann J. Small talk: microbial metabolites involved in the signaling from microbiota to brain. *Curr Opin Pharmacol*. 2019;48:99–106.
721. Caspers S, Geyer S, Schleicher A, Mohlberg H, Amunts K, Zilles K. The human inferior parietal cortex: Cytoarchitectonic parcellation and interindividual variability. *Neuroimage*. 2006;33(2):430–48.
722. Cassam AK, Llewellyn-Smith IJ, Weaver LC. Catecholamine enzymes and neuropeptides are expressed in fibres and somata in the intermediate gray matter in chronic spinal rats. *Neuroscience*. 1997;78(3):829–41.
723. Cassam AK, Rogers KA, Weaver LC. Co-localization of substance P and dopamine  $\beta$ -hydroxylase with growth-associated protein-43 is lost caudal to a spinal cord transection. *Neuroscience*. 1999;88(4):1275–88.
724. Cassel JC, Pereira de Vasconcelos A, Loureiro M, Cholvin T, Dalrymple-Alford JC, Vertes RP. The reuniens and rhomboid nuclei: neuroanatomy, electrophysiological characteristics and behavioral implications. *Prog Neurobiol*. 2013;111:34–52.
725. Castillo P, Pedroarena C, Chase MH, Morales FR. A medullary inhibitory region for trigeminal motoneurons in the cat. *Brain Res*. 1991 May 24;549(2):346–9.
726. Castillo P, Pedroarena C, Chase MH, Morales FR. Strychnine blockade of the non-reciprocal inhibition of trigeminal motoneurons induced by stimulation of the parvocellular reticular formation. *Brain Res*. 1991 Dec 20;567(2):346–9.
727. Castle M, Comoli E, Loewy AD. Autonomic brainstem nuclei are linked to the hippocampus. *Neuroscience*. 2005;134(2):657–69.
728. Castro DC, Bruchas MR. A Motivational and neuropeptidergic hub: anatomical and functional diversity within the nucleus accumbens shell. *Neuron*. 2019;102(3):529–52.
729. Catavero C, Bao H, Song J. Neural mechanisms underlying GABAergic regulation of adult hippocampal neurogenesis. *Cell Tissue Res*. 2018;371(1):33–46.
730. Cauda F, D'Agata F, Sacco K, Duca S, Geminiani G, Vercelli A. Functional connectivity of the insula in the resting brain. *Neuroimage*. 2011;55(1):8–23.
731. Cauda F, Geminiani GC, Vercelli A. Evolutionary appearance of von Economo's neurons in the mammalian cerebral cortex. *Front Hum Neurosci*. 2014 Mar 14;8:104.
732. Cauda F, Torta DM, Sacco K, D'Agata F, Geda E, Duca S, Geminiani G, Vercelli A. Functional anatomy of cortical areas characterized by Von Economo neurons. *Brain Struct Funct*. 2013 Jan;218(1):1–20.
733. Cavarsan CF, Malheiros J, Hamani C, Najm I, Covolan L. Is mossy fiber sprouting a potential therapeutic target for epilepsy? *Front Neurol*. 2018 Nov 30;9:1023.
734. Cechetto DF, Shoemaker JK. Functional neuroanatomy of autonomic regulation. *Neuroimage*. 2009;47(3):795–803.
735. Cechetto DF, Standaert DG, Saper CB. Spinal and trigeminal dorsal horn projections to the parabrachial nucleus in the rat. *J Comp Neurol*. 1985;240(2):153–60.
736. Cechetto DF. Cortical control of the autonomic nervous system. *Exp Physiol*. 2014;99(2):326–31.
737. Celik S, Bilge O, Yurttaş C, Turgut M. Anatomy of the insular arteries. In: Turgut M, Yurttaş C, Tubbs R. (eds). *Island of Reil (insula) in the human brain*. Springer, Cham. 2018; 298 p., p. 39–53.
738. Centonze D, Gubellini P, Pisani A, Bernardi G, Calabresi P. Dopamine, acetylcholine, and nitric oxide systems interact to induce corticostriatal synaptic plasticity. *Rev Neurosci*. 2003;14(3):207–16.
739. Centonze D. Advances in the management of multiple sclerosis spasticity: multiple sclerosis spasticity nervous pathways. *Eur Neurol*. 2014;72(Suppl 1):6–8.
740. Cerminara NL, Aoki H, Loft M, Sugihara I, Apps R. Structural basis of cerebellar microcircuits in the rat. *J Neurosci*. 2013;33(42):16427–42.
741. Cerminara NL, Koutsikou S, Lumb BM, Apps R. The periaqueductal grey modulates sensory input to the cerebellum: a role in coping behaviour? *Eur J Neurosci*. 2009;29(11):2197–206.
742. Cerritelli S, Hirschberg S, Hill R, Balthasar N, Pickering AE. Activation of brainstem pro-opiomelanocortin neurons produces opioidergic analgesia, bradycardia and bradypnoea. *PLoS One*. 2016 Apr 14;11(4):e0153187.
743. Cersosimo MG, Benarroch EE. Central control of autonomic function and involvement in neurodegenerative disorders. *Handb Clin Neurol*. 2013;117:45–57.
744. Cervera-Ferri A, Guerrero-Martínez J, Bataller-Mompeán M, Taberner-Cortés A, Martínez-Ricós J, Ruiz-Torner A, Teruel-Martí V. Theta synchronization between the hippocampus and the nucleus incertus in urethane-anesthetized rats. *Exp Brain Res*. 2011 Jun;211(2):177–92.
745. Cervera-Ferri A, Rahmani Y, Martínez-Bellver S, Teruel-Martí V, Martínez-Ricós J. Glutamatergic projection from the nucleus incertus to the septohippocampal system. *Neurosci Lett*. 2012;517(2):71–6.
746. Chaieb L, Leszczynski M, Axmacher N, Höhne M, Elger CE, Fell J. Theta-gamma phase-phase coupling during working memory maintenance in the human hippocampus. *Cogn Neurosci*. 2015;6(4):149–57.
747. Chaitanya GV, Omura S, Sato F, Martínez NE, Minagar A, Ramanathan M, Guttman BW, Zivadinov R, Tsunoda I, Alexander JS. Inflammation induces neuro-lymphatic protein expression in multiple sclerosis brain neurovasculature. *J Neuroinflammation*. 2013 Oct 14;10:125.
748. Chaker Z, Codega P, Doetsch F. A mosaic world: puzzles revealed by adult neural stem cell heterogeneity. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol*. 2016;5(6):640–58.
749. Chakravarthi K, Chaudhry H, Williams K, Christo PJ. Review of the uses of vagal nerve stimulation in chronic pain management. *Curr Pain Headache Rep*. 2015 Dec;19(12):54.
750. Chamberlain JD, Meier S, Mader L, Von Groote PM, Brinkhof MWG. Mortality and longevity after a spinal cord injury: systematic review and meta-analysis. *Neuroepidemiology*. 2015;44(3):182–98.
751. Chamberlain SR, Robbins TW. Noradrenergic modulation of cognition: therapeutic implications. *J Psychopharmacol*. 2013;27(8):694–718.

752. Chamberlin NL, Saper CB. Topographic organization of cardiovascular responses to electrical and glutamate microstimulation of the parabrachial nucleus in the rat. *J Comp Neurol*. 1992 Dec 8;326(2):245–62.
753. Chamberlin NL, Saper CB. Topographic organization of respiratory responses to glutamate microstimulation of the parabrachial nucleus in the rat. *J Neurosci*. 1994 Nov;14(11 Pt1):6500–10.
754. Chambliss B. The mind-body problem. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2018 Jul;9(4):e1463.
755. Chan DPC, Sun HY, Wong HTH, Lee SS, Hung CC. Sexually acquired hepatitis C virus infection: a review. *Int J Infect Dis*. 2016;49:47–58.
756. Chan LJ, Hossain MA, Samuel CS, Separovic F, Wade JD. The relaxin peptide family — structure, function and clinical applications. *Protein Pept Lett*. 2011 Mar;18(3):220–9.
757. Chancellor B, Duncan A, Chatterjee A. Art therapy for Alzheimer's disease and other dementias. *J Alzheimer's Dis*. 2014;39(1):1–11.
758. Chancey JH, Poulsen DJ, Wadiche JI, Overstreet-Wadiche L. Hilar mossy cells provide the first glutamatergic synapses to adult-born dentate granule cells. *J Neurosci*. 2014;34(6):2349–54.
759. Chandler DJ, Gao WJ, Waterhouse BD. Heterogeneous organization of the locus coeruleus projections to prefrontal and motor cortices. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(18):6816–21.
760. Chandler DJ, Waterhouse BD, Gao WJ. New perspectives on catecholaminergic regulation of executive circuits: evidence for independent modulation of prefrontal functions by midbrain dopaminergic and noradrenergic neurons. *Front Neural Circuits*. 2014 May 21;8:53.
761. Chang CH, Lane HY, Lin CH. Brain Stimulation in Alzheimer's Disease. *Front Psychiatry*. 2018 May 22;9:201.
762. Chang EF. Towards large-scale, human-based, mesoscopic neurotechnologies. *Neuron*. 2015;86(1):68–78.
763. Chang HT, Kita H. Interneurons in the rat striatum: relationships between parvalbumin neurons and cholinergic neurons. *Brain Res*. 1992;574(1–2):307–11.
764. Chang JC, Leung M, Gokozan HN, Gygli PE, Catacutan FP, Czeisler C, Otero JJ. Mitotic events in cerebellar granule progenitor cells that expand cerebellar surface area are critical for normal cerebellar cortical lamination in mice. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2015 Mar;74(3):261–72.
765. Chang LJ, Smith A, Dufwenberg M, Sanfey AG. Triangulating the neural, psychological, and economic bases of guilt aversion. *Neuron*. 2011 May;70(3):560–72.
766. Chang ML, Chiu YJ, Li JS, Cheah KP, Lin HH. Analyzing impetus of regenerative cellular therapeutics in myocardial infarction. *J Clin Med*. 2020 Apr 28;9(5):1277.
767. Chang SH, Song NJ, Choi JH, Yun UJ, Park KW. Mechanisms underlying UCP1 dependent and independent adipocyte thermogenesis. *Obes Rev*. 2019;20(2):241–51.
768. Chan-Palay V. The paratrigenic nucleus. I. Neurons and synaptic organization. *J Neurocytol*. 1978;7(4):405–18.
769. Chase MH, Enomoto S, Hiraba K, Katoh M, Nakamura Y, Sahara Y, Taira M. Role of medullary reticular neurons in the inhibition of trigeminal motoneurons during active sleep. *Exp Neurol*. 1984 May;84(2):364–73.
770. Chase MH, Morales FR, Boxer PA, Fung SJ, Soja PJ. Effect of stimulation of the nucleus reticularis gigantocellularis on the membrane potential of cat lumbar motoneurons during sleep and wakefulness. *Brain Res*. 1986;386(1–2):237–44.
771. Chase MH. Motor control during sleep and wakefulness: clarifying controversies and resolving paradoxes. *Sleep Med Rev*. 2013;17(4):299–312.
772. Chatterjee A, Vartanian O. Neuroaesthetics. *Trends Cogn Sci*. 2014 Jul;18(7):370–5.
773. Chatterjee A, Vartanian O. Neuroscience of aesthetics. *Ann N Y Acad Sci*. 2016 Apr;1369(1):172–94.
774. Chaudhary U, Birbaumer N, Ramos-Murguialday A. Brain-computer interfaces for communication and rehabilitation. *Nat Rev Neurol*. 2016;12(9):513–25.
775. Chee MJS, Arrigoni E, Maratos-Flier E. Melanin-concentrating hormone neurons release glutamate for feedforward inhibition of the lateral septum. *J Neurosci*. 2015;35(8):3644–51.
776. Chella Krishnan K, Mehrabian M, Lusia AJ. Sex differences in metabolism and cardiometabolic disorders. *Curr Opin Lipidol*. 2018;29(5):404–10.
777. Chen B, He J, Yang H, Zhang Q, Zhang L, Zhang X, Xie E, Liu C, Zhang R, Wang Y, Huang L, Hao D. Repair of spinal cord injury by implantation of bFGF-incorporated HEMA-MOETACL hydrogel in rats. *Sci Rep*. 2015 Mar 12;5:9017.
778. Chen CY, Kuo TBJ, Hsieh IT, Yang CCH. Electrical stimulation of the rostral ventrolateral medulla promotes wakefulness in rats. *Sleep Med*. 2013;14(11):1076–84.
779. Chen G, Zhao L, Jia Y, Zhong S, Chen F, Luo X, Qiu S, Lai S, Qi Z, Huang L, Wang Y. Abnormal cerebellum-DMN regions connectivity in unmedicated bipolar II disorder. *J Affect Disord*. 2019 Jan 15;243:441–7.
780. Chen H, Bagri A, Zupicich JA, Zou Y, Stoeckli E, Pleasure SJ, Lowenstein DH, Skarnes WC, Chédotal A, Tessier-Lavigne M. Neuropilin-2 regulates the development of selective cranial and sensory nerves and hippocampal mossy fiber projections. *Neuron*. 2000 Jan;25(1):43–56.
781. Chen L, Elias G, Yostos MP, Stimec B, Fasel J, Murphy K. Pathways of cerebrospinal fluid outflow: a deeper understanding of resorption. *Neuroradiology*. 2015;57(2):139–47.
782. Chen L, Yin D, Wang TX, Guo W, Dong H, Xu Q, Luo YJ, Cherasse Y, Lazarus M, Qiu ZL, Lu J, Qu WM, Huang ZL. Basal forebrain cholinergic neurons primarily contribute to inhibition of electroencephalogram delta activity, rather than inducing behavioral wakefulness in mice. *Neuropsychopharmacology*. 2016 Jul;41(8):2133–46.
783. Chen LF, Zhou AS, West AE. Transcribing the connectome: roles for transcription factors and chromatin regulators in activity-dependent synapse development. *J Neurophysiol*. 2017;118(2):755–70.
784. Chen LL, Lin L-H, Green EJ, Barnes CA, McNaughton BL. Head-direction cells in the rat posterior cortex. *Exp Brain Res*. 1994 Sep;101(1):8–23.
785. Chen LM. Cortical representation of pain and touch: evidence from combined functional neuroimaging and electrophysiology in non-human primates. *Neurosci Bull*. 2018;34(1):165–77.
786. Chen MC, Vetrivelan R, Guo C-N, Chang C, Fuller PM, Lu J. Ventral medullary control of rapid eye movement sleep and atonia. *Exp Neurol*. 2017 Apr;290(1):53–62.
787. Chen Q, Zheng W, Chen X, Wan L, Qin W, Qi Z, Chen N, Li K. Brain gray matter atrophy after spinal cord injury: a voxel-based morphometry study. *Front Hum Neurosci*. 2017 Apr 28;11:211.
788. Chen RL, Athauda SB, Kassem NA, Zhang Y, Segal MB, Preston JE. Decrease of transthyretin synthesis at the blood-cerebrospinal fluid barrier of old sheep. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005 Jul;60(7):852–8.
789. Chen RL, Kassem NA, Sadeghi M, Preston JE. Insulin-like growth factor-II uptake into choroid plexus and brain of young and old sheep. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008 Feb;63(2):141–8.
790. Chen W, Bacanamwo M, Harrison DG. Activation of p300 histone acetyltransferase activity is an early endothelial response to laminar shear stress and is essential for stimulation of endothelial nitric-oxide synthase mRNA transcription. *J Biol Chem*. 2008;283(24):16293–8.
791. Chen X, Scangos KW, Stuphorn V. Supplementary motor area exerts proactive and reactive control of arm movements. *J Neurosci*. 2010;30(44):14657–75.
792. Chen X, Wanggou S, Bodalia A, Zhu M, Dong W, Fan JJ, Yin WC, Min HK, Hu M, Draghici D, Dou W, Li F, Coutinho FJ, Whetstone H, Kushida MM, Dirks PB, Song Y, Hui CC, Sun Y, Wang LY, Li X, Huang X. A Feedforward mechanism mediated by mechanosensitive ion channel PIEZO1 and tissue mechanics promotes glioma aggression. *Neuron*. 2018 Nov 21;100(4):799–815.e7.
793. Chen Y, Balasubramanyan S, Lai AY, Todd KG, Smith PA. Effects of sciatic nerve axotomy on excitatory synaptic transmission in rat substantia gelatinosa. *J Neurophysiol*. 2009;102(6):3203–15.
794. Chen Y, Derkach VA, Smith PA. Loss of Ca(2+)-permeable AMPA receptors in synapses of tonic firing substantia gelatinosa neurons in the chronic constriction injury model of neuropathic pain. *Exp Neurol*. 2016 May;279:168–77.
795. Chen Y, Knight ZA. Making sense of the sensory regulation of hunger neurons. *BioEssays*. 2016;38(4):316–24.
796. Chen Y, Vanderweele TJ. Associations of religious upbringing with subsequent health and well-being from adolescence to young adulthood: an outcome-wide analysis. *Am J Epidemiol*. 2018;187(11):2355–64.
797. Chen YH, Yandle TG, Richards AM, Palmer SC. Urotensin II immunoreactivity in the human circulation: Evidence for widespread tissue release. *Clin Chem*. 2009;55(11):2040–8.
798. Cheng YC, Huang YC, Huang WL. Heart rate variability as a potential biomarker for alcohol use disorders: a systematic review and meta-analysis. *Drug Alcohol Depend*. 2019 Nov 1;204:107502.
799. Chesnokova V, Pechnick RN, Wawrowsky K. Chronic peripheral inflammation, hippocampal neurogenesis, and behavior. *Brain Behav Immun*. 2016;58:1–8.
800. Chevalere V, Piskorowski RA. Hippocampal area CA2: an overlooked but promising therapeutic target. *Trends Mol Med*. 2016;22(8):645–55.
801. Chi OZ, Hunter C, Liu X, Weiss HR. Effects of anti-VEGF antibody on blood-brain barrier disruption in focal cerebral ischemia. *Exp Neurol*. 2007;204(1):283–7.
802. Chi OZ, Hunter C, Liu X, Weiss HR. Effects of deferoxamine on blood-brain barrier disruption and VEGF in focal cerebral ischemia. *Neurol Res*. 2008 Apr;30(3):288–93.
803. Chi RP, Snyder AW. Facilitate insight by non-invasive brain stimulation. *PLoS One*. 2011 Feb 2;6(2):e16655.

804. Chiang C, Aston-Jones G. Response of locus coeruleus neurons to footshock stimulation is mediated by neurons in the rostral ventral medulla. *Neuroscience*. 1993;53(3):705–15.
805. Chiaravalloti ND, Weber E, Wylie G, Dyson-Hudson T, Wecht JM. Patterns of cognitive deficits in persons with spinal cord injury as compared with both age-matched and older individuals without spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2020;43(1):88–97.
806. Chiasserini D, van Weering JR, Piersma SR, Pham TV, Malekzadeh A, Teunissen CE, de Wit H, Jiménez CR. Proteomic analysis of cerebrospinal fluid extracellular vesicles: a comprehensive dataset. *J Proteomics*. 2014 Jun 25;106:191–204.
807. Chiba A, Oka S. Serotonin-immunoreactive structures in the central nervous system of the garfish *Lepisosteus productus* (Semionotiformes, Osteichthyes). *Neurosci Lett*. 1999;261(1–2):73–6.
808. Chicurel ME, Harris KM. Three-dimensional analysis of the structure and composition of CA3 branched dendritic spines and their synaptic relationships with mossy fiber boutons in the rat hippocampus. *J Comp Neurol*. 1992;325(2):169–82.
809. Chistiakov DA, Orekhov AN, Bobryshev YV. Effects of shear stress on endothelial cells: go with the flow. *Acta Physiol (Oxf)*. 2017 Feb;219(2):382–408.
810. Chiu CZ, Wang BW, Shyu KG. Angiotensin II and the JNK pathway mediate urotensin II expression in response to hypoxia in rat cardiomyocytes. *J Endocrinol*. 2014;220(3):233–46.
811. Cho JR, Treweek JB, Robinson JE, Xiao C, Bremner LR, Greenbaum A, Gradinaru V. Dorsal raphe dopamine neurons modulate arousal and promote wakefulness by salient stimuli. *Neuron*. 2017 Jun 21;94(6):1205–1219.e8.
812. Cho KH, Kim JH, Murakami G, Abe H, Rodríguez-Vázquez JF, Chai OH. Nerve distribution in myocardium including the atrial and ventricular septa in late stage human fetuses. *Anat Cell Biol*. 2019;52(1):48–56.
813. Cho N, Squair JW, Bloch J, Courtine G. Neurorestorative interventions involving bioelectronic implants after spinal cord injury. *Bioelectron Med*. 2019 Jul 11;5:10.
814. Cho S, Irianto J, Discher DE. Mechanosensing by the nucleus: from pathways to scaling relationships. *J Cell Biol*. 2017;216(2):305–15.
815. Choe MC. The pathophysiology of concussion. *Curr Pain Headache Rep*. 2016 Jun;20(6):42.
816. Choi JG, Shin JH, Kim BR. Botulinum toxin a injection into the subscapularis muscle to treat intractable hemiplegic shoulder pain. *Ann Rehabil Med*. 2016;40(4):592–9.
817. Choi JH, Pile-Spellman J. Selective brain hypothermia. *Handb Clin Neurol*. 2018;157:839–52.
818. Choi SH, Tanzi RE. Is Alzheimer's disease a neurogenesis disorder? *Cell Stem Cell*. 2019;25(1):7–8.
819. Choleris E, Galea LAM, Sohrabji F, Frick KM. Sex differences in the brain: implications for behavioral and biomedical research. *Neurosci Biobehav Rev*. 2018 Feb;85:126–45.
820. Chopek JW, Sheppard PC, Gardiner K, Gardiner PF. Serotonin receptor and KCC2 gene expression in lumbar flexor and extensor motoneurons posttransection with and without passive cycling. *J Neurophysiol*. 2015;113(5):1369–76.
821. Chopra H, Hung MK, Kwong DL, Zhang CF, Pow EHN. Insights into endothelial progenitor cells: origin, classification, potentials, and prospects. *Stem Cells Int*. 2018 Nov 18;2018:9847015.
822. Chou RH, Lu CY, Wei-Lee, Fan JR, Yu YL, Shyu WC. The potential therapeutic applications of olfactory ensheathing cells in regenerative medicine. *Cell Transplant*. 2014;23(4–5):567–71.
823. Chrétien D, Bénéit P, Ha HH, Keipert S, El-Khoury R, Chang YT, Jastroch M, Jacobs HT, Rustin P, Rak M. Mitochondria are physiologically maintained at close to 50 °C. *PLoS Biol*. 2018 Jan 25;16(1):e2003992.
824. Christensen E. Studies on chronic subdural hematoma. *Acta Psychiatr Scand*. 1944 Jun;19(1–2):69–148.
825. Christensen JF, Cela-Conde CJ, Gomila A. Not all about sex: neural and biobehavioral functions of human dance. *Ann N Y Acad Sci*. 2017;1400(1):8–32.
826. Christensen JF, Gaigg SB, Calvo-Merino B. I can feel my heartbeat: dancers have increased interoceptive accuracy. *Psychophysiology*. 2018 Apr;55(4).
827. Christensen JF, Gomila A. Introduction: art and the brain: from pleasure to well-being. *Prog Brain Res*. 2018;237:xxvii–xlvii.
828. Christensen MD, Everhart AW, Pickelman JT, Hulsebosch CE. Mechanical and thermal allodynia in chronic central pain following spinal cord injury. *Pain*. 1996 Nov;68(1):97–107.
829. Christensen MD, Hulsebosch CE. Chronic central pain after spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 1997 Aug;14(8):517–37.
830. Christoffels VM, Smits GJ, Kispert A, Moorman AFM. Development of the pacemaker tissues of the heart. *Circ Res*. 2010;106(2):240–54.
831. Chryssikou EG, Hamilton RH, Coslett HB, Datta A, Bikson M, Thompson-Schill SL. Noninvasive transcranial direct current stimulation over the left prefrontal cortex facilitates cognitive flexibility in tool use. *Cogn Neurosci*. 2013;4(2):81–9.
832. Chryssikou EG, Weber MJ, Thompson-Schill SL. A matched filter hypothesis for cognitive control. *Neuropsychologia*. 2014;62:341–55.
833. Church RM, Broadbent HA. Alternative representations of time, number, and rate. *Cognition*. 1990 Nov;37(1–2):55–81.
834. Churyukanov VV, Bilibin DP, Khodorovich NA, Shevelev OA. Cortical control of nociceptive transmission from the heart. *Bull Exp Biol Med*. 1999;128(12):1206–8.
835. Cianflone E, Aquila I, Scalise M, Marotta P, Torella M, Nadal-Ginard B, Torella D. Molecular basis of functional myogenic specification of Bona Fide multipotent adult cardiac stem cells. *Cell Cycle*. 2018;17(8):927–46.
836. Ciceri EF, Klucznik RP, Grossman RG, Rose JE, Mawad ME. Aneurysms of the posterior cerebral artery: classification and endovascular treatment. *Am J Neuroradiol*. 2001;22(1):27–34.
837. Cichy RM, Kaiser D. Deep neural networks as scientific models. *Trends Cogn Sci*. 2019;23(4):305–17.
838. Cifuentes M, Rodríguez S, Pérez J, Grondona JM, Rodríguez EM, Fernández-Llebrez P. Decreased cerebrospinal fluid flow through the central canal of the spinal cord of rats immunologically deprived of Reissner's fibre. *Exp Brain Res*. 1994;98(3):431–40.
839. Cimpanu CL, Strube W, Falkai P, Palm U, Hasan A. Vagus nerve stimulation in psychiatry: a systematic review of the available evidence. *J Neural Transm*. 2017;124(1):145–58.
840. Cirelli C, Gutierrez CM, Tononi G. Extensive and divergent effects of sleep and wakefulness on brain gene expression. *Neuron*. 2004;41(1):35–43.
841. Cizkova D, Murgoci AN, Cubinkova V, Humenik F, Mojzisova Z, Maloveska M, Cizek M, Fournier I, Salzet M. Spinal cord injury: animal models, imaging tools and the treatment strategies. *Neurochem Res*. 2020 Jan;45(1):134–43.
842. Claiborne BJ, Amaral DG, Cowan WM. A light and electron microscopic analysis of the mossy fibers of the rat dentate gyrus. *J Comp Neurol*. 1986;246(4):435–58.
843. Claiborne BJ, Amaral DG, Cowan WM. Quantitative, three-dimensional analysis of granule cell dendrites in the rat dentate gyrus. *J Comp Neurol*. 1990;302(2):206–19.
844. Clark A. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behav Brain Sci*. 2013;36(3):181–204.
845. Clark BJ, Brown JE, Taube JS. Head direction cell activity in the anterodorsal thalamus requires intact supragenual nuclei. *J Neurophysiol*. 2012;108(10):2767–84.
846. Clark BJ, Taube JS. Vestibular and attractor network basis of the head direction cell signal in subcortical circuits. *Front Neural Circuits*. 2012 Mar 20;6:7.
847. Clark KB. Basis for a neuronal version of Grover's quantum algorithm. *Front Mol Neurosci*. 2014 Apr 17;7:29.
848. Clark SD, Nothacker HP, Blaha CD, Tyler CJ, Duangdao DM, Grupke SL, Helton DR, Leonard CS, Civelli O. Urotensin II acts as a modulator of mesopontine cholinergic neurons. *Brain Res*. 2005 Oct 19;1059(2):139–48.
849. Clark SD, Nothacker HP, Wang Z, Saito Y, Leslie FM, Civelli O. The urotensin II receptor is expressed in the cholinergic mesopontine tegmentum of the rat. *Brain Res*. 2001;923(1–2):120–7.
850. Clarke L, van der Kooy D. The adult mouse dentate gyrus contains populations of committed progenitor cells that are distinct from subependymal zone neural stem cells. *Stem Cells*. 2011;29(9):1448–58.
851. Clausi S, Olivito G, Lupo M, Siciliano L, Bozzali M, Leggio M. The cerebellar predictions for social interactions: theory of mind abilities in patients with degenerative cerebellar atrophy. *Front Cell Neurosci*. 2019 Jan 8;12:510.
852. Clément O, Sapin E, Bérød A, Fort P, Luppi PH. Evidence that neurons of the sublaterodorsal tegmental nucleus triggering paradoxical (REM) sleep are glutamatergic. *Sleep*. 2011 Apr 1;34(4):419–23.
853. Clément O, Sapin E, Libourel PA, Arthaud S, Brischox F, Fort P, Luppi PH. The lateral hypothalamic area controls paradoxical (REM) sleep by means of descending projections to brainstem GABAergic neurons. *J Neurosci*. 2012 Nov 21;32(47):16763–74.
854. Clément O, Valencia García S, Libourel PA, Arthaud S, Fort P, Luppi PH. The inhibition of the dorsal paragigantocellular reticular nucleus induces waking and the activation of all adrenergic and noradrenergic neurons: a combined pharmacological and functional neuroanatomical study. *PLoS One*. 2014 May 8;9(5):e96851.
855. Cliffer KD, Tonra JR, Carson SR, Radley HE, Cavnor C, Lindsay RM, Bodine SC, DiStefano PS. Consistent repeated M- and H-Wave recording in the hind limb of rats. *Muscle Nerve*. 1998 Nov;21(11):1405–13.

856. Clineschmidt BV, Pierce JE, Lovenberg W. Tryptophan hydroxylase and serotonin in spinal cord and brain stem before and after chronic transection. *J Neurochem*. 1971 Aug;18(8):1593–6.
857. Clower DM, Dum RP, Strick PL. Basal ganglia and cerebellar inputs to 'AIP'. *Cereb Cortex*. 2005 Jul;15(7):913–20.
858. Clowry GJ, Alzu'bi A, Harkin LF, Sarma S, Kerwin J, Lindsay SJ. Charting the protomap of the human telencephalon. *Semin Cell Dev Biol*. 2018;76:3–14.
859. Cloyd MW, Low FN. Scanning electron microscopy of the subarachnoid space in the dog. I. Spinal cord levels. *J Comp Neurol*. 1974;153(4):325–67.
860. Coatti GC, Cavaçana N, Zatz M. The role of pericytes in amyotrophic lateral sclerosis. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1147:137–46.
861. Cobos I, Seeley WW. Human von Economo neurons express transcription factors associated with layer V subcerebral projection neurons. *Cereb Cortex*. 2015 Jan 1;25(1):213–20.
862. Coenen VA, Schumacher LV, Kaller C, Schlaepfer TE, Reinacher PC, Egger K, Urbach H, Reisert M. The anatomy of the human medial forebrain bundle: ventral tegmental area connections to reward-associated subcortical and frontal lobe regions. *Neuroimage Clin*. 2018 Mar 18;18:770–783.
863. Coggan JS, Cali C, Keller D, Agus M, Boges D, Abdellah M, Kare K, Lehväsiaiho H, Eilemann S, Jolivet RB, Hadwiger M, Markram H, Schürmann F, Magistretti PJ. A Process for digitizing and simulating biologically realistic oligocellular networks demonstrated for the neuro-glio-vascular ensemble. *Front Neurosci*. 2018 Sep 25;12:664.
864. Cohen LD, Ziv NE. Neuronal and synaptic protein lifetimes. *Curr Opin Neurobiol*. 2019 Aug;57:9–16.
865. Cohen MS, Schwartz-Giblin S, Pfaff DW. Brainstem reticular stimulation facilitates back muscle motoneuronal responses to pudendal nerve input. *Brain Res*. 1987;405(1):155–8.
866. Coimbra NC, De Oliveira R, Freitas RL, Ribeiro SJ, Borelli KG, Pacagnella RC, Moreira JE, da Silva LA, Melo LL, Lunardi LO, Brandão ML. Neuroanatomical approaches of the tectum-reticular pathways and immunohistochemical evidence for serotonin-positive perikarya on neuronal substrates of the superior colliculus and periaqueductal gray matter involved in the elaboration of the defensive behavior and fear-induced analgesia. *Exp Neurol*. 2006 Jan;197(1):93–112.
867. Coizet V, Domett EJ, Klop EM, Redgrave P, Overton PG. The parabrachial nucleus is a critical link in the transmission of short latency nociceptive information to midbrain dopaminergic neurons. *Neuroscience*. 2010 Jun;168(1):263–72.
868. Coles JA, Myburgh E, Brewer JM, McMenamin PG. Where are we? The anatomy of the murine cortical meninges revisited for intravital imaging, immunology, and clearance of waste from the brain. *Prog Neurobiol*. 2017;156:107–48.
869. Colgin LL. Mechanisms and functions of theta rhythms. *Annu Rev Neurosci*. 2013 Jul 8;36:295–312.
870. Collins CM, Smith MB, Turner R. Model of local temperature changes in brain upon functional activation. *J Appl Physiol*. 2004;97(6):2051–5.
871. Collins O, Dillon S, Finucane C, Lawlor B, Kenny RA. Parasympathetic autonomic dysfunction is common in mild cognitive impairment. *Neurobiol Aging*. 2012;33(10):2324–33.
872. Colombo B, Bartesaghi N, Simonelli L, Antonietti A. The combined effects of neurostimulation and priming on creative thinking. A preliminary tDCS study on dorso-lateral prefrontal cortex. *Front Hum Neurosci*. 2015 Jul 17;9:403.
873. Colrain IM. The K-complex: a 7-decade history. *Sleep*. 2005 Feb;28(2):255–73.
874. Compston A. Cerebrospinal fluid had come a long way since Galen of Pergamon (130–200) declared the ventricles to be reservoirs for the animal spirits. *Brain : a Journal of Neurology*. 2015 Jun;138(Pt 6):1759–63.
875. Cona G, Scarpazza C. Where is the “where” in the brain? A meta-analysis of neuroimaging studies on spatial cognition. *Hum Brain Mapp*. 2019;40(6):1867–86.
876. Conant D, Bouchard KE, Chang EF. Speech map in the human ventral sensory-motor cortex. *Curr Opin Neurobiol*. 2014;24(1):63–7.
877. Conde SV, Sacramento JF, Guarino MP, Gonzalez C, Obeso A, Diogo LN, Monteiro EC, Ribeiro MJ. Carotid body, insulin, and metabolic diseases: unraveling the links. *Front Physiol*. 2014 Oct 29;5:418.
878. Condliffe EG, Jeffery DT, Emery DJ, Gorassini MA. Spinal inhibition and motor function in adults with spastic cerebral palsy. *J Physiol*. 2016;594(10):2691–705.
879. Condomitti G, de Wit J. Heparan sulfate proteoglycans as emerging players in synaptic specificity. *Front Mol Neurosci*. 2018 Jan 26;11:14.
880. Cone RD. Anatomy and regulation of the central melanocortin system. *Nat Neurosci*. 2005;8(5):571–8.
881. Conner JM, Lauterborn JC, Yan Q, Gall CM, Varon S. Distribution of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) protein and mRNA in the normal adult rat CNS: Evidence for anterograde axonal transport. *J Neurosci*. 1997;17(7):2295–313.
882. Connor CE, Knierim JJ. Integration of objects and space in perception and memory. *Nat Neurosci*. 2017 Nov 1;20(11):1493–503.
883. Constantinescu AO, O'Reilly JX, Behrens TEJ. Organizing conceptual knowledge in humans with a gridlike code. *Science*. 2016 Jun 17;352(6292):1464–8.
884. Constantineople CM, Bruno RM. Effects and mechanisms of wakefulness on local cortical networks. *Neuron*. 2011 Mar;69(6):1061–8.
885. Conta Steencken AC, Smirnov I, Stelzner DJ. Cell survival or cell death: differential vulnerability of long descending and thoracic propriospinal neurons to low thoracic axotomy in the adult rat. *Neuroscience*. 2011 Oct 27;194:359–71.
886. Conte A, Defazio G, Hallett M, Fabbriini G, Berardelli A. The role of sensory information in the pathophysiology of focal dystonias. *Nat Rev Neurol*. 2019;15(4):224–33.
887. Cook Maher A, Kielb S, Loyer E, Connelley M, Rademaker A, Mesulam MM, Weintraub S, McAdams D, Logan R, Rogalski E. Psychological well-being in elderly adults with extraordinary episodic memory. *PLoS One*. 2017 Oct 23;12(10):e0186413.
888. Cooper SR, Jackson JJ, Barch DM, Braver TS. Neuroimaging of individual differences: a latent variable modeling perspective. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019 Mar;98:29–46.
889. Coote JH. Myths and realities of the cardiac vagus. *J Physiol*. 2013;591(17):4073–85.
890. Corazzolo M, Lio G, Lefevre A, Deiana G, Tell L, André-Obadia N, Bourdillon P, Guenot M, Desmurget M, Luauté J, Sirigu A. Restoring consciousness with vagus nerve stimulation. *Curr Biol*. 2017 Sep 25;27(18):R994–R996.
891. Cordero MI, Just N, Poirier GL, Sandi C. Effects of paternal and peripubertal stress on aggression, anxiety, and metabolic alterations in the lateral septum. *Eur Neuropharmacol*. 2016;26(2):357–67.
892. Corre C, Friedel M, Vousden DA, Metcalf A, Spring S, Qiu LR, Lerch JP, Palmert MR. Separate effects of sex hormones and sex chromosomes on brain structure and function revealed by high-resolution magnetic resonance imaging and spatial navigation assessment of the Four Core Genotype mouse model. *Brain Struct Funct*. 2016 Mar;221(2):997–1016.
893. Corsello SM, Di Donna V, Senes P, Luotto V, Ricciato MP, Paragliola RM, Pontecorvi A. Biological aspects of gender disorders. *Minerva Endocrinol*. 2011 Dec;36(4):325–39.
894. Corsi-Zuelli FMDG, Brognara F, Quirino GFDS, Hiroki CH, Fais RS, Del-Ben CM, Ulloa L, Salgado HC, Kanashiro A, Loureiro CM. Neuroimmune interactions in schizophrenia: focus on vagus nerve stimulation and activation of the alpha-7 nicotinic acetylcholine receptor. *Front Immunol*. 2017 May 31;8:618.
895. Coscoy S, Barbry P. The ENaC/Deg family of cation channels. *Adv Mol Cell Biol*. 2004;32:303–29.
896. Cosgrove KE, Galván EJ, Meriney SD, Barrionuevo G. Area CA3 interneurons receive two spatially segregated mossy fiber inputs. *Hippocampus*. 2010 Sep;20(9):1003–9.
897. Costanzo M, Zurzolo C. The cell biology of prion-like spread of protein aggregates: mechanisms and implication in neurodegeneration. *Biochem J*. 2013;452(1):1–17.
898. Coste B, Xiao B, Santos JS, Syeda R, Grandl J, Spencer KS, Kim SE, Schmidt M, Mathur J, Dubin AE, Montal M, Patapoutian A. Piezo proteins are pore-forming subunits of mechanically activated channels. *Nature*. 2012 Feb 19;483(7388):176–81.
899. Côté MP, Gandhi S, Zambrotta M, Houlé JD. Exercise modulates chloride homeostasis after spinal cord injury. *J Neurosci*. 2014;34(27):8976–87.
900. Côté MP, Murray M, Lemay MA. Rehabilitation strategies after spinal cord injury: inquiry into the mechanisms of success and failure. *J Neurotrauma*. 2017 May 15;34(10):1841–57.
901. Cottingham SL, Pfaff DW. Electrical stimulation of the midbrain central gray facilitates lateral vestibulospinal activation of back muscle EMG in the rat. *Brain Res*. 1987 Sep;421(1–2):397–400.
902. Cottrell GT, Ferguson AV. Sensory circumventricular organs: central roles in integrated autonomic regulation. *Regul Pept*. 2004;117(1):11–23.
903. Couey JJ, Witoelar A, Zhang SJ, Zheng K, Ye J, Dunn B, Czajkowski R, Moser MB, Moser EI, Roudi Y, Witter MP. Recurrent inhibitory circuitry as a mechanism for grid formation. *Nat Neurosci*. 2013 Mar;16(3):318–24.
904. Coull JT, Büchel C, Friston KJ, Frith CD. Noradrenergically mediated plasticity in a human attentional neuronal network. *Neuroimage*. 1999 Dec;10(6):705–15.
905. Coull JT, Nazarian B, Vidal F. Timing, storage, and comparison of stimulus duration engage discrete anatomical components of a perceptual timing network. *J Cogn Neurosci*. 2008 Dec;20(12):2185–97.



906. Coulombe MA, Lawrence KS, Moulin DE, Morley-Forster P, Shokouhi M, Nielson WR, Davis KD. Lower functional connectivity of the periaqueductal gray is related to negative affect and clinical manifestations of fibromyalgia. *Front Neuroanat.* 2017 Jun 8;11:47.
907. Courtice FC, Simmonds WJ. The removal of protein from the subarachnoid space. *Aust J Exp Biol Med Sci.* 1951;29(4):255–63.
908. Coutinho V, Mutoh H, Knöpfel T. Functional topology of the mossy fibre-granule cell-Purkinje cell system revealed by imaging of intrinsic fluorescence in mouse cerebellum. *Eur J Neurosci.* 2004;20(3):740–8.
909. Couto B, Adolffi F, Velasquez M, Mesow M, Feinstein J, Canales-Johnson A, Mikulan E, Martínez-Pernía D, Bekinschtein T, Sigman M, Manes F, Ibanez A. Heart evoked potential triggers brain responses to natural affective scenes: a preliminary study. *Auton Neurosci.* 2015 Dec;193:132–7.
910. Cox CD, Bae C, Ziegler L, Hartley S, Nikolova-Krstevski V, Rohde PR, Ng CA, Sachs F, Gottlieb PA, Martinac B. Removal of the mechanoprotective influence of the cytoskeleton reveals PIEZO1 is gated by bilayer tension. *Nat Commun.* 2016 Jan 20;7:10366.
911. Cox J, Witten IB. Striatal circuits for reward learning and decision-making. *Nat Rev Neurosci.* 2019 Aug 6;20(8):482–94.
912. Coyne TM, Marcus AJ, Woodbury D, Black IB. Marrow stromal cells transplanted to the adult brain are rejected by an inflammatory response and transfer donor labels to host neurons and glia. *Stem Cells.* 2006;24(11):2483–92.
913. Craddock TJ, St George M, Freedman H, Barakat KH, Damaraju S, Hameroff S, Tuszyński JA. Computational predictions of volatile anesthetic interactions with the microtubule cytoskeleton: implications for side effects of general anesthesia. *PLoS One.* 2012;7(6):e37251.
914. Craddock TJ, Tuszyński JA, Hameroff S. Cytoskeletal signaling: is memory encoded in microtubule lattices by CaMKII phosphorylation? *PLoS Comput Biol.* 2012;8(3):e1002421.
915. Craddock TJA, Friesen D, Mane J, Hameroff S, Tuszyński JA. The feasibility of coherent energy transfer in microtubules. *J R Soc Interface.* 2014;11(100):2–10.
916. Craddock TJA, Hameroff SR, T. Ayoub A, Klobukowski M, Tuszyński JA. Anesthetics act in quantum channels in brain microtubules to prevent consciousness. *Curr Top Med Chem.* 2015;15(6):523–33.
917. Craddock TJA, Kurian P, Preto J, Sahu K, Hameroff SR, Klobukowski M, Tuszyński JA. Anesthetic alterations of collective terahertz oscillations in tubulin correlate with clinical potency: implications for anesthetic action and post-operative cognitive dysfunction. *Sci Rep.* 2017 Aug 29;7(1):9877.
918. Craddock TJA, Priel A, Tuszyński JA. Keeping time: could quantum beating in microtubules be the basis for the neural synchrony related to consciousness? *J Integr Neurosci.* 2014;13(2):293–311.
919. Cragg JJ, Noonan VK, Dvorak M, Krassioukov A, Mancini GB, Borisoff JF. Spinal cord injury and type 2 diabetes: results from a population health survey. *Neurology.* 2013 Nov 19;81(21):1864–8.
920. Craig A, Guest R, Tran Y, Middleton J. Cognitive impairment and mood states after spinal cord injury. *J Neurotrauma.* 2017;34(6):1156–63.
921. Craig AD, Chen K, Bandy D, Reiman EM. Thermosensory activation of insular cortex. *Nat Neurosci.* 2000;3(2):184–90.
922. Craig AD, Dostrovsky JO. Differential projections of thermoreceptive and nociceptive lamina I trigeminothalamic and spinothalamic neurons in the cat. *J Neurophysiol.* 2001;86(2):856–70.
923. Craig AD. Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Curr Opin Neurobiol.* 2003;13(4):500–5.
924. Craig AD. How do you feel — now? The anterior insula and human awareness. *Nat Rev Neurosci.* 2009 Jan;10(1):59–70.
925. Craig AD, Krout K, Andrew D. Quantitative response characteristics of thermoreceptive and nociceptive lamina I spinothalamic neurons in the cat. *J Neurophysiol.* 2001 Sep;86(3):1459–80.
926. Crane NJ, Huffman SW, Alemozaffar M, Gage FA, Levin IW, Elster EA. Evidence of a heterogeneous tissue oxygenation: renal ischemia/reperfusion injury in a large animal model. *J Biomed Opt.* 2013 Mar;18(3):035001.
927. Crestani C, Alves F, Gomes F, Resstel L, Correa F, Herman J. mechanisms in the bed nucleus of the stria terminalis involved in control of autonomic and neuroendocrine functions: a review. *Curr Neuropharmacol.* 2013;11(2):141–59.
928. Crews L, Patrick C, Adame A, Rokenstein E, Masliah E. Modulation of aberrant CDK5 signaling rescues impaired neurogenesis in models of Alzheimer's disease. *Cell Death Dis.* 2011 Feb 10;2(2):e120.
929. Crick F. Do dendritic spines twitch? *Trends Neurosci.* 1982 Feb;5:44–6.
930. Crick FC, Koch C. What is the function of the claustrum? *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2005;360(1458):1271–9.
931. Critchley H, Seth A. Will studies of macaque insula reveal the neural mechanisms of self-awareness? *Neuron.* 2012 May;74(3):423–6.
932. Critchley HD, Corfield DR, Chandler MP, Mathias CJ, Dolan RJ. Cerebral correlates of autonomic cardiovascular arousal: a functional neuroimaging investigation in humans. *J Physiol.* 2000 Feb;523(1):259–70.
933. Critchley HD, Eccles J, Garfinkel SN. Interaction between cognition, emotion, and the autonomic nervous system. *Handb Clin Neurol.* 2013;117:59–77.
934. Critchley HD, Garfinkel SN. Interactions between visceral afferent signaling and stimulus processing. *Front Neurosci.* 2015 Aug 27;9:286.
935. Critchley HD, Harrison NA. Visceral influences on brain and behavior. *Neuron.* 2013;77(4):624–38.
936. Critchley HD, Nagai Y, Gray MA, Mathias CJ. Dissecting axes of autonomic control in humans: insights from neuroimaging. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2011;161(1–2):34–42.
937. Critchley HD, Taggart P, Sutton PM, Holdright DR, Batchvarov V, Hnatkova K, Malik M, Dolan RJ. Mental stress and sudden cardiac death: asymmetric midbrain activity as a linking mechanism. *Brain.* 2005 Jan;128(Pt 1):75–85.
938. Critchley HD. Psychophysiology of neural, cognitive and affective integration: fMRI and autonomic indicators. *Int J Psychophysiol.* 2009;73(2):88–94.
939. Crivellato E, Ribatti D. Soul, mind, brain: greek philosophy and the birth of neuroscience. *Brain Res Bull.* 2007;71(4):327–36.
940. Crnko S, Cour M, Van Laake LW, Lecour S. Vasculature on the clock: circadian rhythm and vascular dysfunction. *Vasc Pharmacol.* 2018 Sep;108:1–7.
941. Crone C, Johnsen LL, Biering-Sørensen F, Nielsen JB. Appearance of reciprocal facilitation of ankle extensors from ankle flexors in patients with stroke or spinal cord injury. *Brain.* 2003;126(2):495–507.
942. Crone C, Nielsen J. Central control of disynaptic reciprocal inhibition in humans. *Acta Physiol Scand.* 1994;152(4):351–63.
943. Crone C, Nielsen J. Methodological implications of the post activation depression of the soleus H-reflex in man. *Exp Brain Res.* 1989;78(1):28–32.
944. Crone C, Petersen NT, Nielsen JE, Hansen NL, Nielsen JB. Reciprocal inhibition and corticospinal transmission in the arm and leg in patients with autosomal dominant pure spastic paraparesis (ADPSP). *Brain.* 2004;127(12):2693–702.
945. Crone C. The permeability of capillaries in various organs as determined by use of the 'indicator diffusion' method. *Acta Physiol Scand.* 1963;58(4):292–305.
946. Crossley NA, Fox PT, Bullmore ET. Meta-connectomics: human brain network and connectivity meta-analyses. *Psychol Med.* 2016;46(5):897–907.
947. Crowe MJ, Bresnahan JC, Shuman SL, Masters JN, Beattie MS. Apoptosis and delayed degeneration after spinal cord injury in rats and monkeys. *Nat Med.* 1997 Jan;3(1):73–6.
948. Cruse D, Chennu S, Fernández-Espejo D, Payne WL, Young GB, Owen AM. Detecting awareness in the vegetative state: electroencephalographic evidence for attempted movements to command. *PLoS One.* 2012;7(11):e49933.
949. Crusio WE, Genthner-Grimm G, Schwegler H. A quantitative-genetic analysis of hippocampal variation in the mouse. *J Neurogenet.* 2007 Jan 11;21(4):197–208.
950. Crusio WE, Schwegler H. Learning spatial orientation tasks in the radial-maze and structural variation in the hippocampus in inbred mice. *Behav Brain Funct.* 2005 Apr 22;1(1):3.
951. Cryan JF, O'Riordan KJ, Cowan CSM, Sandhu KV, Bastiaansen TFS, Boehme M, Codagnone MG, Cusotto S, Fulling C, Golubeva AV, Guzzetta KE, Jaggar M, Long-Smith CM, Lyte JM, Martin JA, Molinero-Perez A, Moloney G, Morelli E, Morillas E, O'Connor R, Cruz-Pereira JS, Peterson VL, Rea K, Ritz NL, Sherwin E, Spichak S, Teichman EM, van de Wouw M, Ventura-Silva AP, Wallace-Fitzsimons SE, Hyland N, Clarke G, Dinan TG. The Microbiota-gut-brain axis. *Physiol Rev.* 2019 Oct 1;99(4):1877–2013.
952. Csaba G. The present and future of human sexuality: impact of faulty perinatal hormonal imprinting. *Sex Med Rev.* 2017;5(2):163–9.
953. Császár N, Scholkmann F, Salari V, Szőke H, Bókkon I. Phosphen perception is due to the ultra-weak photon emission produced in various parts of the visual system: glutamate in the focus. *Rev Neurosci.* 2016;27(3):291–9.
954. Cserr HF, Cooper DN, Milhorat TH. Flow of cerebral interstitial fluid as indicated by the removal of extracellular markers from rat caudate nucleus. *Exp Eye Res.* 1977;25:461–73.
955. Cserr HF, Cooper DN, Suri PK, Patlak CS. Efflux of radiolabeled polyethylene glycols and albumin from rat brain. *Am J Physiol.* 1981 Apr;240(4):F319–28.
956. Cserr HF, Harling-Berg CJ, Knopf PM. Drainage of brain extracellular fluid into blood and deep cervical lymph and its immunological significance. *Brain Pathol.* 1992;2(4):269–76.
957. Cserr HF, Ostrach LH. Bulk flow of interstitial fluid after intracranial injection of blue dextran 2000. *Exp Neurol.* 1974;45(1):50–60.

958. Cserr HF. Physiology of the choroid plexus. *Physiol Rev*. 1971 Apr;51(2):273–311.
959. Cui Y, Huang T, Zhang X. RNA editing of microRNA prevents RNA-induced silencing complex recognition of target mRNA. *Open Biol*. 2015 Dec;5(12):150126.
960. Cullen DK, Vernekar VN, LaPlaca MC. Trauma-induced plasmalemma disruptions in three-dimensional neural cultures are dependent on strain modality and rate. *J Neurotrauma*. 2011;28(11):2219–33.
961. Cullheim S, Fleshman JW, Glenn LL, Burke RE. Membrane area and dendritic structure in type-identified triceps surae alpha motoneurons. *J Comp Neurol*. 1987;255(1):68–81.
962. Cunchillos JD, De Andrés I. Participation of the cerebellum in the regulation of the sleep-wakefulness cycle. Results in cerebellectomized cats. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1982;53(5):549–58.
963. Curless RG, Nelson MB, Brimmer F, Tellez C. Brain and spinal cord lesions in the newborn rat. *Lab Anim*. 1977 Oct;11(4):251–5.
964. Cursiefen C, Maruyama K, Jackson DG, Streilein JW, Kruse FE. Time course of angiogenesis and lymphangiogenesis after brief corneal inflammation. *Cornea*. 2006;25(4):443–7.
965. Cursiefen C, Schlötzer-Schrehardt U, Kühle M, Sorokin L, Breiteneder-Geleff S, Alitalo K, Jackson D. Lymphatic vessels in vascularized human corneas: immunohistochemical investigation using LYVE-1 and podoplanin. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002 Jul;43(7):2127–35.
966. Curtis AL, Bello NT, Connolly KR, Valentino RJ. Corticotropin-releasing factor neurons of the central nucleus of the amygdala mediate locus coeruleus activation by cardiovascular stress. *J Neuroendocrinol*. 2002;14(8):667–82.
967. Cusulin C, Monni E, Ahlenius H, Wood J, Brune JC, Lindvall O, Kokaia Z. Embryonic stem cell-derived neural stem cells fuse with microglia and mature neurons. *Stem Cells*. 2012 Dec;30(12):2657–71.
968. Czyz M, Tabakow P, Hernandez-Sanchez I, Jarmundowicz W, Raisman G. Obtaining the olfactory bulb as a source of olfactory ensheathing cells with the use of minimally invasive neuroendoscopy-assisted supraorbital keyhole approach-cadaveric feasibility study. *Br J Neurosurg*. 2015;29(3):362–70.
969. D'Andrea G, Cevoli S, Colavito D, Leon A. Biochemistry of primary headaches: role of tyrosine and tryptophan metabolism. *Neuro Sci*. 2015;36:17–22.
970. Da Mesquita S, Fu Z, Kipnis J. The meningeal lymphatic system: a new player in neurophysiology. *Neuron*. 2018;100(2):375–88.
971. Da Mesquita S, Louveau A, Vaccari A, Smirnov I, Cornelison RC, Kingsmore KM, Contarino C, Onengut-Gumuscu S, Farber E, Raper D, Viar KE, Powell RD, Baker W, Dabhi N, Bai R, Cao R, Hu S, Rich SS, Munson JM, Lopes MB, Overall CC, Acton ST, Kipnis J. Functional aspects of meningeal lymphatics in ageing and Alzheimer's disease. *Nature*. 2018;560(7717):185–91. Erratum in: *Nature*. 2018 Dec;564(7734):E7.
972. da Rosa MI, Silva FR, Silva BR, Costa LC, Bergamo AM, Silva NC, Medeiros LR, Battisti ID, Azevedo R. A randomized clinical trial on the effects of remote intercessory prayer in the adverse outcomes of pregnancies. *Cien Saude Colet*. 2013 Aug;18(8):2379–84.
973. Dabrowska J, Martinson D, Moaddab M, Rainnie DG. Targeting corticotropin-releasing factor projections from the oval nucleus of the bed nucleus of the stria terminalis using cell-type specific neuronal tracing studies in mouse and rat brain. *J Neuroendocrinol*. 2016 Dec;28(12):10.1111/jne.12442.
974. Dadarlat MC, Stryker MP. Locomotion enhances neural encoding of visual stimuli in mouse V1. *J Neurosci*. 2017;37(14):3764–75.
975. Dahan L, Rampon C, Florian C. Age-related memory decline, dysfunction of the hippocampus and therapeutic opportunities. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2020 Aug 30;102:109943.
976. Dai Y, Buxton KE, Schaffer LV, Miller RM, Millikin RJ, Scalf M, Frey BL, Shortreed MR, Smith LM. Constructing Human Proteoform Families Using Intact-Mass and Top-Down Proteomics with a Multi-Protease Global Post-Translational Modification Discovery Database. *J Proteome Res*. 2019 Oct 4;18(10):3671–3680.
977. Dalamagkas K, Tsintou M, Seifalian A, Seifalian AM. Translational regenerative therapies for chronic spinal cord injury. *Int J Mol Sci*. 2018 Jun 15;19(6):1776.
978. Dale N, Roberts A, Ottersen OP, Storm-Mathisen J. The development of a population of spinal cord neurons and their axonal projections revealed by GABA immunocytochemistry in frog embryos. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1987;232(1267):205–15.
979. Dalkara T, Gursoy-Ozdemir Y, Yemisci M. Brain microvascular pericytes in health and disease. *Acta Neuropathol*. 2011 Jul;122(1):1–9.
980. Dallapiazza RF, Timbie KF, Holmberg S, Gatesman J, Lopes MB, Price RJ, Miller GW, Elias WJ. Noninvasive neuromodulation and thalamic mapping with low-intensity focused ultrasound. *J Neurosurg*. 2018 Mar;128(3):875–84.
981. Dallérac G, Chever O, Rouach N. How do astrocytes shape synaptic transmission? Insights from electrophysiology. *Front Cell Neurosci*. 2013 Oct 1;7:159.
982. Dalmau J, Geis C, Graus F. Autoantibodies to synaptic receptors and neuronal cell surface proteins in autoimmune diseases of the central nervous system. *Physiol Rev*. 2017;97(2):839–87.
983. Damasio A, Carvalho GB. The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nat Rev Neurosci*. 2013;14(2):143–52.
984. Damasio A. Feelings of emotion and the self. *Ann N Y Acad Sci*. 2003;1001:253–61.
985. Damasio A. Mental self: the person within. *Nature*. 2003 May 15;423(6937):227.
986. D'Amico JM, Condliffe EG, Martins KJ, Bennett DJ, Gorassini MA. Recovery of neuronal and network excitability after spinal cord injury and implications for spasticity. *Front Integr Neurosci*. 2014 May 12;8:36. Erratum in: *Front Integr Neurosci*. 2014;8:49.
987. Damkier HH, Brown PD, Praetorius J. Cerebrospinal fluid secretion by the choroid plexus. *Physiol Rev*. 2013;93(4):1847–92.
988. Damkier HH, Brown PD, Praetorius J. Reply to Orešković et al. *Physiol Rev*. 2016 Oct;96(4):1663–4.
989. Dampney RAL, Horiuchi J, Killinger S, Sheriff MJ, Tan PSP, McDowall LM. Long-term regulation of arterial blood pressure by hypothalamic nuclei: some critical questions. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2005;32(5–6):419–25.
990. Dampney RAL, Horiuchi J, Tagawa T, Fontes MAP, Potts PD, Polson JW. Medullary and supramedullary mechanisms regulating sympathetic vasomotor tone. *Acta Physiol Scand*. 2003;177(3):209–18.
991. Dampney RAL. Functional organization of central pathways regulating the cardiovascular system. *Physiol Rev*. 1994;74(2):323–64.
992. Dandolo LC, Schwabe L. Time-dependent memory transformation along the hippocampal anterior-posterior axis. *Nat Commun*. 2018 Mar 23;9(1):1205.
993. D'Angelo B, Astarita C, Boffo S, Massaro-Giordano M, Antonella Ianuzzi C, Caporaso A, Macaluso M, Giordano A. LPS-induced inflammatory response triggers cell cycle reactivation in murine neuronal cells through retinoblastoma proteins induction. *Cell Cycle*. 2017;16(24):2330–6.
994. Daniel SE, Rainnie DG. Stress modulation of opposing circuits in the bed nucleus of the stria terminalis. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(1):103–25.
995. Danielson NB, Kaifosh P, Zaremba JD, Lovett-Barron M, Tsai J, Denny CA, Balough EM, Goldberg AR, Drew LJ, Hen R, Losonczy A, Kheirbek MA. Distinct contribution of adult-born hippocampal granule cells to context encoding. *Neuron*. 2016 Apr 6;90(1):101–12.
996. Danielson NB, Turi GF, Ladow M, Chavlis S, Petrantonakis PC, Poirazi P, Losonczy A. In vivo imaging of dentate gyrus mossy cells in behaving mice. *Neuron*. 2017 Feb 8;93(3):552–559.e4.
997. Danjo T, Toyozumi T, Fujisawa S. Spatial representations of self and other in the hippocampus. *Science*. 2018 Jan 12;359(6372):213–8.
998. Danscher G, Zimmer J. An improved timm sulphide silver method for light and electron microscopic localization of heavy metals in biological tissues. *Histochemistry*. 1978;55(1):27–40.
999. Dantzer R. Neuroimmune interactions: from the brain to the immune system and vice versa. *Physiol Rev*. 2018;98(1):477–504.
1000. Danzer SC. Adult neurogenesis in the development of epilepsy. *Epilepsy Curr*. 2019;19(5):316–20.
1001. Dao DQ, Perez EE, Teng Y, Dani JA, De Biasi M. Nicotine enhances excitability of medial habenular neurons via facilitation of neurokinin signaling. *J Neurosci*. 2014;34(12):4273–84.
1002. Darby RR, Pascual-Leone A. Moral enhancement using non-invasive brain stimulation. *Front Hum Neurosci*. 2017 Feb 22;11:77.
1003. D'Argenio V, Sarnataro D. Microbiome influence in the pathogenesis of prion and Alzheimer's diseases. *Int J Mol Sci*. 2019 Sep 23;20(19):4704.
1004. Darland DC, Cain JT, Berosik MA, Saint-Geniez M, Odens PW, Schaubhut GJ, Frisch S, Stemmer-Rachamimov A, Darland T, D'Amore PA. Vascular endothelial growth factor (VEGF) isoform regulation of early forebrain development. *Dev Biol*. 2011 Oct 1;358(1):9–22.
1005. Darnall RA. The carotid body and arousal in the fetus and neonate. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013 Jan;185(1):132–43.
1006. Darrow DP. Focused ultrasound for neuromodulation. *Neurotherapeutics*. 2019;16(1):88–99.
1007. Darwinkel A, Stanić D, Booth LC, May CN, Lawrence AJ, Yao ST. Distribution of orexin-1 receptor-green fluorescent protein- (OX1-GFP) expressing neurons in the mouse brain stem and pons: co-localization with tyrosine hydroxylase and neuronal nitric oxide synthase. *Neuroscience*. 2014;278(1):253–64.
1008. Dashtipour K, Chen J, Walker HW, Lee MY. Systematic literature review of abobotulinumtoxinA in clinical trials for adult upper limb spasticity. *Am J Phys Med Rehabil*. 2015;94(3):229–38.
1009. Daulatzai MA. Dysfunctional nucleus tractus solitarius: its crucial role in promoting neuropathogenic cascade of Alzheimer's dementia-A novel hypothesis. *Neurochem Res*. 2012;37(4):846–68.

1010. Daume J, Graetz S, Gruber T, Engel AK, Frieze U. Cognitive control during audiovisual working memory engages frontotemporal theta-band interactions. *Sci Rep*. 2017 Oct 3;7(1):12585.
1011. Daume J, Gruber T, Engel AK, Frieze U. Phase-amplitude coupling and long-range phase synchronization reveal frontotemporal interactions during visual working memory. *J Neurosci*. 2017;37(2):313–22.
1012. Dautan D, Souza AS, Huerta-Ocampo I, Valencia M, Assous M, Witten IB, Deisseroth K, Tepper JM, Bolam JP, Gerdjikov TV, Mena-Segovia J. Segregated cholinergic transmission modulates dopamine neurons integrated in distinct functional circuits. *Nat Neurosci*. 2016 Aug;19(8):1025–33.
1013. David N, Cohen MX, Newen A, Bewernick BH, Shah NJ, Fink GR, Vogeley K. The extrastriate cortex distinguishes between the consequences of one's own and others' behavior. *Neuroimage*. 2007 Jul 1;36(3):1004–14.
1014. Davidoff G, Morris J, Roth E, Bleiberg J. Cognitive dysfunction and mild closed head injury in traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1985;66(8):489–91.
1015. Davidoff G, Roth E, Thomas P, Doljanac R, Dijkers M, Berent S, Morris J, Yarkony G. Depression and neuropsychological test performance in acute spinal cord injury patients: lack of correlation. *Arch Clin Neuropsychol*. 1990;5(1):77–88.
1016. Davidoff G, Thomas P, Johnson M, Berent S, Dijkers M, Doljanac R. Closed head injury in acute traumatic spinal cord injury: incidence and risk factors. *Arch Phys Med Rehabil*. 1988;69(10):869–72.
1017. Davidoff GN, Roth EJ, Richards JS. Cognitive deficits in spinal cord injury: epidemiology and outcome. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(3):275–84.
1018. Davidson S, Zhang X, Khasabov SG, Moser HR, Honda CN, Simone DA, Giesler GJ Jr. Pruriceptive spinothalamic tract neurons: physiological properties and projection targets in the primate. *J Neurophysiol*. 2012 Sep;108(6):1711–23.
1019. Davies G, Hayward M, Evans S, Mason O. A systematic review of structural MRI investigations within borderline personality disorder: Identification of key psychological variables of interest going forward. *Psychiatry Res*. 2020 Feb 13;286:112864.
1020. Davis KD, Taylor KS, Anastakis DJ. Nerve injury triggers changes in the brain. *Neuroscientist*. 2011;17(4):407–22.
1021. Davson H, Kleeman CR, Levin E. Quantitative studies of the passage of different substances out of the cerebro-spinal fluid. *J Physiol*. 1962 Apr 1;161(1):126–42.
1022. de Aguiar PRDC, Tatton-Ramos TP, Alminhana LO. Research on intercessory prayer: theoretical and methodological considerations. *J Relig Health*. 2017;56(6):1930–6.
1023. de Almodovar CR, Lambrechts D, Mazzone M, Carmeliet P. Role and therapeutic potential of VEGF in the nervous system. *Physiol Rev*. 2009;89(2):607–48.
1024. de Andrés I, Garzón M, Reinoso-Suárez F. Functional anatomy of non-REM sleep. *Front Neurol*. 2011 Nov 15;2:70.
1025. de Barros Filho TEP, Cristante AF, Marcon RM, Ono A, Bilhar R. Gunshot injuries in the spine. *Spinal Cord*. 2014;52(7):504–10.
1026. de Camargo RY, Recio RS, Reyes MB. Heteroassociative storage of hippocampal pattern sequences in the CA3 subregion. *PeerJ*. 2018 Jan 2;6:e4203.
1027. de Castro F. Towards the sensory nature of the carotid body: hering, de campra and heymansdagger. *Front Neuroanat*. 2009 Dec 7;3:23.
1028. De Couck M, Caers R, Spiegel D, Gidron Y. The role of the vagus nerve in cancer prognosis: a systematic and a comprehensive review. *J Oncol*. 2018 Jul 2;2018:1236787.
1029. de Graaf MT, de Jongste AH, Kraan J, Boonstra JG, Sillevius Smitt PA, Gratama JW. Flow cytometric characterization of cerebrospinal fluid cells. *Cytometry B Clin Cytom*. 2011 Sep;80(5):271–81.
1030. de Groot DMG, Bierman EPB. A critical evaluation of methods for estimating the numerical density of synapses. *J Neurosci Methods*. 1986 Oct;18(1–2):79–101.
1031. De Jonghe BC, Hayes MR, Zimmer DJ, Kanoski SE, Grill HJ, Bence KK. Food intake reductions and increases in energetic responses by hindbrain leptin and melanotan II are enhanced in mice with POMC-specific PTP1B deficiency. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2012 Sep 1;303(5):E644–51.
1032. de Juan Romero C, Borrell V. Genetic maps and patterns of cerebral cortex folding. *Curr Opin Cell Biol*. 2017;49:31–7.
1033. de la Peña E, Mälikä A, Vara H, Caires R, Ballesta JJ, Belmonte C, Viana F. The influence of cell temperature on cellular excitability of hippocampal networks. *PLoS One*. 2012;7(12):e52475.
1034. de Lecea L, Bourgin P. Neuropeptide interactions and REM sleep: a role for Urotensin II? *Peptides*. 2008;29(5):845–51.
1035. De Loof A. Only two sex forms but multiple gender variants: how to explain? *Commun Integr Biol*. 2018 Jan 31;11(1):e1427399.
1036. De Luca A, Cerrato V, Fucà E, Parmigiani E, Buffo A, Leto K. Sonic hedgehog patterning during cerebellar development. *Cell Mol Life Sci*. 2016;73(2):291–303.
1037. De Luca C, Colangelo AM, Alberghina L, Papa M. Neuro-immune hemostasis: homeostasis and diseases in the central nervous system. *Front Cell Neurosci*. 2018 Nov 26;12:459.
1038. De Marchis S, Fasolo A, Puche AC. Subventricular zone-derived neuronal progenitors migrate into the subcortical forebrain to postnatal mice. *J Comp Neurol*. 2004;476(3):290–300.
1039. De Simone R, Ranieri A, Sansone M, Marano E, Russo CV, Saccà F, Bonavita V. Dural sinus collapsibility, idiopathic intracranial hypertension, and the pathogenesis of chronic migraine. *Neuro Sci*. 2019 May;40(Suppl 1):59–70.
1040. De Sousa A. Towards an integrative theory of consciousness: part 1 (neurobiological and cognitive models). *Mens Sana Monogr*. 2013 Jan;11(1):100–50.
1041. De Sousa Buck H, Caous CA, Lindsey CJ. Projections of the paratrigeminal nucleus to the ambiguus, rostroventrolateral and lateral reticular nuclei, and the solitary tract. *Auton Neurosci Basic Clin*. 2001;87(2–3):187–200.
1042. de Vente J, Hani L, Steinbusch HE, Steinbusch HWM. The three dimensional structure of the islands of Calleja: a single heterogenous cell complex. *Neuroreport*. 2001 Mar;12(3):565–8.
1043. De Vilhena Toledo MA, Junqueira LF. Cardiac sympathovagal modulation evaluated by short-term heart interval variability is subtly impaired in Alzheimer's disease. *Geriatr Gerontol Int*. 2008;8(2):109–18.
1044. De Winter F, Oudega M, Lankhorst AJ, Hamers FP, Blits B, Ruitenber MJ, Pasterkamp RJ, Gispens WH, Verhaagen J. Injury-induced class 3 semaphorin expression in the rat spinal cord. *Exp Neurol*. 2002 May;175(1):61–75.
1045. Debanne D, Campanac E, Bialowas A, Carlier E, Alcaraz G. Axon physiology. *Physiol Rev*. 2011;91(2):555–602.
1046. Decety J, Michalska KJ, Kinzler KD. The contribution of emotion and cognition to moral sensitivity: a neurodevelopmental study. *Cereb Cortex*. 2012;22(1):209–20.
1047. Decety J, Yoder KJ. The emerging social neuroscience of justice motivation. *Trends Cogn Sci*. 2017;21(1):6–14.
1048. Dechadilok P, Deen WM. Electrostatic and electrokinetic effects on hindered convection in pores. *J Colloid Interface Sci*. 2009;338(1):135–44.
1049. Decq P. Physiopathologie de la spasticité [Pathophysiology of spasticity]. *Neurochirurgie*. 2003 May;49(2-3 Pt 2):163–84.
1050. Deen M, Christensen CE, Hougaard A, Hansen HD, Knudsen GM, Ashina M. Serotonergic mechanisms in the migraine brain — a systematic review. *Cephalalgia*. 2017;37(3):251–64.
1051. Deepak KK. Meditation induces physical relaxation and enhances cognition: a perplexing paradox. *Prog Brain Res*. 2019;244:85–99.
1052. Deepeshwar S, Nagendra HR, Rana BB, Visweswaraiha NK. Evolution from four mental states to the highest state of consciousness: a neurophysiological basis of meditation as defined in yoga texts. *Prog Brain Res*. 2019;244:31–83.
1053. Defaye M, Gervason S, Altier C, Berthon JY, Ardid D, Filaire E, Carvalho FA. Microbiota: a novel regulator of pain. *J Neural Transm (Vienna)*. 2020 Apr;127(4):445–65.
1054. Deffit SN, Hundley HA. To edit or not to edit: regulation of ADAR editing specificity and efficiency. *Wiley Interdiscip Rev RNA*. 2016 Jan-Feb;7(1):113–27.
1055. Degrazia D. Human-animal chimeras, "human" cognitive capacities, and moral status. *Hastings Cent Rep*. 2019;49(5):33–4.
1056. Dehkharghani S, Fleischer CC, Qiu D, Yepes M, Tong F. Cerebral temperature dysregulation: MR thermographic monitoring in a nonhuman primate study of acute ischemic stroke. *Am J Neuroradiol*. 2017 Apr;38(4):712–20.
1057. Dehler S, Lou WP, Gao L, Skabkin M, Dällenbach S, Neumann A, Martin-Villalba A. An immune-CNS axis activates remote hippocampal stem cells following spinal transection injury. *Front Mol Neurosci*. 2018 Dec 11;11:443.
1058. Dehorter N, Marichal N, Marin O, Berninger B. Tuning neural circuits by turning the interneuron knob. *Curr Opin Neurobiol*. 2017;42:144–51.
1059. Dekker S, Lee NC, Howard-Jones P, Jolles J. Neuro-myths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Front Psychol*. 2012 Oct 18;3:429.
1060. del Cid-Pellitero E, Garzón M. Hypocretin1/orexinA-immunoreactive axons form few synaptic contacts on rat ventral tegmental area neurons that project to the medial prefrontal cortex. *BMC Neurosci*. 2014 Sep 7;15:105.
1061. del Cid-Pellitero E, Jones BE. Immunohistochemical evidence for synaptic release of GABA from melanin-concentrating hormone containing varicosities in the locus coeruleus. *Neuroscience*. 2012;223:269–76.
1062. del Cid-Pellitero E, Garzón M. Hypocretin1/OrexinA axon targeting of laterodorsal tegmental nucleus neurons projecting to the rat medial prefrontal cortex. *Cereb Cortex*. 2011 Dec;21(12):2762–73.

1063. Del Negro CA, Funk GD, Feldman JL. Breathing matters. *Nat Rev Neurosci.* 2018;19(6):351–67.
1064. Déli E, Tozzi A, Peters JF. Relationships between short and fast brain timescales. *Cogn Neurodyn.* 2017;11(6):539–52.
1065. Dell LA, Kruger JL, Pettigrew JD, Manger PR. Cellular location and major terminal networks of the orexinergic system in the brain of two megachiropterans. *J Chem Neuroanat.* 2013;53:64–71.
1066. Deller T, Adelmann G, Nitsch R, Frotscher M. The alvear pathway of the rat hippocampus. *Cell Tissue Res.* 1996;286(3):293–303.
1067. DeLong MR. Primate models of movement disorders of basal ganglia origin. *Trends Neurosci.* 1990;13(7):281–5.
1068. DelRosso LM, Hoque R. The cerebellum and sleep. *Neurol Clin.* 2014;32(4):893–900.
1069. Delwaide PJ, Oliver E. Short-latency autogenic inhibition (IB inhibition) in human spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1988;51(12):1546–50.
1070. Delwig A, Larsen DD, Yasumura D, Yang CF, Shah NM, Copenhagen DR. Retinofugal projections from melanopsin-expressing retinal ganglion cells revealed by intracocular injections of cre-dependent virus. *PLoS One.* 2016 Feb 19;11(2):e0149501.
1071. Demartini B, Goeta D, Romito L, Anselmetti S, Bertelli S, D'Agostino A, Gambini O. Anorexia nervosa and functional motor symptoms: two faces of the same coin? *J Neuropsychiatry Clin Neurosci.* 2017 Fall;29(4):383–90.
1072. Demeter S, Rosene DL, van Hoesen GW. Interhemispheric pathways of the hippocampal formation, presubiculum, and entorhinal and posterior parahippocampal cortices in the rhesus monkey: the structure and organization of the hippocampal commissures. *J Comp Neurol.* 1985;233(1):30–47.
1073. Demirtas-Tatlidede A, Schmahmann JD. Morality: incomplete without the cerebellum? *Brain.* 2013;136(8):2007–9.
1074. Deng J, Xie H, Chen Y, Peng Z, Zhao J, Zhou Y, Chen C, Zhang K. Comparative study of the reorganization in bilateral motor and sensory cortices after spinal cord hemisection in mice. *Neuroreport.* 2021 Jun 22. doi: 10.1097/WNR.0000000000001694. Epub ahead of print. PMID: 34173791.
1075. Deng W, Aimone JB, Gage FH. New neurons and new memories: how does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory? *Nat Rev Neurosci.* 2010;11(5):339–50.
1076. Dennie D, Louboutin JP, Strayer DS. Migration of bone marrow progenitor cells in the adult brain of rats and rabbits. *World J Stem Cells.* 2016 Apr 26;8(4):136–57.
1077. Dennis M, Lal S, Forrest P, Nichol A, Lamhaut L, Totaro RJ, Burns B, Sandroni C. In-depth extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adult out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Heart Assoc.* 2020 May 18;9(10):e016521.
1078. DePuy SD, Stornetta RL, Bochorishvili G, Deisseroth K, Witten I, Coates M, Guyenet PG. Glutamatergic neurotransmission between the C1 neurons and the parasympathetic preganglionic neurons of the dorsal motor nucleus of the vagus. *J Neurosci.* 2013 Jan 23;33(4):1486–97.
1079. Dergacheva O, Griffioen KJ, Neff RA, Mendelowitz D. Respiratory modulation of premotor cardiac vagal neurons in the brainstem. *Respir Physiol Neurobiol.* 2010;174(1–2):102–10.
1080. Dergacheva O. Chronic intermittent hypoxia alters neurotransmission from lateral paraventricular nucleus to parasympathetic cardiac neurons in the brain stem. *J Neurophysiol.* 2015;113(1):380–9.
1081. DeRidder MN, Simon MJ, Siman R, Aumberson YP, Raghupathi R, Meaney DF. Traumatic mechanical injury to the hippocampus in vitro causes regional caspase-3 and calpain activation that is influenced by NMDA receptor subunit composition. *Neurobiol Dis.* 2006;22(1):165–76.
1082. Dervan AG, Roberts BL. Reaction of spinal cord central canal cells to cord transection and their contribution to cord regeneration. *J Comp Neurol.* 2003;458(3):293–306.
1083. Descarries L, Mechawar N. Ultrastructural evidence for diffuse transmission by monoamine and acetylcholine neurons of the central nervous system. *Prog Brain Res.* 2000;125:27–47.
1084. Deshmukh SS, Knierim JJ. Representation of non-spatial and spatial information in the lateral entorhinal cortex. *Front Behav Neurosci.* 2011 Oct 28;5:69.
1085. Deshpande A, Bergami M, Ghanem A, Conzelmann KK, Lepier A, Götz M, Berninger B. Retrograde monosynaptic tracing reveals the temporal evolution of inputs onto new neurons in the adult dentate gyrus and olfactory bulb. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013 Mar 19;110(12):E1152–61.
1086. Desikan S, Koser DE, Neitz A, Monyer H. Target selectivity of septal cholinergic neurons in the medial and lateral entorhinal cortex. *Proc Natl Acad Sci.* 2018 Mar 13;115(11):E2644–52.
1087. Desmidt T, Andersson F, Brizard B, Dujardin PA, Cottier JP, Patat F, Réminéras JP, Gissot V, El-Hage W, Camus V. Ultrasound measures of brain pulsatility correlate with subcortical brain volumes in healthy young adults. *Ultrasound Med Biol.* 2018 Nov;44(11):2307–13.
1088. Desmidt T, Brizard B, Dujardin PA, Ternifl R, Réminéras JP, Patat F, Andersson F, Cottier JP, Vierron E, Gissot V, Kim K, Aizenstein H, El-Hage W, Camus V. Brain tissue pulsatility is increased in midlife depression: a comparative study using ultrasound tissue pulsatility imaging. *Neuropsychopharmacology.* 2017 Dec;42(13):2575–82.
1089. Desmond NL, Levy WB. Granule cell dendritic spine density in the rat hippocampus varies with spine shape and location. *Neurosci Lett.* 1985;54(2–3):219–24.
1090. Desseilles M, Dang-Vu T, Schabus M, Sterpenich V, Maquet P, Schwartz S. Neuroimaging insights into the pathophysiology of sleep disorders. *Sleep.* 2008;31(6):777–94.
1091. DeStefano JG, Xu ZS, Williams AJ, Yimam N, Searson PC. Effect of shear stress on iPSC-derived human brain microvascular endothelial cells (dhBMECs). *Fluids Barriers CNS.* 2017 Aug 4;14(1):20.
1092. Deuker L, Bellmund JL, Navarro Schröder T, Doeller CF. An event map of memory space in the hippocampus. *Elife.* 2016 Oct 6;5:e16534.
1093. Deuker L, Doeller CF, Fell J, Axmacher N. Human neuroimaging studies on the hippocampal CA3 region — integrating evidence for pattern separation and completion. *Front Cell Neurosci.* 2014 Mar 4;8:64.
1094. Deumens R, Koopmans GC, Joosten EAJ. Regeneration of descending axon tracts after spinal cord injury. *Prog Neurobiol.* 2005;77(1–2):57–89.
1095. Devadas K, Biswas S, Ragupathy V, Lee S, Dayton A, Hewlett I. Modulation of HIV replication in monocyte derived macrophages (MDM) by steroid hormones. *PLoS One.* 2018 Jan 26;13(1):e0191916.
1096. Devera A, Pascovich C, Lagos P, Falconi A, Sampogna S, Chase MH, Tortorolo P. Melanin-concentrating hormone (MCH) modulates the activity of dorsal raphe neurons. *Brain Res.* 2015 Feb 19;1598:114–28.
1097. DeVivo MJ, Fine PR, Maetz HM, Stover SL. Prevalence of spinal cord injury: a reestimation employing life table techniques. *Arch Neurol.* 1980 Nov;37(11):707–8.
1098. DeVivo MJ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord.* 2012;50(5):365–72.
1099. Devonshire IM, Dommert EJ. Neuroscience: viable applications in education? *Neuroscientist.* 2010;16(4):349–56.
1100. Devor A, Sakadzic S, Saisan PA, Yaseen MA, Roussakis E, Srinivasan VJ, Vinogradov SA, Rosen BR, Buxton RB, Dale AM, Boas DA. “Overshoot” of O<sub>2</sub> is required to maintain baseline tissue oxygenation at locations distal to blood vessels. *J Neurosci.* 2011;31(38):13676–81.
1101. Devue C, Collette F, Balteau E, Degueldre C, Luxen A, Maquet P, Brédart S. Here I am: the cortical correlates of visual self-recognition. *Brain Res.* 2007 Apr 27;1143:169–82.
1102. Dey A, Robitaille M, Remke M, Maier C, Malhotra A, Gregorieff A, Wrana JL, Taylor MD, Angers S, Kenney AM. YB-1 is elevated in medulloblastoma and drives proliferation in Sonic hedgehog-dependent cerebellar granule neuron progenitor cells and medulloblastoma cells. *Oncogene.* 2016 Aug 11;35(32):4256–68.
1103. Dezfouli A, Balleine BW. Habits, action sequences and reinforcement learning. *Eur J Neurosci.* 2012;35(7):1036–51.
1104. Di Chiro G, Gorton ME, Frank JA, Dietz MJ, Gansow OA, Wright DC, Dwyer AJ. Cerebrospinal fluid rhinorrhea: depiction with MR cisternography in dogs. *Radiology.* 1986 Jul;160(1):221–2.
1105. Di Chiro G. Movement of the cerebrospinal fluid in human beings. *Nature.* 1964 Oct 1;204(4955):290–1.
1106. Di Chiro G. Observations on the circulation of the cerebrospinal fluid. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1966;5:988–1002.
1107. Di Giacomo E, Krausz M, Colmegna F, Aspesi F, Clerici M. Estimating the risk of attempted suicide among sexual minority youths. *JAMA Pediatr.* 2018;172(12):1145–52.
1108. Di Giovanna AP, Tibo A, Silvestri L, Müllenbroich MC, Costantini I, Allegra Mascaro AL, Sacconi L, Frascioni P, Pavone FS. Whole-brain vasculature reconstruction at the single capillary level. *Sci Rep.* 2018 Aug 22;8(1):12573.
1109. Di Ieva A, Yaşargil MG. Liquor cotunnii: the history of cerebrospinal fluid in Domenico Cotugno's work. *Neurosurgery.* 2008;63(2):352–8.
1110. Di Lernia D, Serino S, Pezzulo G, Pedroli E, Cipresso P, Riva G. Feel the time. Time perception as a function of interoceptive processing. *Front Hum Neurosci.* 2018 Mar 6;12:74.
1111. Di Luozzo M, Berni A, Nigri A. Origine anomala della coronaria destra dalla arteria polmonare: descrizione di un caso clinico. *G Ital Cardiol.* 1998;28(1):57–60.
1112. Di Narzo AF, Kozlenkov A, Ge Y, Zhang B, Sanelli L, May Z, Li Y, Fouad K, Cardozo C, Koonin EV, Bennett DJ, Dracheva S. Decrease of mRNA editing after spinal cord injury is caused by down-regulation of ADAR2 that is triggered by inflammatory response. *Sci Rep.* 2015 Jul 30;5:12615.
1113. Di Rocco C, McLone DG, Shimoji T, Raimondi AJ. Continuous intraventricular cerebrospinal fluid pressure recording in hydrocephalic children during wakefulness and sleep. *J Neurosurg.* 1975;42(6):683–9.

1114. Di Terlizzi R, Platt S. The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: part I — function and composition. *Vet J*. 2006 Nov;172(3):422–31.
1115. Diaconescu AO, Mathys C, Weber LAE, Kasper L, Mauer J, Stephan KE. Hierarchical prediction errors in midbrain and septum during social learning. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2017;12(4):618–34.
1116. Diamond B, Huerta PT, Mina-Osorio P, Kowal C, Volpe BT. Losing your nerves? Maybe it's the antibodies. *Nat Rev Immunol*. 2009;9(6):449–56.
1117. Diaz D, Recio JS, Weruaga E, Alonso JR. Mild cerebellar neurodegeneration of aged heterozygous PCD mice increases cell fusion of Purkinje and bone marrow-derived cells. *Cell Transplant*. 2012;21(7):1595–602.
1118. Diaz E, Bravo D, Rojas X, Concha ML. Morphologic and immunohistochemical organization of the human habenular complex. *J Comp Neurol*. 2011;519(18):3727–47.
1119. Diaz-Muñoz SL, Tenaillon O, Goldhill D, Brao K, Turner PE, Chao L. Electrophoretic mobility confirms reassortment bias among geographic isolates of segmented RNA phages. *BMC Evol Biol*. 2013 Sep 24;13:206.
1120. DiCicco-Bloom E, Lord C, Zwaigenbaum L, Courchesne E, Dager SR, Schmitz C, Schultz RT, Crawley J, Young LJ. The developmental neurobiology of autism spectrum disorder. *J Neurosci*. 2006 Jun 28;26(26):6897–906.
1121. Diehl GW, Hon OJ, Leutgeb S, Leutgeb JK. Grid and nongrid cells in medial entorhinal cortex represent spatial location and environmental features with complementary coding schemes. *Neuron*. 2017 Apr;94(1):83–92.e6.
1122. Diekelmann S. Sleep for cognitive enhancement. *Front Syst Neurosci*. 2014 Apr 2;8:46.
1123. Diem AK, Carare RO, Weller RO, Bressloff NW. A control mechanism for intra-mural peri-arterial drainage via astrocytes: how neuronal activity could improve waste clearance from the brain. *PLoS One*. 2018 Oct 4;13(10):e0205276.
1124. Dietz V, Schwab ME. From the rodent spinal cord injury model to human application: promises and challenges. *J Neurotrauma*. 2017;34(9):1826–30.
1125. Dietz V. Neuronal plasticity after a human spinal cord injury: positive and negative effects. *Exp Neurol*. 2012;235(1):110–5.
1126. Dijkers MP, Akers KG, Dieffenbach S, Galen SS. Systematic reviews of clinical benefits of exoskeleton use for gait and mobility in neurologic disorders: a tertiary study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021 Feb;102(2):300–13.
1127. Dijkstra AA, Lin L-C, Nana AL, Gaus SE, Seeley WW. Von Economo neurons and fork cells: a neurochemical signature linked to monoaminergic function. *Cereb Cortex*. 2018 Jan 1;28(1):131–44.
1128. Dinan TG, Cryan JF. Brain-gut-microbiota axis and mental health. *Psychosom Med*. 2017;79(8):920–6.
1129. Ding BS, Nolan DJ, Butler JM, James D, Babazadeh AO, Rosenwaks Z, Mittal V, Kobayashi H, Shido K, Lyden D, Sato TN, Rabbany SY, Rafii S. Inductive angiocrine signals from sinusoidal endothelium are required for liver regeneration. *Nature*. 2010 Nov 11;468(7321):310–5.
1130. Ding JB, Guzman JN, Peterson JD, Goldberg JA, Surmeier DJ. Thalamic gating of corticostriatal signaling by cholinergic interneurons. *Neuron*. 2010 Jul;67(2):294–307.
1131. Ding N, Melloni L, Zhang H, Tian X, Poeppel D. Cortical tracking of hierarchical linguistic structures in connected speech. *Nat Neurosci*. 2015;19(1):158–64.
1132. Ding S-L. Comparative anatomy of the prosubiculum, subiculum, presubiculum, postsubiculum, and parasubiculum in human, monkey, and rodent. *J Comp Neurol*. 2013 Dec 15;521(18):4145–62.
1133. Diño MR, Mugnaini E. Distribution and phenotypes of unipolar brush cells in relation to the granule cell system of the rat cochlear nucleus. *Neuroscience*. 2008 Jun;154(1):29–50.
1134. DiNuzzo M, Nedergaard M. Brain energetics during the sleep–wake cycle. *Curr Opin Neurobiol*. 2017 Dec;47(3):65–72.
1135. Diong J, Harvey LA, Kwah LK, Eyles J, Ling MJ, Ben M, Herbert RD. Incidence and predictors of contracture after spinal cord injury — a prospective cohort study. *Spinal Cord*. 2012 Aug;50(8):579–84.
1136. DiPatrizio NV, Simansky KJ. Activating parabrachial cannabinoid CB1 receptors selectively stimulates feeding of palatable foods in rats. *J Neurosci*. 2008;28(39):9702–9.
1137. Dirlich G, Vogl L, Plaschke M, Strian F. Cardiac field effects on the EEG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1997;102(4):307–15.
1138. Dittrich L, Heiss JE, Warrior DR, Perez XA, Quik M, Kilduff TS. Cortical nNOS neurons co-express the NK1 receptor and are depolarized by Substance P in multiple mammalian species. *Front Neural Circuits*. 2012 Jun 5;6:31.
1139. Dittrich L, Morairty SR, Warrior DR, Kilduff TS. Homeostatic sleep pressure is the primary factor for activation of cortical nNOS/NK1 neurons. *Neuropsychopharmacology*. 2015;40(3):632–9.
1140. Ditunno JF, Little JW, Tessler A, Burns AS. Spinal shock revisited: a four-phase model. *Spinal Cord*. 2004;42(7):383–95.
1141. Djenoune L, Desban L, Gomez J, Sternberg JR, Prendergast A, Langui D, Quan FB, Marnas H, Auer TO, Rio JP, Del Bene F, Bardet PL, Wyart C. The dual developmental origin of spinal cerebrospinal fluid-contacting neurons gives rise to distinct functional subtypes. *Sci Rep*. 2017 Apr 7;7(1):719.
1142. Djenoune L, Khabou H, Joubert F, Quan FB, Nunes Figueiredo S, Bodineau L, Del Bene F, Burcklé C, Tostivint H, Wyart C. Investigation of spinal cerebrospinal fluid-contacting neurons expressing PKD2L1: evidence for a conserved system from fish to primates. *Front Neuroanat*. 2014 May 6;8:26.
1143. Djenoune L, Wyart C. Light on a sensory interface linking the cerebrospinal fluid to motor circuits in vertebrates. *J Neurogenet*. 2017;31(3):113–27.
1144. Do MTH. Melanopsin and the intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: biophysics to behavior. *Neuron*. 2019 Oct 23;104(2):205–26.
1145. do Rego JC, Lepreux J, Scalbert E, Vaudry H, Costentin J. Behavioral actions of urotensin-II. *Peptides*. 2008;29(5):838–44.
1146. Dobkin BH. What matters in cellular transplantation for spinal cord injury: the cells, the rehabilitation, or the best mix? *Neurorehabil Neural Repair*. 2010;24(1):7–9.
1147. Döbrössy M, Busse M, Piroth T, Rosser A, Dunnett S, Nikkha G. Neurorehabilitation with neural transplantation. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010 Oct;24(8):692–701.
1148. Dodick DW, Turkel CC, DeGryse RE, Aurora SK, Silberstein SD, Lipton RB, Diener HC, Brin MF; PREEMPT Chronic Migraine Study Group. OnabotulinumtoxinA for treatment of chronic migraine: pooled results from the double-blind, randomized, placebo-controlled phases of the PREEMPT clinical program. *Headache*. 2010 Jun;50(6):921–36.
1149. Doe CM, Relkovic D, Garfield AS, Dalley JW, Theobald DE, Humby T, Wilkinson LS, Isles AR. Loss of the imprinted snoRNA mbi-52 leads to increased 5hr2c pre-RNA editing and altered 5HT2CR-mediated behaviour. *Hum Mol Genet*. 2009 Jun 15;18(12):2140–8.
1150. Doeller CF, Barry C, Burgess N. Evidence for grid cells in a human memory network. *Nature*. 2010 Feb 20;463(7281):657–61.
1151. Doepfner TR, Herz J, Görgens A, Schlechter J, Ludwig AK, Radtke S, de Miroshedji K, Horn PA, Giebel B, Hermann DM. Extracellular vesicles improve post-stroke neuroregeneration and prevent postischemic immunosuppression. *Stem Cells Transl Med*. 2015 Oct;4(10):1131–43.
1152. Döhnel K, Schuwerk T, Meinhardt J, Sodan B, Hajak G, Sommer M. Functional activity of the right temporo-parietal junction and of the medial prefrontal cortex associated with true and false belief reasoning. *Neuroimage*. 2012;60(3):1652–61.
1153. Dombrowski KE, Ke Y, Brewer KA, Kapp JA. Ecto-ATPase: an activation marker necessary for effector cell function. *Immunol Rev*. 1998;161(7):111–8.
1154. Dommerholt J, Grieve R, Finnegan M, Hooks T. A critical overview of the current myofascial pain literature — July 2016. *J Bodyw Mov Ther*. 2016 Jul;20(3):657–71.
1155. Domnisoru C, Kinkhabwala AA, Tank DW. Membrane potential dynamics of grid cells. *Nature*. 2013 Mar 14;495(7440):199–204.
1156. Dong HW, Wang LH, Zhang M, Han JS. Decreased dynorphin A (1-17) in the spinal cord of spastic rats after the compressive injury. *Brain Res Bull*. 2005;67(3):189–95.
1157. Dong XY, Feng Z. Wake-promoting effects of vagus nerve stimulation after traumatic brain injury: upregulation of orexin-A and orexin receptor type 1 expression in the prefrontal cortex. *Neural Regen Res*. 2018 Feb;13(2):244–51.
1158. Dore-Duffy P. Pericytes: pluripotent cells of the blood brain barrier. *Curr Pharm Des*. 2008;14(16):1581–93.
1159. DosSantos MF, Moura BS, DaSilva AF. Reward circuitry plasticity in pain perception and modulation. *Front Pharmacol*. 2017 Nov 21;8:790.
1160. Doubal FN, MacLulich AMJ, Ferguson KJ, Dennis MS, Wardlaw JM. Enlarged perivascular spaces on MRI are a feature of cerebral small vessel disease. *Stroke*. 2010;41(3):450–4.
1161. Dougherty BJ, Gonzalez-Rothi EJ, Lee KZ, Ross HH, Reier PJ, Fuller DD. Respiratory outcomes after mid-cervical transplantation of embryonic medullary cells in rats with cervical spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2016;278:22–6.
1162. Dowler RN, O'Brien SA, Haaland KY, Harrington DL, Feel F, Fiedler K. Neuropsychological functioning following a spinal cord injury. *Appl Neuropsychol*. 1995 Aug-Nov;2(3-4):124–9.
1163. Drachman DA. Do we have brain to spare? *Neurology*. 2005;64(12):2004–5.
1164. Dragoi G, Tonegawa S. Distinct preplay of multiple novel spatial experiences in the rat. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 b May 28;110(22):9100–5.
1165. Dragoi G, Tonegawa S. Preplay of future place cell sequences by hippocampal cellular assemblies. *Nature*. 2011 Jan 22;469(7330):397–401.

1166. Dragoi G, Tonegawa S. Selection of preconfigured cell assemblies for representation of novel spatial experiences. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2013 a Dec 23;369(1635):20120522.
1167. Drake CT, Chavkin C, Milner TA. Opioid systems in the dentate gyrus. *Prog Brain Res.* 2007;163:245–63.
1168. Drake MJ, Fowler CJ, Griffiths D, Mayer E, Paton JFR, Birder L. Neural control of the lower urinary and gastrointestinal tracts: supraspinal CNS mechanisms. *NeuroUrol Urodyn.* 2010 Jan;29(1):119–27.
1169. Dray C, Rougon G, Debarbieux F. Quantitative analysis by in vivo imaging of the dynamics of vascular and axonal networks in injured mouse spinal cord. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(23):9459–64.
1170. Dreha-Kulaczewski S, Joseph AA, Merboldt KD, Ludwig HC, Gärtner J, Frahm J. Inspiration is the major regulator of human CSF flow. *J Neurosci.* 2015;35(6):2485–91.
1171. Dreier JP, Lemale CL, Kola V, Friedman A, Schoknecht K. Spreading depolarization is not an epiphenomenon but the principal mechanism of the cytotoxic edema in various gray matter structures of the brain during stroke. *Neuropharmacology.* 2018;134:189–207.
1172. Drenger B, Parker SD, Frank SM, Beattie C. Changes in cerebrospinal fluid pressure and lactate concentrations during thoracoabdominal aortic aneurysm surgery. *Anesthesiology.* 1997 Jan 1;86(1):41–7.
1173. Dresler M, Sandberg A, Bublitz C, Ohla K, Trenado C, Mroczko-Wąsowicz A, Kühn S, Repantis D. Hacking the brain: dimensions of cognitive enhancement. *ACS Chem Neurosci.* 2019 Mar 20;10(3):1137–48.
1174. Dresler M, Wehrle R, Spormaker VI, Koch SP, Holsboer F, Steiger A, Obrig H, Sämann PG, Czisch M. Neural correlates of dream lucidity obtained from contrasting lucid versus non-lucid REM sleep: a combined EEG/fMRI case study. *Sleep.* 2012 Jul 1;35(7):1017–20.
1175. Drew T, Rossignol S. Functional organization within the medullary reticular formation of intact unanesthetized cat. I. Movements evoked by microstimulation. *J Neurophysiol.* 1990;64(3):767–81.
1176. Driessen AK, Farrell MJ, Mazzone SB, McGovern AE. Multiple neural circuits mediating airway sensations: recent advances in the neurobiology of the urge-to-cough. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;226:115–20.
1177. D'Souza CL. Art and neuroscience: The historical emergence and conceptual context of neuro-art. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Art History. School of Humanities and Social Science, Jacobs University, Bremen. 2012, 316 p.
1178. Du B, Ding YQ, Xiao X, Ren HY, Su BY, Qi JG. CD4<sup>+</sup> αβ T cell infiltration into the leptomeninges of lumbar dorsal roots contributes to the transition from acute to chronic mechanical allodynia after adult rat tibial nerve injuries. *J Neuroinflammation.* 2018 Mar 15;15(1):81.
1179. Du Beau A, Shakya Shrestha S, Bannatyne BA, Jalicy SM, Linnen S, Maxwell DJ. Neurotransmitter phenotypes of descending systems in the rat lumbar spinal cord. *Neuroscience.* 2012;227:67–79.
1180. Du J, Yang X, Zhang L, Zeng YM. Expression of TRPM8 in the distal cerebrospinal fluid-contacting neurons in the brain mesencephalon of rats. *Cerebrospinal Fluid Res.* 2009 Mar 17;6:3.
1181. Duarte R, Raphael J, Eldabe S. Intrathecal drug delivery for the management of pain and spasticity in adults: an executive summary of the British Pain Society's recommendations for best clinical practice. *Br J Pain.* 2016;10(2):67–9.
1182. Duarte-Guterman P, Yagi S, Chow C, Galea LAM. Hippocampal learning, memory, and neurogenesis: Effects of sex and estrogens across the lifespan in adults. *Horm Behav.* 2015;74:37–52.
1183. Dudek SM, Alexander GM, Farris S. Rediscovering area CA2: unique properties and functions. *Nat Rev Neurosci.* 2016;17(2):89–102.
1184. Duffau H. The huge plastic potential of adult brain and the role of connectomics: new insights provided by serial mappings in glioma surgery. *Cortex.* 2014;58:325–37.
1185. Dugas-Ford J, Ragsdale CW. Levels of homology and the problem of neocortex. *Annu Rev Neurosci.* 2015;38:351–68.
1186. Duggan M, Tressoldi P. Predictive physiological anticipatory activity preceding seemingly unpredictable stimuli: an update of Mossbridge et al's meta-analysis. *F1000Res.* 2018 Mar 28;7:407.
1187. Dugladze T, Schmitz D, Whittington MA, Vida I, Gloveli T. Segregation of axonal and somatic activity during fast network oscillations. *Science.* 2012 Jun 15;336(6087):1458–61.
1188. Dulcis D, Spitzer NC. Reserve pool neuron transmitter respecification: novel neuroplasticity. *Dev Neurobiol.* 2012;72(4):465–74.
1189. Dum RP, Levinthal DJ, Strick PL. Motor, cognitive, and affective areas of the cerebral cortex influence the adrenal medulla. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016;113(35):9922–7.
1190. Duma GM, Mento G, Manari T, Martinelli M, Tressoldi P. Driving with Intuition: a preregistered study about the EEG anticipation of simulated random car accidents. *PLoS One.* 2017 Jan 19;12(1):e0170370.
1191. Dumont CM, Piselli JM, Kazi N, Bowman E, Li G, Linhardt RJ, Temple S, Dai G, Thompson DM. Factors released from endothelial cells exposed to flow impact adhesion, proliferation, and fate choice in the adult neural stem cell lineage. *Stem Cells Dev.* 2017 Aug 15;26(16):1199–213.
1192. Dumont EC. What is the bed nucleus of the stria terminalis? *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2009 Nov 13;33(8):1289–90.
1193. Duncan KC, Chan KJ, Chiu CG, Montaner JS, Goldman AJ, Cescon A, Au-Yeung CG, Wiseman SM, Hogg RS, Press NM. HAART slows progression to anal cancer in HIV-infected MSM. *AIDS.* 2015 Jan 28;29(3):305–11.
1194. Duncan RN, Xie Y, McPherson AD, Taibi AV, Bonkowsky JL, Douglass AD, Dorsky RI. Hypothalamic radial glia function as self-renewing neural progenitors in the absence of Wnt/β-catenin signaling. *Development.* 2016 Jan 1;143(1):45–53.
1195. Dupin E, Calloni GW, Coelho-Aguiar JM, Le Douarin NM. The issue of the multipotency of the neural crest cells. *Dev Biol.* 2018;444:S47–59.
1196. Dupin E, Sommer L. Neural crest progenitors and stem cells: from early development to adulthood. *Dev Biol.* 2012;366(1):83–95.
1197. Dupont G, Schmidt C, Yilmaz E, Oskouian RJ, Macchi V, de Caro R, Tubbs RS. Our current understanding of the lymphatics of the brain and spinal cord. *Clin Anat.* 2019 Jan;32(1):117–21.
1198. Duquette P. Increasing our insular world view: interoception and psychopathology for psychotherapists. *Front Neurosci.* 2017 Mar 21;11:135.
1199. Duricek M, Nosakova L, Zatko T, Pecova R, Hyrdel R, Banovcin P Jr. Cough reflex sensitivity does not correlate with the esophageal sensitivity to acid in patients with gastroesophageal reflux disease. *Respir Physiol Neurobiol.* 2018 Nov;257:25–9.
1200. During MJ, Cao L, Zuzga DS, Francis JS, Fitzsimons HL, Jiao X, Bland RJ, Klugmann M, Banks WA, Drucker DJ, Haile CN. Glucagon-like peptide-1 receptor is involved in learning and neuroprotection. *Nat Med.* 2003 Sep;9(9):1173–9.
1201. Duron E, Hanon O. Fibrillation atriale et fonctions cognitives [Atrial fibrillation and cognitive function]. *Psychol Neuropsychiatr Vieil.* 2010 Sep;8(3):209–14. French.
1202. Duschek S, Muckenthaler M, Werner N, Reyes del Paso GA. Relationships between features of autonomic cardiovascular control and cognitive performance. *Biol Psychol.* 2009;81(2):110–7.
1203. Duschek S, Werner NS, Reyes del Paso GA. The behavioral impact of baroreflex function: a review. *Psychophysiology.* 2013;50(12):1183–93.
1204. Duschek S, Wörsching J, Reyes del Paso GA. Autonomic cardiovascular regulation and cortical tone. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35(5):383–92.
1205. Dutschke LL, Steinau S, Wiest R, Walther S. Brain tumor-associated psychosis and spirituality — a case report. *Front Psychiatry.* 2017 Nov 14;8:237.
1206. Düvel N, Wolf A, Kopiez R. Neuromyths in music education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers and students. *Front Psychol.* 2017 Apr 24;8:629.
1207. Duzel E, van Praag H, Sendtner M. Can physical exercise in old age improve memory and hippocampal function? *Brain.* 2016 Mar;139(3):662–73.
1208. Dworkin BR, Elbert T, Rau H, Birbaumer N, Pauli P, Droste C, Brunia CH. Central effects of baroreceptor activation in humans: attenuation of skeletal reflexes and pain perception. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1994 Jul 5;91(14):6329–33.
1209. Dyer JO, Maupas E, Melo Sde A, Bourbonnais D, Forget R. Abnormal coactivation of knee and ankle extensors is related to changes in heteronymous spinal pathways after stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2011 Aug 2;8:41.
1210. Dykes RW, Rasmusson DD, Hoeltzell PB. Organization of primary somatosensory cortex in the cat. *J Neurophysiol.* 1980;43(6):1527–46.
1211. Eban-Rothschild A, Appelbaum L, De Lecea L. Neuronal mechanisms for sleep/wake regulation and modulatory drive. *Neuropsychopharmacology.* 2018;43(5):937–52.
1212. Eban-Rothschild A, Rothschild G, Giardino WJ, Jones JR, de Lecea L. VTA dopaminergic neurons regulate ethologically relevant sleep–wake behaviors. *Nat Neurosci.* 2016 Oct 5;19(10):1356–66.
1213. Ebling FJP, Lewis JE. Tancytes and hypothalamic control of energy metabolism. *Glia.* 2018;66(6):1176–84.

1214. Ebner M, Hameroff S. Lateral information processing by spiking neurons: a theoretical model of the neural correlate of consciousness. *Comput Intell Neurosci*. 2011;2011:247879.
1215. Edgerton VR, Courtine G, Gerasimenko YP, Lavrov I, Ichiyama RM, Fong AJ, Cai LL, Otoshi CK, Tillakaratne NJ, Burdick JW, Roy RR. Training locomotor networks. *Brain Res Rev*. 2008 Jan;57(1):241–54.
1216. Edlow BL, Takahashi E, Wu O, Benner T, Dai G, Bu L, Grant PE, Greer DM, Greenberg SM, Kinney HC, Folkert RD. Neuroanatomic connectivity of the human ascending arousal system critical to consciousness and its disorders. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2012 Jun;71(6):531–46.
1217. Efimov IR, Fedorov VV, Joung B, Lin SF. Mapping cardiac pacemaker circuits: methodological puzzles of the sinoatrial node optical mapping. *Circ Res*. 2010;106(2):255–71.
1218. Eggermont LHP, De Boer K, Muller M, Jaschke AC, Kamp O, Scherder EJA. Cardiac disease and cognitive impairment: a systematic review. *Heart*. 2012;98(18):1334–40.
1219. Eguibar JR, Uribe CA, Cortes C, Bautista A, Gallup AC. Yawning reduces facial temperature in the high-yawning subline of Sprague-Dawley rats. *BMC Neurosci*. 2017 Jan 3;18(1):3.
1220. Ehrsson HH, Fagergren A, Jonsson T, Westling G, Johansson RS, Forssberg H. Cortical activity in precision- versus power-grip tasks: an fMRI study. *J Neurophysiol*. 2000 Jan 1;83(1):528–36.
1221. Eichenbaum H, Yonelinas AP, Ranganath C. The medial temporal lobe and recognition memory. *Annu Rev Neurosci*. 2007;30:123–52.
1222. Eichenbaum H. On the integration of space, time, and memory. *Neuron*. 2017;95(5):1007–18.
1223. Eichenbaum H. The hippocampus as a cognitive map ... of social space. *Neuron*. 2015 Jul;87(1):9–11.
1224. Eichenbaum H. Time cells in the hippocampus: a new dimension for mapping memories. *Nat Rev Neurosci*. 2014;15(11):732–44.
1225. Eid L, Parent M. Chemical anatomy of pallidal afferents in primates. *Brain Struct Funct*. 2016;221(9):4291–317.
1226. Eisen A. Electromyography in disorders of muscle tone. *Can J Neurol Sci*. 1987 Aug;14(3 Suppl):501–5.
1227. Ekdahl CT, Kokaia Z, Lindvall O. Brain inflammation and adult neurogenesis: the dual role of microglia. *Neuroscience*. 2009;158(3):1021–9.
1228. Ekdahl CT. Microglial activation — tuning and pruning adult neurogenesis. *Front Pharmacol*. 2012 Mar 9;3:41.
1229. Ekerot CF, Jörntell H. Parallel fiber receptive fields: a key to understanding cerebellar operation and learning. *Cerebellum*. 2003;2(2):101–9.
1230. El Amki M, Clavier T, Perzo N, Bernard R, Guichet PO, Castel H. Hypothalamic, thalamic and hippocampal lesions in the mouse MCAO model: potential involvement of deep cerebral arteries? *J Neurosci Methods*. 2015;254:80–5.
1231. El Andaloussi S, Mäger I, Breakefield XO, Wood MJA. Extracellular vesicles: biology and emerging therapeutic opportunities. *Nat Rev Drug Discov*. 2013;12(5):347–57.
1232. El Falougy H, Benuska J. History, anatomical nomenclature, comparative anatomy and functions of the hippocampal formation. *Bratisl Lek Listy*. 2006;107(4):103–6.
1233. El Massri N, Cullen KM, Stefani S, Moro C, Torres N, Benabid AL, Mitrofanis J. Evidence for encephalopsin immunoreactivity in interneurons and striosomes of the monkey striatum. *Exp Brain Res*. 2018 Apr;236(4):955–61.
1234. Elbasiouny SM, Moroz D, Bakr MM, Mushahwar VK. Management of spasticity after spinal cord injury: current techniques and future directions. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010;24(1):23–33.
1235. El-Gaby M, Shipton OA, Paulsen O. Synaptic plasticity and memory: insights from hippocampal left-right asymmetries. *Neuroscientist*. 2015;21(5):490–502.
1236. Elias H, Schwartz D. Surface areas of the cerebral cortex of mammals determined by stereological methods. *Science*. 1969 Oct 3;166(3901):111–3.
1237. Ellamil M, Dobson C, Beeman M, Christoff K. Evaluative and generative modes of thought during the creative process. *Neuroimage*. 2012;59(2):1783–94.
1238. Ellaway PH, Taylor A, Durbaba R. Muscle spindle and fusimotor activity in locomotion. *J Anat*. 2015;227(2):157–66.
1239. Ellis EF, McKinney JS, Willoughby KA, Liang S, Povlishock JT. A new model for rapid stretch-induced injury of cells in culture: characterization of the model using astrocytes. *J Neurotrauma*. 1995;12(3):325–39.
1240. Elson JL, Yates A, Pienaar IS. Pedunculopontine cell loss and protein aggregation direct microglia activation in parkinsonian rats. *Brain Struct Funct*. 2016;221(4):2319–41.
1241. Emmert K, Kopel R, Sulzer J, Brühl AB, Berman BD, Linden DEJ, Horowitz SG, Breimhorst M, Caria A, Frank S, Johnston S, Long Z, Paret C, Robineau F, Veit R, Bartsch A, Beckmann CF, Van De Ville D, Haller S. Meta-analysis of real-time fMRI neurofeedback studies using individual participant data: How is brain regulation mediated? *Neuroimage*. 2016 Jan 1;124(Pt A):806–12.
1242. Emslie C, Lennox J, Ireland L. The role of alcohol in identity construction among LGBT people: a qualitative study. *Sociol Health Illn*. 2017;39(8):1465–79.
1243. Engel N. Sex differences in early embryogenesis: inter-chromosomal regulation sets the stage for sex-biased gene networks: the dialogue between the sex chromosomes and autosomes imposes sexual identity soon after fertilization. *Bioessays*. 2018 Sep;40(9):e1800073.
1244. Engelhardt B, Carare RO, Bechmann I, Flügel A, Laman JD, Weller RO. Vascular, glial, and lymphatic immune gateways of the central nervous system. *Acta Neuropathol*. 2016;132(3):317–38.
1245. Engelhardt B, Coisne C. Fluids and barriers of the CNS establish immune privilege by confining immune surveillance to a two-walled castle moat surrounding the CNS castle. *Fluids Barriers CNS*. 2011 Jan 18;8(1):4.
1246. Engelhardt B, Ransohoff RM. Capture, crawl, cross: the T cell code to breach the blood-brain barriers. *Trends Immunol*. 2012;33(12):579–89.
1247. Engelhardt B, Vajkoczy P, Weller RO. The movers and shapers in immune privilege of the CNS. *Nat Immunol*. 2017;18(2):123–31.
1248. Engelhardt E. Cerebral localization of the mind and higher functions The beginnings. *Dement Neuropsychol*. 2018 Jul-Sep;12(3):321–5.
1249. Engelhardt E. Hippocampus discovery First steps. *Dement Neuropsychol*. 2016 Jan-Mar;10(1):58–62.
1250. Engelhardt E. Meynert and the basal nucleus. *Dement Neuropsychol*. 2013 Oct-Dec;7(4):435–8.
1251. Engesaeth VG, Warner JO, Bush A. New associations of primary ciliary dyskinesia syndrome. *Pediatr Pulmonol*. 1993;16(1):9–12.
1252. Englot DJ, Blumenfeld H. Consciousness and epilepsy: why are complex-partial seizures complex? *Prog Brain Res*. 2009;177:147–70.
1253. Ennis M, Aston-Jones G. GABA-mediated inhibition of locus coeruleus from the dorsomedial rostral medulla. *J Neurosci*. 1989;9(8):2973–81.
1254. Enzi B, de Greck M, Prösch U, Tempelmann C, Northoff G. Is our self nothing but reward? Neuronal overlap and distinction between reward and personal relevance and its relation to human personality. *PLoS One*. 2009 Dec 24;4(12):e8429.
1255. Erdener ŞE, Tang J, Sajjadi A, Kiliç K, Kura S, Schaffer CB, Boas DA. Spatio-temporal dynamics of cerebral capillary segments with stalling red blood cells. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2019 May;39(5):886–900.
1256. Eremina V, Quaggin SE. The role of VEGF-A in glomerular development and function. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2004;13(1):9–15.
1257. Erlich SS, McComb JG, Hyman S, Weiss MH. Ultrastructural morphology of the olfactory pathway for cerebrospinal fluid drainage in the rabbit. *J Neurosurg*. 1986;64(3):466–73.
1258. Ermakova YG, Lanin AA, Fedotov IV, Roshchin M, Kelmanson IV, Kulik D, Bogdanova YA, Shokhina AG, Bilan DS, Staroverov DB, Balaban PM, Fedotov AB, Sidorov-Biryukov DA, Nikitin ES, Zheltikov AM, Belousov VV. Thermogenetic neurostimulation with single-cell resolution. *Nat Commun*. 2017 May 22;8:15362.
1259. Ernst A, Alkass K, Bernard S, Salehpour M, Perl S, Tisdale J, Possnert G, Druid H, Frisén J. Neurogenesis in the striatum of the adult human brain. *Cell*. 2014 Feb 27;156(5):1072–83.
1260. Erő C, Gewaltig MO, Keller D, Markram H. A cell atlas for the mouse brain. *Front Neuroinform*. 2018 Nov 28;12:84. doi: 10.3389/fninf.2018.00084. Erratum in: *Front Neuroinform*. 2019 Feb 19;13:7.
1261. Eroglu C, Barres BA. Regulation of synaptic connectivity by glia. *Nature*. 2010;468(7321):223–31.
1262. Escande-Beillard N, Washburn L, Zekzer D, Wu ZP, Eitan S, Ivkovic S, Lu Y, Dang H, Middleton B, Bilousova TV, Yoshimura Y, Evans CJ, Joyce S, Tian J, Kaufman DL. Neurons preferentially respond to self-MHC class I allele products regardless of peptide presented. *J Immunol*. 2010 Jan 15;184(2):816–23.
1263. Escobedo N, Oliver G. Lymphangiogenesis: origin, specification, and cell fate determination. *Annu Rev Cell Dev Biol*. 2016 Oct 6;32:677–91.
1264. Esposito E, Ebner M, Ziemann U, Poli S. In cold blood: intraarterial cold infusions for selective brain cooling in stroke. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2014;34(5):743–52.
1265. Esposito MS, Capelli P, Arber S. Brainstem nucleus MdV mediates skilled forelimb motor tasks. *Nature*. 2014;508(7496):351–6.
1266. Estelius J, Lengqvist E, Ossipova E, Idborg H, Le Maître E, Andersson MLA, Brundin L, Khademi M, Svenungsson E, Jakobsson PJ, Lampa J. Mass spectrometry-based analysis of cerebrospinal fluid from arthritis patients-immune-related candidate proteins affected by TNF blocking treatment. *Arthritis Res Ther*. 2019 Feb 15;21(1):60.
1267. Evans KC. Cortico-limbic circuitry and the airways: Insights from functional neuroimaging of respiratory afferents and efferents. *Biol Psychol*. 2010;84(1):13–25.

1268. Evrard HC, Forro T, Logothetis NK. Von Economo neurons in the anterior insula of the macaque monkey. *Neuron*. 2012 May;74(3):482–9.
1269. Evrard HC. The Organization of the primate insular cortex. *Front Neuroanat*. 2019 May 8;13:43.
1270. Evstratova A, Tóth K. Information processing and synaptic plasticity at hippocampal mossy fiber terminals. *Front Cell Neurosci*. 2014 Feb 4;8:28.
1271. Ewencyk C, Mesmoudi S, Gallea C, Welter ML, Gaymard B, Demain A, Yahia Cherif L, Degos B, Benali H, Pouget P, Poupon C, Lehericy S, Rivaud-Péchoix S, Vidai-lhet M. Antisaccades in Parkinson disease: a new marker of postural control? *Neurology*. 2017 Feb 28;88(9):853–61.
1272. Eyles D, Feldon J, Meyer U. Schizophrenia: do all roads lead to dopamine or is this where they start? Evidence from two epidemiologically informed developmental rodent models. *Transl Psychiatry*. 2012 Feb 21;2(2):e81.
1273. Ezra M, Faull OK, Jbabdi S, Pattinson KTS. Connectivity-based segmentation of the periaqueductal gray matter in human with brainstem optimized diffusion MRI. *Hum Brain Mapp*. 2015;36(9):3459–71.
1274. Ezure K, Tanaka I. GABA, in some cases together with glycine, is used as the inhibitory transmitter by pump cells in the Hering-Breuer reflex pathway of the rat. *Neuroscience*. 2004;127(2):409–17.
1275. Ezyat Y, Inhoff MC, Davachi L. Differentiation of human medial prefrontal cortex activity underlies long-term resistance to forgetting in memory. *J Neurosci*. 2018;38(48):10244–54.
1276. Facco E, Agrillo C, Greyson B. Epistemological implications of near-death experiences and other non-ordinary mental expressions: moving beyond the concept of altered state of consciousness. *Med Hypotheses*. 2015;85(1):85–93.
1277. Facco E, Casiglia E, Al Khafaji BE, Finatti F, Duma GM, Mento G, Pederzoli L, Tressoldi P. The neurophenomenology of out-of-body experiences induced by hypnotic suggestions. *Int J Clin Exp Hypn*. 2019 Jan-Mar;67(1):39–68.
1278. Facco E, Lucangeli D, Tressoldi P. On the science of consciousness: epistemological reflections and clinical implications. *Explor J Sci Heal*. 2017;13(3):163–80.
1279. Fadzani M, Bettany-Salnikov J. Etiological theories of adolescent idiopathic scoliosis: past and present. *Open Orthop J*. 2018;11(1):1466–89.
1280. Faghhi MM, Sharp MK. Is bulk flow plausible in perivascular, paravascular and paravenous channels? *Fluids Barriers CNS*. 2018 Jun 15;15(1):17.
1281. Fagius J, Wallin BG. Sympathetic reflex latencies and conduction velocities in normal man. *J Neurol Sci*. 1980;47(3):433–48.
1282. Fajardo C, Escobar MI, Buriticá E, Arteaga G, Umbarila J, Casanova MF, Pimienta H. Von Economo neurons are present in the dorsolateral (dysgranular) prefrontal cortex of humans. *Neurosci Lett*. 2008 Apr 25;435(3):215–8.
1283. Fakhoury M. The habenula in psychiatric disorders: more than three decades of translational investigation. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;83:721–35.
1284. Falahatkar S, Shahab E, Gholamjani Moghaddam K, Kazemzadeh E. Transurethral intraprostatic injection of botulinum neurotoxin type A for the treatment of chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome: results of a prospective pilot double-blind and randomized placebo-controlled study. *BJU Int*. 2015;116(4):641–9.
1285. Falci SP, Indeck C, Lammertse DP. Posttraumatic spinal cord tethering and syringomyelia: surgical treatment and long-term outcome. *J Neurosurg Spine*. 2009 Oct;11(4):445–60.
1286. Fallon JH, Koziell DA, Moore RY. Catecholamine innervation of the basal forebrain II. Amygdala, suprarhinal cortex and entorhinal cortex. *J Comp Neurol*. 1978;180(3):509–31.
1287. Fallon JH, Riley JN, Sipe JC, Moore RY. The islands of Calleja: organization and connections. *J Comp Neurol*. 1978 Sep 15;181(2):375–95.
1288. Fan A, Stebbings KA, Llano DA, Saif T. Stretch induced hyperexcitability of mice callosal pathway. *Front Cell Neurosci*. 2015 Aug 5;9:292.
1289. Fan X, Markram H. A brief history of simulation neuroscience. *Front Neuroinform*. 2019 May 7;13:32.
1290. Fann DYW, Lee SY, Manzanero S, Chunduri P, Sobey CG, Arumugam TV. Pathogenesis of acute stroke and the role of inflammasomes. *Ageing Res Rev*. 2013;12(4):941–66.
1291. Fanni D, Sanna A, Gerosa C, Puddu M, Faa G, Fanos V. Each niche has an actor: multiple stem cell niches in the preterm kidney. *Ital J Pediatr*. 2015 Oct 15;41:78.
1292. Fanselow MS, Dong HW. Are the dorsal and ventral hippocampus functionally distinct structures? *Neuron*. 2010;65(1):7–19.
1293. Fard PJM, Tajvidi MR, Gharibzadeh S. High-pressure hydrocephalus: a novel analytical modeling approach. *J Theor Biol*. 2007;248(3):401–10.
1294. Farham CJ, Douglas RJ. The response of neurons of the medial pontomedullary reticular formation of rats to peripheral thermal stimuli. *Brain Res*. 1985;336(1):107–15.
1295. Farhy-Tselnick I, Allen NJ. Astrocytes, neurons, synapses: a tripartite view on cortical circuit development. *Neural Dev*. 2018 May 1;13(1):7.
1296. Farias NC, Feres T, Paiva AC, Paiva TB. Lys-[Leu8,des-Arg9]-bradykinin blocks lipopolysaccharide-induced SHR aorta hyperpolarization by inhibition of Ca<sup>++</sup>- and ATP-dependent K<sup>+</sup> channels. *Eur J Pharmacol*. 2004 Sep 13;498(1–3):163–9.
1297. Farkas O, Lifshitz J, Povolishock JT. Mechanoporation induced by diffuse traumatic brain injury: an irreversible or reversible response to injury? *J Neurosci*. 2006;26(12):3130–40.
1298. Farnham MMJ, Pilowsky PM. The role of PACAP in central cardiorespiratory regulation. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;174(1–2):65–75.
1299. Farrokhi E, Shafei MN, Khajavirad A, Hosseini M, Bideskan ARE. Role of the nitrenergic system of the cuneiform nucleus in cardiovascular responses in urethane-anesthetized male rats. *Iran J Med Sci*. 2017;42(5):473–80.
1300. Farrow TFD, Burgess J, Wilkinson ID, Hunter MD. Neural correlates of self-deception and impression-management. *Neuropsychologia*. 2015;67:159–74.
1301. Fasick V, Spengler RN, Samankon S, Nader ND, Ignatowski TA. The hippocampus and TNF: common links between chronic pain and depression. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015;53:139–59.
1302. Fathy YY, Jonker AJ, Oudejans E, de Jong FJJ, van Dam AW, Rozemuller AJM, van de Berg WDJ. Differential insular cortex subregion vulnerability to  $\alpha$ -synuclein pathology in Parkinson's disease and dementia with Lewy bodies. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2019 Apr;45(3):262–77.
1303. Fatterpekar GM, Naidich TP, Delman BN, Aguinaldo JG, Gultekin SH, Sherwood CC, Hof PR, Drayer BP, Fayad ZA. Cytoarchitecture of the human cerebral cortex: MR microscopy of excised specimens at 9.4 Tesla. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002 Sep;23(8):1313–21.
1304. Fattorini G, Antonucci F, Menna E, Matteoli M, Conti F. Co-expression of VGLUT1 and VGAT sustains glutamate and GABA co-release and is regulated by activity in cortical neurons. *J Cell Sci*. 2015;128(9):1669–73.
1305. Faull OK, Pattinson KT. The cortical connectivity of the periaqueductal gray and the conditioned response to the threat of breathlessness. *Elife*. 2017 Feb 17;6:e21749.
1306. Faykoo-Martinez M, Toor I, Holmes MM. Solving the neurogenesis puzzle: looking for pieces outside the traditional box. *Front Neurosci*. 2017 Sep 8;11:505.
1307. Fealey RD. Interception and autonomic nervous system reflexes thermoregulation. *Handb Clin Neurol*. 2013;117:79–88.
1308. Fecteau S, Boggio P, Fregni F, Pascual-Leone A. Modulation of untruthful responses with non-invasive brain stimulation. *Front Psychiatry*. 2013 Feb 26;3:97.
1309. Fédry J, Liu Y, Péhau-Arnaudet G, Pei J, Li W, Tortorici MA, Traincard F, Meola A, Bricogne G, Grishin NV, Snell WJ, Rey FA, Krey T. The ancient gamete fusogen HAP2 is a eukaryotic class II fusion protein. *Cell*. 2017 Feb 23;168(5):904–915.e10.
1310. Fehlings MG, Tator CH. The relationships among the severity of spinal cord injury, residual neurological function, axon counts, and counts of retrogradely labeled neurons after experimental spinal cord injury. *Exp Neurol*. 1995;132(2):220–8.
1311. Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Aarabi B, Anderson P, Arnold PM, Brodke DS, Burns AS, Chiba K, Dettori JR, Furlan JC, Hawrylyuk G, Holly LT, Howley S, Jeji T, Kalsi-Ryan S, Kotter M, Kurpad S, Marino RJ, Martin AR, Massicotte E, Merli G, Middleton JW, Nakashima H, Nagoshi N, Palmieri K, Singh A, Skelly AC, Tsai EC, Vaccaro A, Yee A, Harrop JS. A Clinical Practice Guideline for the Management of Patients With Acute Spinal Cord Injury and Central Cord Syndrome: Recommendations on the Timing ( $\leq 24$  Hours Versus  $> 24$  Hours) of Decompressive Surgery. *Global Spine J*. 2017 Sep 7(3 Suppl):1955–2025.
1312. Fein LA, Rosa Cunha I, Slomovitz B, Potter JN. Risk factors for anal dysplasia in transgender women: a retrospective chart review. *J Low Genit Tract Dis*. 2018;22(4):336–9.
1313. Feinberg TE. The irreducible perspectives of consciousness. *Semin Neurol*. 1997 Jun;17(2):85–93.
1314. Feinberg TE. Neuroontology, neurobiological naturalism, and consciousness: a challenge to scientific reduction and a solution. *Phys Life Rev*. 2012 Mar;9(1):13–34.
1315. Felder RB, Mifflin SW. Modulation of carotid sinus afferent input to nucleus tractus solitarius by parabrachial nucleus stimulation. *Circ Res*. 1988;63(1):35–49.
1316. Feldman JL, Del Negro CA. Looking for inspiration: new perspectives on respiratory rhythm. *Nat Rev Neurosci*. 2006 Mar;7(3):232–42.
1317. Feldman JL, Kam K. Facing the challenge of mammalian neural microcircuits: taking a few breaths may help. *J Physiol*. 2015 Jan 1;593(1):3–23.
1318. Feliciano DM, Zhang S, Nasrallah CM, Ligo SN, Bordey A. Embryonic cerebrospinal fluid nanovesicles carry evolutionarily conserved molecules and promote neural stem cell amplification. *PLoS One*. 2014 Feb 12;9(2):e88810.
1319. Felix MS, Popa N, Djelloul M, Boucraut J, Gauthier P, Bauer S, Matarazzo VA. Alteration of forebrain neurogenesis after cervical spinal cord injury in the adult rat. *Front Neurosci*. 2012 Apr 9;6:45.



1320. Feng Q, He L, Yang W, Zhang Y, Wu X, Qiu J. Verbal creativity is correlated with the dynamic reconfiguration of brain networks in the resting state. *Front Psychol*. 2019 Apr 24;10:894.
1321. Ferentzi E, Drew R, Tihanyi BT, Kóteles F. Interoceptive accuracy and body awareness — temporal and longitudinal associations in a non-clinical sample. *Physiol Behav*. 2018 Feb 1;184:100–7.
1322. Ferguson IA, Schweitzer JB, Bartlett PF, Johnson EM. Receptor-mediated retrograde transport in CNS neurons after intraventricular administration of NGF and growth factors. *J Comp Neurol*. 1991;313(4):680–92.
1323. Ferguson MA, Nielsen JA, King JB, Dai L, Giangrasso DM, Holman R, Korenberg JR, Anderson JS. Reward, salience, and attentional networks are activated by religious experience in devout Mormons. *Soc Neurosci*. 2018 Feb;13(1):104–16.
1324. Feringa ER, Vahlsing HL. Labeled corticospinal neurons one year after spinal cord transection. *Neurosci Lett*. 1985 Aug;58(3):283–6.
1325. Fernandes P, Regala J, Correia F, Gonçalves-Ferreira AJ. The human locus coeruleus 3-D stereotaxic anatomy. *Surg Radiol Anat*. 2012;34(10):879–85.
1326. Fernández de Sevilla D, Buño W. Presynaptic inhibition of Schaffer collateral synapses by stimulation of hippocampal cholinergic afferent fibres. *Eur J Neurosci*. 2003 Feb;17(3):555–8.
1327. Fernández V, Ulinares-Benadero C, Borrell V. Cerebral cortex expansion and folding: what have we learned? *EMBO J*. 2016 May 17;35(10):1021–44.
1328. Fernández-Espejo D, Owen AM. Detecting awareness after severe brain injury. *Nat Rev Neurosci*. 2013;14(11):801–9.
1329. Fernández-López B, Villar-Cerviño V, Valle-Maroto SM, Barreiro-Iglesias A, Anadón R, Rodicio MC. The glutamatergic neurons in the spinal cord of the sea lamprey: an in situ hybridization and immunohistochemical study. *PLoS One*. 2012;7(10):e47898.
1330. Fernando MR, Jiang C, Krzyzanowski GD, Ryan WL. New evidence that a large proportion of human blood plasma cell-free DNA is localized in exosomes. *PLoS One*. 2017 Aug 29;12(8):e0183915.
1331. Ferrante M, Tahvildari B, Duque A, Hadzipasic M, Salkoff D, Zaghera EW, Hasselmo ME, McCormick DA. Distinct functional groups emerge from the intrinsic properties of molecularly identified entorhinal interneurons and principal cells. *Cereb Cortex*. 2017 Jun 1;27(6):3186–207.
1332. Ferrari C, Nadal M, Schiavi S, Vecchi T, Cela-Conde CJ, Cattaneo Z. The dorsomedial prefrontal cortex mediates the interaction between moral and aesthetic valuation: a TMS study on the beauty-is-good stereotype. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2017;12(5):707–17.
1333. Ferrari PF, Gerbella M, Coudé G, Rozzi S. Two different mirror neuron networks: the sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways. *Neuroscience*. 2017 Sep;358(3):300–15.
1334. Ferraye MU, Debù B, Fraix V, Goetz L, Ardouin C, Yelnik J, Henry-Lagrange C, Seigneuret E, Piallat B, Krack P, Le Bas JF, Benabid AL, Chabardès S, Pollak P. Effects of pedunculopontine nucleus area stimulation on gait disorders in Parkinson's disease. *Brain*. 2010 Jan;133(Pt 1):205–14.
1335. Ferreira JGP, Bittencourt JC, Adamantidis A. Melanin-concentrating hormone and sleep. *Curr Opin Neurobiol*. 2017;44:152–8.
1336. Feuillet L, Dufour H, Pelletier J. Brain of a white-collar worker. *Lancet*. 2007 Jul 21;370(9583):262.
1337. Fichtl B, Shrivastava S, Schneider MF. Protons at the speed of sound: predicting specific biological signaling from physics. *Sci Rep*. 2016 May 24;6:22874.
1338. Fidelin K, Djénoune L, Stokes C, Prendergast A, Gomez J, Baradel A, Del Bene F, Wyart C. State-dependent modulation of locomotion by GABAergic spinal sensory neurons. *Curr Biol*. 2015 Dec 7;25(23):3035–47.
1339. Fields RD. Signaling by neuronal swelling. *Sci Signal*. 2011 Jan 11;4(155):tr1.
1340. Figueroa G. Neuroethics: the pursuit of transforming medical ethics in scientific ethics. *Biol Res*. 2016 Feb 20;49:11.
1341. Filip P, Lungu O V, Bareš M. Dystonia and the cerebellum: a new field of interest in movement disorders? *Clin Neurophysiol*. 2013;124(7):1269–76.
1342. Filipp ME, Travis BJ, Henry SS, Idzikowski EC, Magnuson SA, Loh MY, Hellenbrand DJ, Hanna AS. Differences in neuroplasticity after spinal cord injury in varying animal models and humans. *Neural Regen Res*. 2019 Jan;14(1):7–19.
1343. Filippetti ML, Tsakiris M. Heartfelt embodiment: changes in body-ownership and self-identification produce distinct changes in interoceptive accuracy. *Cognition*. 2017;159:1–10.
1344. Fillafer C, Mussel M, Muchowski J, Schneider MF. Cell surface deformation during an action potential. *Biophys J*. 2018;114(2):410–8.
1345. Fillafer C, Schneider MF. On the temperature behavior of pulse propagation and relaxation in worms, nerves and gels. *PLoS One*. 2013 Jun 21;8(6):e66773.
1346. Filler AG. A historical hypothesis of the first recorded neurosurgical operation: Isis, Osiris, Thoth, and the origin of the djed cross. *Neurosurg Focus*. 2007;23(1):E6.
1347. Filli L, Zörner B, Weinmann O, Schwab ME. Motor deficits and recovery in rats with unilateral spinal cord hemisection mimic the Brown-Séquard syndrome. *Brain*. 2011;134(8):2261–73.
1348. Filosa JA, Iddings JA. Astrocyte regulation of cerebral vascular tone. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2013 Sep 1;305(5):H609–19.
1349. Filosa JA, Morrison HW, Iddings JA, Du W, Kim KJ. Beyond neurovascular coupling, role of astrocytes in the regulation of vascular tone. *Neuroscience*. 2016;323:96–109.
1350. Filous AR, Schwab JM. Determinants of axon growth, plasticity, and regeneration in the context of spinal cord injury. *Am J Pathol*. 2018;188(1):53–62.
1351. Finan JD, Sundaresh SN, Elkin BS, Mckhann GM, Morrison B. Regional mechanical properties of human brain tissue for computational models of traumatic brain injury. *Acta Biomater*. 2017;55:333–9.
1352. Fingerhut J, Prinz JJ. Wonder, appreciation, and the value of art. *Prog Brain Res*. 2018;237:107–28.
1353. Finisguerra A, Crescentini C, Urgesi C. Transcutaneous vagus nerve stimulation affects implicit spiritual self-representations. *Neuroscience*. 2019;412:144–59.
1354. Finkelstein A, Derdikman D, Rubin A, Foerster JN, Las L, Ulanovsky N. Three-dimensional head-direction coding in the bat brain. *Nature*. 2015 Jan 8;517(7533):159–64.
1355. Finnerup NB, Norrbrink C, Trok K, Piehl F, Johannesen IL, Sørensen JC, Jensen TS, Werhagen L. Phenotypes and predictors of pain following traumatic spinal cord injury: a prospective study. *J Pain*. 2014 Jan;15(1):40–8.
1356. Finnerup NB. Neuropathic pain and spasticity: intricate consequences of spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2017;55(12):1046–50.
1357. Fischer DB, Boes AD, Demertzi A, Evrard HC, Laureys S, Edlow BL, Liu H, Saper CB, Pascual-Leone A, Fox MD, Geerling JC. A human brain network derived from coma-causing brainstem lesions. *Neurology*. 2016 Dec 6;87(23):2427–34.
1358. Fischer HG, Morawski M, Brückner MK, Mittag A, Tarnok A, Arendt T. Changes in neuronal DNA content variation in the human brain during aging. *Aging Cell*. 2012;11(4):628–33.
1359. Fischer J, Weber ANR, Böhm S, Dickhöfer S, El Maadidi S, Deichsel D, Knop V, Klinker H, Möller B, Rasenack J, Wang L, Sharma M, Hinrichsen H, Spengler U, Buggisch P, Sarrazin C, Pawlita M, Waterboer T, Wiese M, Probst-Müller E, Malinverni R, Bochud PY, Gardiner C, O'Farrelly C, Berg T. Sex-specific effects of TLR9 promoter variants on spontaneous clearance of HCV infection. *Gut*. 2017 Oct;66(10):1829–37.
1360. Fisher AD, Ristori J, Morelli G, Maggi M. The molecular mechanisms of sexual orientation and gender identity. *Mol Cell Endocrinol*. 2018;467:3–13.
1361. Fisher JP, Kim A, Hartwich D, Fadel PJ. New insights into the effects of age and sex on arterial baroreflex function at rest and during dynamic exercise in humans. *Auton Neurosci*. 2012 Dec;172(1–2):13–22.
1362. Fisher KM, Lilak A, Garner J, Darian-Smith C. Extensive somatosensory and motor corticospinal sprouting occurs following a central dorsal column lesion in monkeys. *J Comp Neurol*. 2018;526(15):2373–87.
1363. Fisher RS, Eggleston KS, Wright CW. Vagus nerve stimulation magnet activation for seizures: a critical review. *Acta Neurol Scand*. 2015 Jan;131(1):1–8.
1364. Fitsiori A, Hiremath SB, Boto J, Garibotto V, Vargas MI. Morphological and advanced imaging of epilepsy: beyond the basics. *Children (Basel)*. 2019 Mar 11;6(3):43.
1365. Fitzgerald PB, Laird AR, Maller J, Daskalakis ZI. A meta-analytic study of changes in brain activation in depression. *Hum Brain Mapp*. 2008;29(6):683–95.
1366. Flak JN, Patterson CM, Garfield AS, D'Agostino G, Goforth PB, Sutton AK, Malec PA, Wong JT, Germani M, Jones JC, Rajala M, Satin L, Rhodes CJ, Olson DP, Kennedy RT, Heisler LK, Myers MG Jr. Leptin-inhibited PBN neurons enhance responses to hypoglycemia in negative energy balance. *Nat Neurosci*. 2014 Dec;17(12):1744–50.
1367. Flanders TM, Billinghurst L, Flibotte J, Heuer GG. Neonatal hydrocephalus. *NeoReviews*. 2018;19(8):e467–e477.
1368. Fletcher MM, Halls ML, Christopoulos A, Sexton PM, Wootten D. The complexity of signalling mediated by the glucagon-like peptide-1 receptor. *Biochem Soc Trans*. 2016;44(2):582–8.
1369. Flore G, Di Ruberto G, Parisot J, Sannino S, Russo F, Illingworth EA, Studer M, De Leonibus E. Gradient COUP-TFI expression is required for functional organization of the hippocampal septo-temporal longitudinal axis. *Cereb Cortex*. 2017 Feb 1;27(2):1629–43.
1370. Flores Á, Saravia R, Maldonado R, Berrendero F. Orexins and fear: implications for the treatment of anxiety disorders. *Trends Neurosci*. 2015;38(9):550–9.

- 1371.** Flores Á, Valls-Comamala V, Costa G, Saravia R, Maldonado R, Berrrendero F. The hypocretin/orexin system mediates the extinction of fear memories. *Neuropsychopharmacology*. 2014 Nov;39(12):2732–41.
- 1372.** Floresco SB. The nucleus accumbens: an interface between cognition, emotion, and action. *Annu Rev Psychol*. 2015 Jan 3;66:25–52.
- 1373.** Floria M, Bärboi O, Grecu M, Cijevski-Prelicean C, Balan G, Drug VL. Atrial fibrillation and sympathovagal balance in patients with gastroesophageal reflux disease. *Turkish J Gastroenterol*. 2017;28(2):88–93.
- 1374.** Florman JE, Duffau H, Rughani AI. Lower motor neuron findings after upper motor neuron injury: insights from postoperative supplementary motor area syndrome. *Front Hum Neurosci*. 2013 Mar 18;7:85.
- 1375.** Flyktman A, Mänttari S, Nissilä J, Timonen M, Saarela S. Transcranial light affects plasma monoamine levels and expression of brain encephalopsin in the mouse. *J Exp Biol*. 2015 May 15;218(Pt 10):1521–6.
- 1376.** Flynn JR, Graham BA, Galea MP, Callister RJ. The role of propriospinal interneurons in recovery from spinal cord injury. *Neuropharmacology*. 2011;60(5):809–22.
- 1377.** Földi M, Csanda E, Simon M, Obál F, Schneider I, Dobranovics I, Zoltán OT, Kozma M, Poberai M. Lymphogenic haemangiopathy. “Preliminary” pathways in the wall of cerebral and cervical blood vessels. *Angiologica*. 1968;5(4):250–62.
- 1378.** Földi M, Gellért A, Kozma M, Poberai M, Zoltán OT, Csanda E. New contributions to the anatomical connections of the brain and the lymphatic system. *Cells Tissues Organs*. 1966;64(4):498–505.
- 1379.** Földi M. The brain and the lymphatic system revisited. *Lymphology*. 1999 Jun;32(2):40–4.
- 1380.** Ford JM, Mathalon DH, Whitfield S, Faustman WO, Roth WT. Reduced communication between frontal and temporal lobes during talking in schizophrenia. *Biol Psychiatry*. 2002;51(6):485–92.
- 1381.** Fore S, Palumbo F, Pelgrims R, Yaksi E. Information processing in the vertebrate habenula. *Semin Cell Dev Biol*. 2018;78:130–9.
- 1382.** Forger NG. Past, present and future of epigenetics in brain sexual differentiation. *J Neuroendocrinol*. 2018 Feb;30(2):e12492.
- 1383.** Fort P, Luppi P-H, Jouvet M. Afferents to the nucleus reticularis parvicellularis of the cat medulla oblongata: a tract-tracing study with cholera toxin B subunit. *J Comp Neurol*. 1994;342(4):603–18.
- 1384.** Forte G, Favieri F, Casagrande M. Heart rate variability and cognitive function: a systematic review. *Front Neurosci*. 2019 Jul 9;13:710.
- 1385.** Fosarelli P. Outcomes of intercessory prayer for those who are ill: scientific and pastoral perspectives. *Linacre Q*. 2011 May;78(2):125–37.
- 1386.** Fouad K, Bennett DJ, Vavrek R, Blesch A. Long-term viral brain-derived neurotrophic factor delivery promotes spasticity in rats with a cervical spinal cord hemisection. *Front Neurol*. 2013 Nov 19;4:187.
- 1387.** Fouad K, Tetzlaff W. Rehabilitative training and plasticity following spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2012;235(1):91–9.
- 1388.** Fouda AY, Fagan SC, Ergul A. Brain vasculature and cognition. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2019 Apr;39(4):593–602.
- 1389.** Fountas KN, Kapsalaki EZ, Feltes CH, Smisson HF, Johnston KW, Robinson JS. Intracranial temperature: is it different throughout the brain? *Neurocrit Care*. 2004;1(2):195–9.
- 1390.** Fournier-Gosselin MP, Lipsman N, Saint-Cyr JA, Hamani C, Lozano AM. Regional anatomy of the pedunculopontine nucleus: relevance for deep brain stimulation. *Mov Disord*. 2013;28(10):1330–6.
- 1391.** Fox AS, Shackman AJ. The central extended amygdala in fear and anxiety: Closing the gap between mechanistic and neuroimaging research. *Neurosci Lett*. 2019 Feb 6;693:58–67.
- 1392.** Fox DT, Duronio RJ. Endoreplication and polyploidy: insights into development and disease. *Development*. 2013 Jan 1;140(1):3–12.
- 1393.** Fox KC, Dixon ML, Nijeboer S, Girn M, Floman JL, Lifshitz M, Ellamil M, Sedlmeier P, Christoff K. Functional neuroanatomy of meditation: a review and meta-analysis of 78 functional neuroimaging investigations. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016 Jun;65:208–28.
- 1394.** Fox KC, Nijeboer S, Dixon ML, Floman JL, Ellamil M, Rumak SP, Sedlmeier P, Christoff K. Is meditation associated with altered brain structure? A systematic review and meta-analysis of morphometric neuroimaging in meditation practitioners. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014 Jun;43:48–73.
- 1395.** Fox KCR, Foster BL, Kucyi A, Daitch AL, Parvizi J. Intracranial electrophysiology of the human default network. *Trends Cogn Sci*. 2018;22(4):307–24.
- 1396.** Fox ME, Bucher ES, Johnson JA, Wightman RM. Medullary norepinephrine projections release norepinephrine into the contralateral bed nucleus of the stria terminalis. *ACS Chem Neurosci*. 2016;7(12):1681–9.
- 1397.** Fox RJ, Walji AH, Mielke B, Petruk KC, Aronyk KE. Anatomic details of intradural channels in the parasagittal dura: A possible pathway for flow of cerebrospinal fluid. *Neurosurgery*. 1996;39(1):84–91.
- 1398.** Fraide JM, López-Sánchez N. Neuronal tetraploidy in Alzheimer and aging. *Aging (Albany NY)*. 2017 Oct 25;9(10):2014–5.
- 1399.** Fraigne JJ, Torontali ZA, Snow MB, Peever JH. REM sleep at its core — circuits, neurotransmitters, and pathophysiology. *Front Neurol*. 2015 May 29;6:123.
- 1400.** França TFA, Bitencourt AM, Maximilla NR, Barros DM, Monserrat JM. Hippocampal neurogenesis and pattern separation: a meta-analysis of behavioral data. *Hippocampus*. 2017 Sep;27(9):937–50.
- 1401.** Frank LM, Brown EN, Wilson M. Trajectory encoding in the hippocampus and entorhinal cortex. *Neuron*. 2000;27(1):169–78.
- 1402.** Frankel EA, Shalaby TM, Orenstein SR. Sandifer syndrome posturing: relation to abdominal wall contractions, gastroesophageal reflux, and fundoplication. *Dig Dis Sci*. 2006;51(4):635–40.
- 1403.** Frankel HL, Coll JR, Charlifue SW, Whiteneck GG, Gardner BP, Jamous MA, Krishnan KR, Nuseibeh I, Savic G, Sett P. Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation. *Spinal Cord*. 1998 Apr;36(4):266–74.
- 1404.** Franklin TB, Silva BA, Perova Z, Marrone L, Masferrer ME, Zhan Y, Kaplan A, Greetham L, Verrechia V, Halman A, Pagella S, Vyssotski AL, Illarionova A, Grinevich V, Branco T, Gross CT. Prefrontal cortical control of a brainstem social behavior circuit. *Nat Neurosci*. 2017 Feb;20(2):260–70.
- 1405.** Frankowski JC, Kim YJ, Hunt RF. Selective vulnerability of hippocampal interneurons to graded traumatic brain injury. *Neurobiol Dis*. 2019 Sep;129:208–16.
- 1406.** Franze K, Janmey PA, Guck J. Mechanics in neuronal development and repair. *Annu Rev Biomed Eng*. 2013;15:227–51.
- 1407.** Frederickson CJ, Suh SW, Silva D, Frederickson CJ, Thompson RB. Importance of zinc in the central nervous system: the zinc-containing neuron. *J Nutr*. 2000 May;130(5S Suppl):1471S–83S.
- 1408.** Freedman EG, Quessy S. Electrical stimulation of rhesus monkey nucleus reticularis gigantocellularis: II. Effects on metrics and kinematics of ongoing gaze shifts to visual targets. *Exp Brain Res*. 2004;156(3):357–76.
- 1409.** Freitas Jr RA. Nanomedicine, volume I: Basic capabilities. Landes Bioscience, Austin, Texas, U.S.A. 1999, 509 p.
- 1410.** Freund P, Weiskopf N, Ashburner J, Wolf K, Sutter R, Altmann DR, Friston K, Thompson A, Curt A. MRI investigation of the sensorimotor cortex and the corticospinal tract after acute spinal cord injury: a prospective longitudinal study. *Lancet Neurol*. 2013 Sep;12(9):873–81.
- 1411.** Freund P, Weiskopf N, Ward NS, Hutton C, Gall A, Ciccarelli O, Craggs M, Friston K, Thompson AJ. Disability, atrophy and cortical reorganization following spinal cord injury. *Brain*. 2011 Jun;134(Pt 6):1610–22.
- 1412.** Freund TF, Buzsáki G. Interneurons of the hippocampus. *Hippocampus*. 1998 Dec 7;6(4):347–470.
- 1413.** Friberg-Fernros H. Clashes of consensus: on the problem of both justifying abortion of fetuses with Down syndrome and rejecting infanticide. *Theor Med Bioeth*. 2017;38(3):195–212.
- 1414.** Frings M, Maschke M, Timmann D. Cerebellum and cognition: viewed from philosophy of mind. *Cerebellum*. 2007;6(4):328–34.
- 1415.** Friston K, Buzsáki G. The functional anatomy of time: what and when in the brain. *Trends Cogn Sci*. 2016;20(7):500–11.
- 1416.** Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat Rev Neurosci*. 2010;11(2):127–38.
- 1417.** Frühbeis C, Fröhlich D, Kuo WP, Krämer-Albers EM. Extracellular vesicles as mediators of neuron-glia communication. *Front Cell Neurosci*. 2013 Oct 30;7:182.
- 1418.** Fry EJ, Stolp HB, Lane MA, Dziegielewska KM, Saunders NR. Regeneration of supraspinal axons after complete transection of the thoracic spinal cord in neonatal opossums (*Monodelphis domestica*). *J Comp Neurol*. 2003;466(3):422–44.
- 1419.** Fryer G, Morris T, Gibbons P. Paraspinal muscles and intervertebral dysfunction: Part one. *J Manipulative Physiol Ther*. 2004;27(4):267–74.
- 1420.** Fryer G, Morris T, Gibbons P. Paraspinal muscles and intervertebral dysfunction: Part two. *J Manipulative Physiol Ther*. 2004;27(5):348–57.
- 1421.** Fu YH, Paxinos G, Watson C, Halliday GM. The substantia nigra and ventral tegmental dopaminergic neurons from development to degeneration. *J Chem Neuroanat*. 2016;76(2015):98–107.
- 1422.** Fuchs EC, Neitz A, Pinna R, Melzer S, Caputi A, Monyer H. Local and distant input controlling excitation in layer II of the medial entorhinal cortex. *Neuron*. 2016 Jan;89(1):194–208.
- 1423.** Fudge JL, Haber SN. Defining the caudal ventral striatum in primates: cellular and histochemical features. *J Neurosci*. 2002 Dec 1;22(23):10078–82.

1424. Fuentemilla L, Penny WD, Cashdollar N, Bunzeck N, Düzel E. Theta-coupled periodic replay in working memory. *Curr Biol*. 2010;20(7):606–12.
1425. Fuhrmann F, Justus D, Sosulina L, Kaneko H, Beutel T, Friedrichs D, Schoch S, Schwarz MK, Fuhrmann M, Remy S. Locomotion, theta oscillations, and the speed-correlated firing of hippocampal neurons are controlled by a medial septal glutamatergic circuit. *Neuron*. 2015 Jun 3;86(5):1253–64.
1426. Fujimaru Y, Kosaka T. The distribution of two calcium binding proteins, calbindin D-28K and parvalbumin, in the entorhinal cortex of the adult mouse. *Neurosci Res*. 1996 Mar;24(4):329–43.
1427. Fujimura T, Okanoya K. Heart rate variability predicts emotional flexibility in response to positive stimuli. *Psychology*. 2012;03(08):578–82.
1428. Fujita M. Adaptive filter model of the cerebellum. *Biol Cybern*. 1982 Oct 15;45(3):195–206.
1429. Fukuda K, Kanazawa H, Aizawa Y, Ardell JL, Shivkumar K. Cardiac innervation and sudden cardiac death. *Circ Res*. 2015;116(12):2005–19.
1430. Fukuda M, Oyama Y, Nishitarumizu A, Omura M, Nose K, Deshimaru M. Identification of an RNA element for specific coordination of A-to-I RNA editing on HTR2C pre-mRNA. *Genes Cells*. 2015 Oct;20(10):834–46.
1431. Fukushima H, Terasawa Y, Umeda S. Association between interoception and empathy: evidence from heartbeat-evoked brain potential. *Int J Psychophysiol*. 2011;79(2):259–65.
1432. Fuller P, Sherman D, Pedersen NP, Saper CB, Lu J. Reassessment of the structural basis of the ascending arousal system. *J Comp Neurol*. 2011;519(5):933–56.
1433. Fuller PM, Saper CB, Lu J. The pontine REM switch: past and present. *J Physiol*. 2007;584(3):735–41.
1434. Fulwiler CE, Saper CB. Subnuclear organization of the efferent connections of the parabrachial nucleus in the rat. *Brain Res Rev*. 1984;7(3):229–59.
1435. Fumagalli M, Priori A. Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*. 2012;135(7):2006–21.
1436. Fung SJ, Xi M, Zhang J, Torterolo P, Sampogna S, Morales FR, Chase MH. Projection neurons from the central nucleus of the amygdala to the nucleus pontis oralis. *J Neurosci Res*. 2011 Mar;89(3):429–36.
1437. Funk GD, Rajani V, Alvares TS, Revill AL, Zhang Y, Chu NY, Biancardi V, Linhares-Taxini C, Katzell A, Reklow R. Neuroglia and their roles in central respiratory control; an overview. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2015 Aug;186:83–95.
1438. Furusawa K, Tokuhira A, Sugiyama H, Ikeda A, Tajima F, Genda E, Uchida R, Tominaga T, Tanaka H, Magara A, Sumida M. Incidence of symptomatic autonomic dysreflexia varies according to the bowel and bladder management techniques in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2011 Jan;49(1):49–54.
1439. Fuxe K, Borroto-Escuela DO, Romero-Fernandez W, Diaz-Cabiale Z, Rivera A, Ferraro L, Tanganelli S, Tarakanov AO, Garriga P, Narváez JA, Ciruela F, Guescini M, Agnati LF. Extrasynaptic neurotransmission in the modulation of brain function. Focus on the striatal neuronal-glia networks. *Front Physiol*. 2012 Jun 4;3:136.
1440. Fyhn M, Hafting T, Treves A, Moser M-B, Moser EI. Hippocampal remapping and grid realignment in entorhinal cortex. *Nature*. 2007 Mar 25;446(7132):190–4.
1441. Fyhn M, Molden S, Witter MP, Moser EI, Moser MB. Spatial representation in the entorhinal cortex. *Science*. 2004 Aug 27;305(5688):1258–64.
1442. Gaál B, Kecskes S, Matesz Z, Birinyi A, Hunyadi A, Rácz É. Molecular composition and expression pattern of the extracellular matrix in a mossy fiber-generating precerebellar nucleus of rat, the prepositus hypoglossi. *Neurosci Lett*. 2015;594:122–6.
1443. Gabbott PL. Radial organisation of neurons and dendrites in human cortical areas 25, 32, and 32'. *Brain Res*. 2003 Dec 5;992(2):298–304.
1444. Gackière F, Vinay L. Serotonergic modulation of post-synaptic inhibition and locomotor alternating pattern in the spinal cord. *Front Neural Circuits*. 2014 Aug 28;8:102.
1445. Gaieski DF, Nathan BR, O'Brien NF. Emergency neurologic life support: meningitis and encephalitis. *Neurocrit Care*. 2015;23:110–8.
1446. Gaita F, Corsinovi L, Anselmino M, Raimondo C, Pianelli M, Toso E, Bergamasco L, Boffano C, Valentini MC, Cesarani F, Scaglione M. Prevalence of silent cerebral ischemia in paroxysmal and persistent atrial fibrillation and correlation with cognitive function. *J Am Coll Cardiol*. 2013 Nov 19;62(21):1990–7.
1447. Gakuba C, Gaberel T, Goursaud S, Bourges J, Di Palma C, Quenault A, Martinez de Lizarrondo S, Vivien D, Gauberti M. General anesthesia inhibits the activity of the “glymphatic system”. *Theranostics*. 2018 Jan 1;8(3):710–22.
1448. Galambos A, Szabó E, Nagy Z, Édes AE, Kocsel N, Juhász G, Kökönyei G. A systematic review of structural and functional MRI studies on pain catastrophizing. *J Pain Res*. 2019 Apr 11;12:1155–78.
1449. Galea I, Bechmann I, Perry VH. What is immune privilege (not)? *Trends Immunol*. 2007;28(1):12–8.
1450. Galhardoni R, Aparecida da Silva V, García-Larrea L, Dale C, Baptista AF, Barbosa LM, Menezes LMB, de Siqueira SRDT, Valério F, Rosi J Jr, de Lima Rodrigues AL, Reis Mendes Fernandes DT, Lorencini Selingardi PM, Marcolin MA, Duran FLS, Ono CR, Lucato LT, Fernandes AMBL, da Silva VEF, Yeng LT, Brunoni AR, Buchpiguel CA, Teixeira MJ, Ciampi de Andrade D. Insular and anterior cingulate cortex deep stimulation for central neuropathic pain: Disassembling the percept of pain. *Neurology*. 2019 Apr 30;92(18):e2165–e2175.
1451. Gallistel CR, Gibbon J, Malapani C, Dale CL. Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Curr Opin Neurobiol*. 1997;7(2):170–84.
1452. Gallopin T, Fort P, Eggermann E, Cauli B, Luppi PH, Rossier J, Audinat E, Mühlenthaler M, Serafin M. Identification of sleep-promoting neurons in vitro. *Nature*. 2000 Apr 27;404(6781):992–5.
1453. Gallopin T, Luppi PH, Cauli B, Urade Y, Rossier J, Hayaishi O, Lambolle B, Fort P. The endogenous somnogen adenosine excites a subset of sleep-promoting neurons via A2A receptors in the ventrolateral preoptic nucleus. *Neuroscience*. 2005;134(4):1377–90.
1454. Gallup AC, Eldakar OT. The thermoregulatory theory of yawning: what we know from over 5 years of research. *Front Neurosci*. 2013 Jan 2;6:188.
1455. Gallup AC, Hack GD. Human paranasal sinuses and selective brain cooling: a ventilation system activated by yawning? *Med Hypotheses*. 2011;77(6):970–3.
1456. Gamaldo CE, Earley CJ. Restless legs syndrome: a clinical update. *Chest*. 2006 Nov;130(5):1596–604.
1457. Gami-Patel P, van Dijken I, van Swieten JC, Pijnenburg YAL; Netherlands Brain Bank, Rozemuller AJM, Dijkstra AA. Von Economo neurons are part of a larger neuronal population that are selectively vulnerable in C9orf72 frontotemporal dementia. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2019 Dec;45(7):671–80.
1458. Ganchrow D, Bernstein JJ. Thoracic dorsal funicular lesions affect the bouton patterns on, and diameters of, layer VB pyramidal cell somata in rat hindlimb cortex. *J Neurosci Res*. 1985;14(1):71–81.
1459. Ganis G, Rosenfeld JP, Meixner J, Kievit RA, Schendan HE. Lying in the scanner: covert countermeasures disrupt deception detection by functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage*. 2011;55(1):312–9.
1460. Ganna A, Verweij KJH, Nivard MG, Maier R, Wedow R, Busch AS, Abdellaoui A, Guo S, Sathirapongsasuti JF; 23andMe Research Team, Lichtenstein P, Lundström S, Längström N, Auton A, Harris KM, Beecham GW, Martin ER, Sanders AR, Perry JRB, Neale BM, Zietsch BP. Large-scale GWAS reveals insights into the genetic architecture of same-sex sexual behavior. *Science*. 2019 Aug 30;365(6456):eaat7693.
1461. Ganong WF, Shepherd MD, Wall JR, Van Brunt EE, Clegg MT. Penetration of light into the brain of mammals. *Endocrinology*. 1963 Jun;72:962–3.
1462. Gantz SC, Ford CP, Morikawa H, Williams JT. The evolving understanding of dopamine neurons in the substantia nigra and ventral tegmental area. *Annu Rev Physiol*. 2018 Feb 10;80:219–41.
1463. Gao L, Ortega-Sáenz P, García-Fernández M, González-Rodríguez P, Caballero-Eraso C, López-Barneo J. Glucose sensing by carotid body glomus cells: potential implications in disease. *Front Physiol*. 2014 Oct 15;5:398.
1464. Gao R, Li X, Xi S, Wang H, Zhang H, Zhu J, Shan L, Song X, Luo X, Yang L, Huang J. Exogenous neuritin promotes nerve regeneration after acute spinal cord injury in rats. *Hum Gene Ther*. 2016 Jul;27(7):544–54.
1465. Gao S, Proekt A, Renier N, Calderon DP, Pfaff DW. Activating an anterior nucleus gigantocellularis subpopulation triggers emergence from pharmacologically-induced coma in rodents. *Nat Commun*. 2019 Jul 1;10(1):2897.
1466. Garcia AJ III, Koschnitzky JE, Dashevskiy T, Ramirez JM. Cardiorespiratory coupling in health and disease. *Auton Neurosci*. 2013 Apr;175(1–2):26–37.
1467. Garcia AJ III, Zanella S, Koch H, Doi A, Ramirez JM. Chapter 3 — networks within networks: the neuronal control of breathing. *Prog Brain Res*. 2011;188:31–50.
1468. García AM, Sedeño L, Herrera Murcia E, Couto B, Ibáñez A. A lesion-proof brain? Multidimensional sensorimotor, cognitive, and socio-affective preservation despite extensive damage in a stroke patient. *Front Aging Neurosci*. 2017 Jan 10;8:335.
1469. Garcia E, Aguilar-Cevallos J, Silva-Garcia R, Ibarra A. Cytokine and growth factor activation in vivo and in vitro after spinal cord injury. *Mediators Inflamm*. 2016;2016:9476020.
1470. Garcia SV, Libourel PA, Lazarus M, Grassi D, Luppi PH, Fort P. Genetic inactivation of glutamate neurons in the rat sublaterodorsal tegmental nucleus recapitulates REM sleep behaviour disorder. *Brain*. 2017;140(2):414–28.
1471. García-Álías G, Fawcett JW. Training and anti-CSPG combination therapy for spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2012;235(1):26–32.
1472. García-Cabezas MÁ, Zikopoulos B, Barbas H. The structural model: a theory linking connections, plasticity, pathology, development and evolution of the cerebral cortex. *Brain Struct Funct*. 2019 Apr 9;224(3):985–1008.

1473. García-Cáceres C, Bolland E, Prevot V, Luquet S, Woods SC, Koch M, Horvath TL, Yi CX, Chowen JA, Verkhatsky A, Araque A, Bechmann I, Tschöp MH. Role of astrocytes, microglia, and tanycytes in brain control of systemic metabolism. *Nat Neurosci*. 2019 Jan;22(1):7–14.
1474. García-Carmona JA, Milanés MV, Laorden ML. Brain stress system response after morphine-conditioned place preference. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2013;16(9):1999–2011.
1475. García-Cordero I, Sedeño L, de la Fuente L, Slachevsky A, Forno G, Klein F, Lillo P, Ferrari J, Rodriguez C, Bustin J, Torralva T, Baez S, Yoris A, Esteves S, Melloni M, Salamone P, Huepe D, Manes F, García AM, Ibañez A. Feeling, learning from and being aware of inner states: interoceptive dimensions in neurodegeneration and stroke. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160006.
1476. García-Falgueras A, Pinos H, Collado P, Pasaro E, Fernandez R, Segovia S, Guillamon A. The expression of brain sexual dimorphism in artificial selection of rat strains. *Brain Res*. 2005 Aug 9;1052(2):130–8.
1477. García-Falgueras A, Pinos H, Fernández R, Collado P, Pasaro E, Segovia S, Guillamon A. Sexual dimorphism in hybrids rats. *Brain Res*. 2006 Dec 6;1123(1):42–50.
1478. García-Falgueras A, Swaab DF. A sex difference in the hypothalamic uncinate nucleus: relationship to gender identity. *Brain*. 2008;131(12):3132–46.
1479. García-Falgueras A, Swaab DF. Sexual hormones and the brain: an essential alliance for sexual identity and sexual orientation. *Endocr Dev*. 2009;17:22–35.
1480. García-Larrea L, Bastuji H. Pain and consciousness. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2018 Dec 20;87(Pt B):193–99.
1481. García-Medina NE, Miranda MI. Nucleus of the solitary tract chemical stimulation induces extracellular norepinephrine release in the lateral and basolateral amygdala. *Brain Stimul*. 2013;6(2):198–201.
1482. Garcia-Polite F, Martorell J, Del Rey-Puech P, Melgar-Lesmes P, O'Brien CC, Roquer J, Ois A, Principe A, Edelman ER, Balcells M. Pulsatility and high shear stress deteriorate barrier phenotype in brain microvascular endothelium. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2017 Jul;37(7):2614–25.
1483. Garcia-Rill E, Homma Y, Skinner RD. Arousal mechanisms related to posture and locomotion: 1. Descending modulation. *Prog Brain Res*. 2004;143:283–90.
1484. Garcia-Rill E, Kezunovic N, Hyde J, Simon C, Beck P, Urbano FJ. Coherence and frequency in the reticular activating system (RAS). *Sleep Med Rev*. 2013;17(3):227–38.
1485. Gardner WJ. The brain's third circulation. *Arch Neurol*. 1977 Mar 1;34(3):200–200.
1486. Garey J, Goodwillie A, Frohlich J, Morgan M, Gustafsson JA, Smithies O, Korach KS, Ogawa S, Pfaff DW. Genetic contributions to generalized arousal of brain and behavior. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003 Sep 16;100(19):11019–22.
1487. Garfield AS, Li C, Madara JC, Shah BP, Webber E, Steger JS, Campbell JN, Gavrilova O, Lee CE, Olson DP, Elmquist JK, Tannous BA, Krashes MJ, Lowell BB. A neural basis for melanocortin-4 receptor-regulated appetite. *Nat Neurosci*. 2015 Jun;18(6):863–71.
1488. Garfield AS, Shah BP, Madara JC, Burke LK, Patterson CM, Flak J, Neve RL, Evans ML, Lowell BB, Myers MG Jr, Heisler LK. A parabrachial-hypothalamic cholecystokinin neurocircuit controls counterregulatory responses to hypoglycemia. *Cell Metab*. 2014 Dec 2;20(6):1030–7.
1489. Garfinkel SN, Critchley HD. Threat and the body: how the heart supports fear processing. *Trends Cogn Sci*. 2016;20(1):34–46.
1490. Garfinkel SN, Manassei MF, Hamilton-Fletcher G, In den Bosch Y, Critchley HD, Engels M. Interoceptive dimensions across cardiac and respiratory axes. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160014.
1491. Garfinkel SN, Minati L, Gray MA, Seth AK, Dolan RJ, Critchley HD. Fear from the heart: sensitivity to fear stimuli depends on individual heartbeats. *J Neurosci*. 2014;34(19):6573–82.
1492. Garfinkel SN, Seth AK, Barrett AB, Suzuki K, Critchley HD. Knowing your own heart: distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biol Psychol*. 2015;104:65–74.
1493. Garimella HT, Kraft RH, Przekwas AJ. Do blast induced skull flexures result in axonal deformation? *PLoS One*. 2018 Mar 16;13(3):e0190881.
1494. Garland EL, Hanley AW, Goldin PR, Gross JJ. Testing the mindfulness-to-meaning theory: Evidence for mindful positive emotion regulation from a reanalysis of longitudinal data. *PLoS One*. 2017 Dec 6;12(12):e0187727.
1495. Garrard P, Martin NH, Giunti P, Cipolotti L. Cognitive and social cognitive functioning in spinocerebellar ataxia: a preliminary characterization. *J Neurol*. 2008;255(3):398–405.
1496. Gartlon JE, Ashmeade T, Duxon M, Hagan JJ, Jones DNC. Urotensin-II, a neuropeptide ligand for GPR14, induces c-fos in the rat brain. *Eur J Pharmacol*. 2004;493(1–3):95–8.
1497. Gasparini CF, Smith RA, Griffiths LR. Genetic and biochemical changes of the serotonergic system in migraine pathobiology. *J Headache Pain*. 2017 Dec;18(1):20.
1498. Gasparini S, Magee JC. State-dependent dendritic computation in hippocampal CA1 pyramidal neurons. *J Neurosci*. 2006;26(7):2088–100.
1499. Gass JT, Chandler L. The plasticity of extinction: contribution of the prefrontal cortex in treating addiction through inhibitory learning. *Front Psychiatry*. 2013 May 30;4:46.
1500. Gato A, Desmond ME. Why the embryo still matters: CSF and the neuroepithelium as interdependent regulators of embryonic brain growth, morphogenesis and histogenesis. *Dev Biol*. 2009;327(2):263–72.
1501. Gato A, Moro JA, Alonso MI, Bueno D, De La Mano A, Martín C. Embryonic cerebrospinal fluid regulates neuroepithelial survival, proliferation, and neurogenesis in chick embryos. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2005 May;284(1):475–84.
1502. Gatome CW, Slomińska L, Lipp HP, Amrein I. Number estimates of neuronal phenotypes in layer II of the medial entorhinal cortex of rat and mouse. *Neuroscience*. 2010 Sep;170(1):156–65.
1503. Gatome CW, Slomińska L, Mwangi DK, Lipp H-P, Amrein I. The entorhinal cortex of the Megachiroptera: a comparative study of Wahlberg's epauletted fruit bat and the straw-coloured fruit bat. *Brain Struct Funct*. 2010 May 4;214(4):375–93.
1504. Gatto G, Goulding M. Locomotion control: brainstem circuits satisfy the need for speed. *Curr Biol*. 2018 Mar 19;28(6):R256–R259.
1505. Gau R, Sévoz-Couche C, Laguzzi R, Hamon M, Bernard JF. Inhibition of cardiac baroreflex by noxious thermal stimuli: A key role for lateral paragigantocellular serotonergic cells. *Pain*. 2009;146(3):315–24.
1506. Gaudet AD, Fonken LG, Ayala MT, Bateman EM, Schleicher WE, Smith EJ, D'Angelo HM, Maier SF, Watkins LR. Spinal cord injury in rats disrupts the circadian system. *eNeuro*. 2018 Dec 21;5(6):ENEURO.0328-18.2018.
1507. Gausas RE, Daly T, Fogt F. D2-40 expression demonstrates lymphatic vessel characteristics in the dural portion of the optic nerve sheath. *Ophthalm Plast Reconstr Surg*. 2007;23(1):32–6.
1508. Gausas RE, Gonnering RS, Lemke BN, Dortzbach RK, Sherman DD. Identification of human orbital lymphatics. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 1999 Jul;15(4):252–9.
1509. Gautam J, Yao Y. Roles of pericytes in stroke pathogenesis. *Cell Transplant*. 2018;27(12):1798–808.
1510. Ge S, Liu H, Lin P, Gao J, Xiao C, Li Z. Neural basis of action observation and understanding from first- and third-person perspectives: an fMRI study. *Front Behav Neurosci*. 2018 Nov 22;12:283.
1511. Gebara E, Bonaguidi MA, Beckervordersandforth R, Sultan S, Udry F, Gijis PJ, Lie DC, Ming GL, Song H, Toni N. Heterogeneity of radial glia-like cells in the adult hippocampus. *Stem Cells*. 2016 Apr;34(4):997–1010.
1512. Geerling JC, Loewy AD. Aldosterone-sensitive neurons in the nucleus of the solitary tract: Efferent projections. *J Comp Neurol*. 2006 Jul 10;497(2):223–50.
1513. Geerling JC, Yokota S, Rukhadze I, Roe D, Chamberlin NL. Kölliker–Fusé GABAergic and glutamatergic neurons project to distinct targets. *J Comp Neurol*. 2017 Jun 1;525(8):1844–60.
1514. Gefen T, Papastefan ST, Rezvanian A, Bigio EH, Weintraub S, Rogalski E, Mesulam MM, Geula C. Von Economo neurons of the anterior cingulate across the lifespan and in Alzheimer's disease. *Cortex*. 2018 Feb;99:69–77.
1515. Gefen T, Peterson M, Papastefan ST, Martersteck A, Whitney K, Rademaker A, Bigio EH, Weintraub S, Rogalski E, Mesulam MM, Geula C. Morphometric and histologic substrates of cingulate integrity in elders with exceptional memory capacity. *J Neurosci*. 2015 Jan 28;35(4):1781–91.
1516. Geisler S, Trimble M. The lateral habenula: no longer neglected. *CNS Spectr*. 2008;13(6):484–9.
1517. Gelderd JB, Chopin SF. The vertebral level of origin of spinal nerves in the rat. *Anat Rec*. 1977 May;188(1):45–7.
1518. Geng A, Qiu R, Murai K, Liu J, Wu X, Zhang H, Farhoodi H, Duong N, Jiang M, Yee JK, Tsark W, Lu Q. KIF20A/MKLP2 regulates the division modes of neural progenitor cells during cortical development. *Nat Commun*. 2018 Jul 13;9(1):2707.
1519. Geng J, Zhao Q, Zhang T, Xiao B. In touch with the mechanosensitive Piezo channels: structure, ion permeation, and mechanotransduction. *Curr Top Membr*. 2017;79:159–95.
1520. Gengatharan A, Bammann RR, Saghatelian A. The role of astrocytes in the generation, migration, and integration of new neurons in the adult olfactory bulb. *Front Neurosci*. 2016 Apr 5;10:149.
1521. Gent TC, Bassetti C LA, Adamantidis AR. Sleep-wake control and the thalamus. *Curr Opin Neurobiol*. 2018;52:188–97.

1522. Gentsch A, Sel A, Marshall AC, Schütz-Bosbach S. Affective interoceptive inference: evidence from heart-beat evoked brain potentials. *Hum Brain Mapp.* 2019;40(1):20–33.
1523. George MS, Sackeim HA, Rush AJ, Marangell LB, Nahas Z, Husain MM, Lisanby S, Burt T, Goldman J, Ballenger JC. Vagus nerve stimulation: a new tool for brain research and therapy. *Biol Psychiatry.* 2000 Feb 15;47(4):287–95.
1524. Geranmayeh MH, Rahbarghazi R, Farhoudi M. Targeting pericytes for neurovascular regeneration. *Cell Commun Signal.* 2019 Mar 20;17(1):26.
1525. Gerashchenko D, Wisor JP, Burns D, Reh RK, Shiromani PJ, Sakurai T, de la Iglesia HO, Kilduff TS. Identification of a population of sleep-active cerebral cortex neurons. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2008 Jul 22;105(29):10227–32.
1526. Gerfen CR. The neostriatal mosaic: multiple levels of compartmental organization. *J Neural Transm Suppl.* 1992;(36):43–59.
1527. Gergianaki I, Kampouraki M, Williams S, Tsiigianni I. Assessing spirituality: is there a beneficial role in the management of COPD? *NPJ Prim Care Respir Med.* 2019 May 28;29(1):23.
1528. Gericota B, Anderson JS, Mitchell G, Borjesson DL, Sturges BK, Nolta JA, Sieber-Blum M. Canine epidermal neural crest stem cells: characterization and potential as therapy candidate for a large animal model of spinal cord injury. *Stem Cells Transl Med.* 2014 Mar;3(3):334–45.
1529. Gerritsen RJS, Band GPH. Breath of life: the respiratory vagal stimulation model of contemplative activity. *Front Hum Neurosci.* 2018 Oct 9;12:397.
1530. Gervasoni D, Darracq L, Fort P, Soulière F, Chouvet G, Luppi PH. Electrophysiological evidence that noradrenergic neurons of the rat locus coeruleus are tonically inhibited by GABA during sleep. *Eur J Neurosci.* 1998;10(3):964–70.
1531. Gervasoni D, Peyron C, Rampon C, Barbagli B, Chouvet G, Urbain N, Fort P, Luppi PH. Role and origin of the GABAergic innervation of dorsal raphe serotonergic neurons. *J Neurosci.* 2000 Jun 1;20(11):4217–25.
1532. Geuter S, Koban L, Wager TD. The cognitive neuroscience of placebo effects: concepts, predictions, and physiology. *Annu Rev Neurosci.* 2017 Jul 25;40:167–88.
1533. Geyh S, Ballert C, Sinnott A, Charlifue S, Catz A, D'Andrea Greve JM, Post MW. Quality of life after spinal cord injury: a comparison across six countries. *Spinal Cord.* 2013 Apr;51(4):322–6.
1534. Gezelius H, López-Bendito G. Thalamic neuronal specification and early circuit formation. *Dev Neurobiol.* 2017 Jul;77(7):830–43.
1535. Ghaffari F, Naseri M, Movahhed M, Zargaran A. Spinal traumas and their treatments according to Avicenna's Canon of medicine. *World Neurosurg.* 2015;84(1):173–7.
1536. Ghamkhar L, Kahlaee AH. Trunk muscles activation pattern during walking in subjects with and without chronic low back pain: a systematic review. *PM R.* 2015;7(5):519–26.
1537. Ghanavati E, Nejati V, Salehinejad MA. Transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex (PPC) enhances figural fluency: implications for creative cognition. *J Cogn Enhanc.* 2018;2(1):88–96.
1538. Ghaziri J, Tucholka A, Girard G, Boucher O, Houde JC, Descoteaux M, Obaid S, Gilbert G, Rouleau I, Nguyen DK. Subcortical structural connectivity of insular sub-regions. *Sci Rep.* 2018 Jun 5;8(1):8596.
1539. Ghaziri J, Tucholka A, Girard G, Houde JC, Boucher O, Gilbert G, Descoteaux M, Lippé S, Rainville P, Nguyen DK. The corticocortical structural connectivity of the human insula. *Cereb Cortex.* 2017 Feb 1;27(2):1216–28.
1540. Gherghiceanu M, Popescu LM. Cardiomyocyte precursors and telocytes in epicardial stem cell niche: electron microscope images. *J Cell Mol Med.* 2010;14(4):871–7.
1541. Ghosh A, Haiss F, Sydekum E, Schneider R, Gullo M, Wyss MT, Mueggler T, Baltes C, Rudin M, Weber B, Schwab ME. Rewiring of hindlimb corticospinal neurons after spinal cord injury. *Nat Neurosci.* 2010 Jan;13(1):97–104.
1542. Ghosh S, Hui SP. Axonal regeneration in zebrafish spinal cord. *Regeneration.* 2018 Mar;5(1):43–60.
1543. Ghysdael J, Neil JC, Vogt PK. A third class of avian sarcoma viruses, defined by related transformation-specific proteins of Yamaguchi 73 and Esh sarcoma viruses. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1981;78(4):2611–5.
1544. Giannakopoulos P, Hof PR, Michel J-P, Guimon J, Bouras C. Cerebral cortex pathology in aging and Alzheimer's disease: a quantitative survey of large hospital-based geriatric and psychiatric cohorts. *Brain Res Rev.* 1997 Oct;25(2):217–45.
1545. Gibbon J, Malapani C, Dale CL, Gallistel C. Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Curr Opin Neurobiol.* 1997 Apr;7(2):170–84.
1546. Gibbon J. Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychol Rev.* 1977;84(3):279–325.
1547. Gibbon J. Ubiquity of scalar timing note with a Poisson clock. *J Math Psychol.* 1992;36(2):283–93.
1548. Gierer A. Brain, mind and limitations of a scientific theory of human consciousness. *BioEssays.* 2008 May;30(5):499–505.
1549. Giger RJ, Hollis ER 2nd, Tuszynski MH. Guidance molecules in axon regeneration. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2010 Jul;2(7):a001867.
1550. Gilerovich EG, Moshonkina TR, Fedorova EA, Shishko TT, Pavlova NV, Gerasimenko YP, Otellin VA. Morphofunctional characteristics of the lumbar enlargement of the spinal cord in rats. *Neurosci Behav Physiol.* 2008 Oct;38(8):855–60.
1551. Gill LC, Gransee HM, Sieck GC, Mantilla CB. Functional recovery after cervical spinal cord injury: role of neurotrophin and glutamatergic signaling in phrenic motoneurons. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;226:128–36.
1552. Gimsa U, Mitchison NA, Brunner-Weinzierl MC. Immune privilege as an intrinsic CNS property: astrocytes protect the CNS against T-cell-mediated neuroinflammation. *Mediators Inflamm.* 2013;2013:320519.
1553. Giocomo LM, Hussaini SA, Zheng F, Kandel ER, Moser MB, Moser EI. Grid cells use HCN1 channels for spatial scaling. *Cell.* 2011;147(5):1159–70.
1554. Giocomo LM, Stensola T, Bonnevie T, Van Cauter T, Moser M-B, Moser EI. Topography of head direction cells in medial entorhinal cortex. *Curr Biol.* 2014 Feb;24(3):252–62.
1555. Gioia M, Rodella L, Petruccioli MG, Bianchi R. The cytoarchitecture of the adult human parabrachial nucleus: a Nissl and Golgi study. *Arch Histol Cytol.* 2000;63(5):411–24.
1556. Giordano F, Zicca A, Barba C, Guerrini R, Genitori L. Vagus nerve stimulation: surgical technique of implantation and revision and related morbidity. *Epilepsia.* 2017;58:85–90.
1557. Girardeau G, Benchenane K, Wiener SI, Buzsáki G, Zugaro MB. Selective suppression of hippocampal ripples impairs spatial memory. *Nat Neurosci.* 2009;12(10):1222–3.
1558. Girgis J, Merrett D, Kirkland S, Metz GAS, Verge V, Fouad K. Reaching training in rats with spinal cord injury promotes plasticity and task specific recovery. *Brain.* 2007;130(11):2993–3003.
1559. Girol dini W, Pederzoli L, Bilucaglia M, Caini P, Ferrini A, Melloni S, Prati E, Tressoldi P. EEG correlates of social interaction at distance. *F1000Res.* 2015 Aug 3;4:457.
1560. Giubilini A, Minerva F. After-birth abortion: why should the baby live? *J Med Ethics.* 2013;39(5):261–3.
1561. Giuliano A, Donatelli G, Cosottini M, Tosetti M, Retico A, Fantacci ME. Hippocampal subfields at ultra high field MRI: an overview of segmentation and measurement methods. *Hippocampus.* 2017;27(5):481–94.
1562. Giusti C, Ghrist R, Bassett DS. Two's company, three (or more) is a simplex: algebraic-topological tools for understanding higher-order structure in neural data. *J Comput Neurosci.* 2016 Aug;41(1):1–14.
1563. Giza C, Greco T, Prins ML. Concussion: pathophysiology and clinical translation. *Handb Clin Neurol.* 2018;158:51–61.
1564. Giza CC, Hovda DA. The new neurometabolic cascade of concussion. *Neurosurgery.* 2014 Oct;75 Suppl 4(0 4):S24–33.
1565. Gizowski C, Bourque CW. The neural basis of homeostatic and anticipatory thirst. *Nat Rev Nephrol.* 2017;14(1):11–25.
1566. Glasser MF, Coalson TS, Robinson EC, Hacker CD, Harwell J, Yacoub E, Ugurbil K, Andersson J, Beckmann CF, Jenkinson M, Smith SM, Van Essen DC. A multi-modal parcellation of human cerebral cortex. *Nature.* 2016 Aug 11;536(7615):171–8.
1567. Gloe T, Sohn HY, Meiningner GA, Pohl U. Shear stress-induced release of basic fibroblast growth factor from endothelial cells is mediated by matrix interaction via integrin alpha(v)beta3. *J Biol Chem.* 2002 Jun 28;277(26):23453–8.
1568. Gnecci M, Danielli P, Malpasso G, Ciuffreda MC. Paracrine mechanisms of mesenchymal stem cells in tissue repair. *Methods Mol Biol.* 2016;1416:123–46.
1569. Gnudi L, Benedetti S, Woolf AS, Long DA. Vascular growth factors play critical roles in kidney glomeruli. *Clin Sci.* 2015;129(12):1225–36.
1570. Goadsby PJ, Holland PR, Martins-Oliveira M, Hoffmann J, Schankin C, Akerman S. Pathophysiology of migraine: a disorder of sensory processing. *Physiol Rev.* 2017;97(2):553–622.
1571. Gobbo M, Maffiuletti NA, Orizio C, Minetto MA. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. *J Neuroeng Rehabil.* 2014 Feb 25;11:17.

1572. Gobron S, Creveaux I, Meiniel R, Didier R, Dastugue B, Meiniel A. SCO-spondin is evolutionarily conserved in the central nervous system of the chordate phylum. *Neuroscience*. 1999;88(2):655–64.
1573. Goel V, Eimontaite I, Goel A, Schindler I. Differential modulation of performance in insight and divergent thinking tasks with tDCS. *J Probl Solving*. 2015;8(1):23–35.
1574. Goff P. A priori physicalism, lonely ghosts and cartesian doubt. *Conscious Cogn*. 2012;21(2):742–6.
1575. Gogolla N. The insular cortex. *Curr Biol*. 2017 Jun 19;27(12):R580–R586.
1576. Gómez DG, DiBenedetto AT, Pavese AM, Firpo A, Hershan DB, Potts DG. Development of arachnoid villi and granulations in man. *Acta Anat (Basel)*. 1981;111(3):247–58.
1577. Gomez DG, Fenstermacher JD, Manzo RP, Johnson D, Pcyits DG. Cerebrospinal fluid absorption in the rabbit: olfactory pathways. *Acta Otolaryngol*. 1985;100(5–6):429–36.
1578. Gómez-Isla T, Price JL, McKeel DW Jr, Morris JC, Growdon JH, Hyman BT. Profound loss of layer II entorhinal cortex neurons occurs in very mild Alzheimer's disease. *J Neurosci*. 1996 Jul 15;16(14):4491–500.
1579. Gómez-Pinilla F, Dao L, So V. Physical exercise induces FGF-2 and its mRNA in the hippocampus. *Brain Res*. 1997;764(1–2):1–8.
1580. Gómez-Pinilla F, Huie JR, Ying Z, Ferguson AR, Crown ED, Baumbauer KM, Edgerton VR, Grau JW. BDNF and learning: evidence that instrumental training promotes learning within the spinal cord by up-regulating BDNF expression. *Neuroscience*. 2007 Sep 21;148(4):893–906.
1581. Gómez-Soriano J, Goiriena E, Taylor J. Spasticity therapy reacts to astrocyte GluA1 receptor upregulation following spinal cord injury. *Br J Pharmacol*. 2010;161(5):972–5.
1582. Gomila A, Christensen JF. On the moral import of the arts: the case of music. *Prog Brain Res*. 2018;237:471–84.
1583. Gonçalves JPB, Lucchetti G, Menezes PR, Vallada H. Complementary religious and spiritual interventions in physical health and quality of life: a systematic review of randomized controlled clinical trials. *PLoS One*. 2017 Oct 19;12(10):e0186539.
1584. Gonçalves JPB, Lucchetti G, Menezes PR, Vallada H. Religious and spiritual interventions in mental health care: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Psychol Med*. 2015;45(14):2937–49.
1585. Gonen-Yaacovi G, de Souza LC, Levy R, Urbanski M, Josse G, Volle E. Rostral and caudal prefrontal contribution to creativity: a meta-analysis of functional imaging data. *Front Hum Neurosci*. 2013 Aug 14;7:465.
1586. Gong G, He Y, Evans AC. Brain connectivity: gender makes a difference. *Neuroscientist*. 2011;17(5):575–91.
1587. Gong JP, Onaivi ES, Ishiguro H, Liu QR, Tagliaferro PA, Brusco A, Uhl GR. Cannabinoid CB2 receptors: immunohistochemical localization in rat brain. *Brain Res*. 2006 Feb 3;1071(1):10–23.
1588. Gonzales RB, Galvan CJDL, Rangel YM, Claiborne BJ. Distribution of thorny excrescences on CA3 pyramidal neurons in the rat hippocampus. *J Comp Neurol*. 2001;430(3):357–68.
1589. González-Acosta CA, Escobar MI, Casanova MF, Pimienta HJ, Buriticá E. Von Economo neurons in the human medial frontopolar cortex. *Front Neuroanat*. 2018 Aug 6;12:64.
1590. Gonzenbach RR, Gasser P, Zörner B, Hochreutener E, Dietz V, Schwab ME. Nogo-A antibodies and training reduce muscle spasms in spinal cord-injured rats. *Ann Neurol*. 2010;68(1):48–57.
1591. Gooch CM, Wiener M, Wencil EB, Coslett HB. Interval timing disruptions in subjects with cerebellar lesions. *Neuropsychologia*. 2010 Mar;48(4):1022–31.
1592. Goodchild AK, Moon EA. Maps of cardiovascular and respiratory regions of rat ventral medulla: focus on the caudal medulla. *J Chem Neuroanat*. 2009;38(3):209–21.
1593. Goode TD, Maren S. Role of the bed nucleus of the stria terminalis in aversive learning and memory. *Learn Mem*. 2017;24(9):480–91.
1594. Goodman JR, Adham ZO, Woltjer RL, Lund AW, Iliff JJ. Characterization of dural sinus-associated lymphatic vasculature in human Alzheimer's dementia subjects. *Brain Behav Immun*. 2018;73:34–40.
1595. Goodman T, Hajihosseini MK. Hypothalamic tanycytes—masters and servants of metabolic, neuroendocrine, and neurogenic functions. *Front Neurosci*. 2015 Oct 29;9:387.
1596. Goodridge JP, Dudchenko PA, Worboys KA, Golob EJ, Taube JS. Cue control and head direction cells. *Behav Neurosci*. 1998;112(4):749–61.
1597. GoodSmith D, Chen X, Wang C, Kim SH, Song H, Burgalossi A, Christian KM, Knierim JJ. Spatial representations of granule cells and mossy cells of the dentate gyrus. *Neuron*. 2017 Feb 8;93(3):677–690.e5.
1598. Goodson JL, Kingsbury MA. What's in a name? Considerations of homologies and nomenclature for vertebrate social behavior networks. *Horm Behav*. 2013 Jun;64(1):103–12.
1599. Gopalakrishnan S, Hor P, Ichida JK. New approaches for direct conversion of patient fibroblasts into neural cells. *Brain Res*. 2017;1656:2–13.
1600. Gorassini MA, Knash ME, Harvey PJ, Bennett DJ, Yang JF. Role of motoneurons in the generation of muscle spasms after spinal cord injury. *Brain*. 2004;127(10):2247–58.
1601. Gorassini MA, Norton JA, Nevett-Duchcherer J, Roy FD, Yang JF. Changes in locomotor muscle activity after treadmill training in subjects with incomplete spinal cord injury. *J Neurophysiol*. 2009;101(2):969–79.
1602. Gorban AN, Makarov VA, Tyukin IY. The unreasonable effectiveness of small neural ensembles in high-dimensional brain. *Phys Life Rev*. 2019 Jul;29:55–88.
1603. Gordon I, Voos AC, Bennett RH, Bolling DZ, Pelphrey KA, Kaiser MD. Brain mechanisms for processing affective touch. *Hum Brain Mapp*. 2013;34(4):914–22.
1604. Goriely A, Geers MG, Holzapfel GA, Jayamohan J, Jérusalem A, Sivaloganathan S, Squier W, van Dommelen JA, Waters S, Kuhl E. Mechanics of the brain: perspectives, challenges, and opportunities. *Biomech Model Mechanobiol*. 2015 Oct;14(5):931–65.
1605. Gorzkiewicz A, Szmraj J. Brain endocannabinoid signaling exhibits remarkable complexity. *Brain Res Bull*. 2018 Sep;142:33–46.
1606. Goshgarian HG, Koistinen JM, Schmidt ER. Cell death and changes in the retrograde transport of horseradish peroxidase in rubrospinal neurons following spinal cord hemisection in the adult rat. *J Comp Neurol*. 1983;214(3):251–7.
1607. Gosselt AN, Slooter AJ, Boere PR, Zaal JJ. Risk factors for delirium after on-pump cardiac surgery: a systematic review. *Crit Care*. 2015 Sep 23;19(1):346.
1608. Gosseries O, Thibaut A, Boly M, Rosanova M, Massimini M, Laureys S. Assessing consciousness in coma and related states using transcranial magnetic stimulation combined with electroencephalography. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014;33(2):65–71.
1609. Goswami R, Frances MF, Steinback CD, Kevin Shoemaker J. Forebrain organization representing baroreceptor gating of somatosensory afferents within the cortical autonomic network. *J Neurophysiol*. 2012;108(2):453–66.
1610. Goto M, Swanson LW, Canteras NS. Connections of the nucleus incertus. *J Comp Neurol*. 2001;438(1):86–122.
1611. Gould E, Woolf NJ, Butcher LL. Cholinergic projections to the substantia nigra from the pedunculopontine and laterodorsal tegmental nuclei. *Neuroscience*. 1989;28(3):611–23.
1612. Goulding M. Circuits controlling vertebrate locomotion: moving in a new direction. *Nat Rev Neurosci*. 2009 Jul;10(7):507–18.
1613. Goult BT. The Mechanical Basis of Memory – the MeshCODE Theory. *Front Mol Neurosci*. 2021 Feb 25;14:592951
1614. Gourevitch B, Mellen N. The preBötzing complex as a hub for network activity along the ventral respiratory column in the neonate rat. *Neuroimage*. 2014;98:460–74.
1615. Goutagny R, Jackson J, Williams S. Self-generated theta oscillations in the hippocampus. *Nat Neurosci*. 2009;12(12):1491–3.
1616. Goutagny R, Luppi PH, Salvetti D, Lapray D, Gervasoni D, Fort P. Role of the dorsal paragigantocellular reticular nucleus in paradoxical (rapid eye movement) sleep generation: a combined electrophysiological and anatomical study in the rat. *Neuroscience*. 2008;152(3):849–57.
1617. Gouvêa TS, Monteiro T, Motiwala A, Soares S, Machens C, Paton JJ. Striatal dynamics explain duration judgments. *Elife*. 2015 Dec 7;4:e11386.
1618. Gowda CR, Lundt LP. Mechanism of action of narcolepsy medications. *CNS Spectr*. 2014 Dec;19 Suppl 1:25–33; quiz 25–7, 34.
1619. Goyal A, Miller J, Qasim SE, Watrous AJ, Zhang H, Stein JM, Inman CS, Gross RE, Willie JT, Lega B, Lin JJ, Sharan A, Wu C, Sperling MR, Sheth SA, McKhann GM, Smith EH, Schevon C, Jacobs J. Functionally distinct high and low theta oscillations in the human hippocampus. *Nat Commun*. 2020 May 18;11(1):2469.
1620. Gozal EA, O'Neill BE, Sawchuk MA, Zhu H, Halder M, Chou CC, Hochman S. Anatomical and functional evidence for trace amines as unique modulators of locomotor function in the mammalian spinal cord. *Front Neural Circuits*. 2014 Nov 7;8:134.
1621. Grabauskaitė A, Baranauskas M, Griškova-Bulanova I. Interception and gender: what aspects should we pay attention to? *Conscious Cogn*. 2017;48:129–37.
1622. Grabenhorst F, Rolls ET. Value, pleasure and choice in the ventral prefrontal cortex. *Trends Cogn Sci*. 2011;15(2):56–67.
1623. Grace KP, Horner RL. Evaluating the evidence surrounding pontine cholinergic involvement in REM sleep generation. *Front Neurol*. 2015 Sep 1;6:190.

1624. Grace KP, Liu H, Horner RL. 5-HT<sub>1A</sub> receptor-responsive pedunculo-pontine tegmental neurons suppress REM sleep and respiratory motor activity. *J Neurosci*. 2012 Feb 1;32(5):1622–33.
1625. Grace KP, Vanstone LE, Horner RL. Endogenous cholinergic input to the pontine REM sleep generator is not required for REM sleep to occur. *J Neurosci*. 2014;34(43):14198–209.
1626. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle and Nerve*. 2005;31(5):535–51.
1627. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle and Nerve*. 2005;31(5):552–71.
1628. Graco M, Berlowitz DJ, Green SE. Understanding the clinical management of obstructive sleep apnoea in tetraplegia: a qualitative study using the theoretical domains framework. *BMC Health Serv Res*. 2019 Jun 21;19(1):405.
1629. Graham BA, Brichta AM, Schofield PR, Callister RJ. Altered potassium channel function in the superficial dorsal horn of the spastic mouse. *J Physiol*. 2007;584(1):121–36.
1630. Graham BA, Schofield PR, Sah P, Callister RJ. Altered inhibitory synaptic transmission in superficial dorsal horn neurones in spastic and oscillator mice. *J Physiol*. 2003;551(3):905–16.
1631. Graham EJ, Vermeulen M, Vardarajan B, Bennett D, De Jager P, Pearce RV 2nd, Young-Pearse TL, Mostafavi S. Somatic mosaicism of sex chromosomes in the blood and brain. *Brain Res*. 2019 Oct 15;1721:146345.
1632. Grahn JA, Brett M. Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*. 2009;45(1):54–61.
1633. Grandel H, Brand M. Comparative aspects of adult neural stem cell activity in vertebrates. *Dev Genes Evol*. 2013;223(1–2):131–47.
1634. Grandjean J, Zerbi V, Balsters JH, Wenderoth N, Rudin M. Structural basis of large-scale functional connectivity in the mouse. *J Neurosci*. 2017;37(34):8092–101.
1635. Granger AJ, Mulder N, Saunders A, Sabatini BL. Cotransmission of acetylcholine and GABA. *Neuropharmacology*. 2016;100:40–6.
1636. Grant G. Gustaf Retzius (1842–1919). *J Neurol*. 2011 Apr;258(4):706–7.
1637. Grant G. Gustaf Retzius and Camillo Golgi. *J Hist Neurosci*. 1999 Aug;8(2):151–63.
1638. Grant SGN. Synapse diversity and synaptome architecture in human genetic disorders. *Hum Mol Genet*. 2019 Nov 21;28(R2):R219–R225.
1639. Grateron L, Cebada-Sanchez S, Marcos P, Mohedano-Moriano A, Insausti AM, Muñoz M, Arroyo-Jimenez MM, Martinez-Marcos A, Artacho-Perula E, Blaizot X, Insausti R. Postnatal development of calcium-binding proteins immunoreactivity (parvalbumin, calbindin, calretinin) in the human entorhinal cortex. *J Chem Neuroanat*. 2003 Dec;26(4):311–6.
1640. Grath S, Parsch J. Sex-biased gene expression. *Annu Rev Genet*. 2016 Nov 23;50:29–44.
1641. Gratia JP. Genetic recombinational events in prokaryotes and their viruses: insight into the study of evolution and biodiversity. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2017 Dec;110(12):1493–514.
1642. Grau JW, Huang YJ, Turtle JD, Strain MM, Miranda RC, Garraway SM, Hook MA. When pain hurts: nociceptive stimulation induces a state of maladaptive plasticity and impairs recovery after spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2017 May 15;34(10):1873–90.
1643. Grauers A, Einarsdottir E, Gerdhem P. Genetics and pathogenesis of idiopathic scoliosis. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016 Nov 28;11:45.
1644. Graumann U, Ritz M-F, Gutierrez Rivero B, Hausmann O. CD133 expressing pericytes and relationship to SDF-1 and CXCR4 in spinal cord injury. *Curr Neurovasc Res*. 2010;7(2):144–54.
1645. Graveland GA, Williams RS, Difiglia M. A Golgi study of the human neostriatum: neurons and afferent fibers. *J Comp Neurol*. 1985;234(3):317–33.
1646. Gray K, Schein C, Cameron CD. How to think about emotion and morality: circles, not arrows. *Curr Opin Psychol*. 2017;17:41–6.
1647. Gray MA, Beacher FD, Minati L, Nagai Y, Kemp AH, Harrison NA, Critchley HD. Emotional appraisal is influenced by cardiac afferent information. *Emotion*. 2012 Feb;12(1):180–91.
1648. Gray MA, Taggart P, Sutton PM, Groves D, Holdright DR, Bradbury D, Brull D, Critchley HD. A cortical potential reflecting cardiac function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2007 Apr 17;104(16):6818–23.
1649. Gray PA. Transcription factors define the neuroanatomical organization of the medullary reticular formation. *Front Neuroanat*. 2013 May 14;7:7.
1650. Graybiel AM. The basal ganglia: learning new tricks and loving it. *Curr Opin Neurobiol*. 2005;15(6):638–44.
1651. Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular adaptation to exercise in humans: role of hemodynamic stimuli. *Physiol Rev*. 2017;97(2):495–528.
1652. Green T, Flash S, Reiss AL. Sex differences in psychiatric disorders: what we can learn from sex chromosome aneuploidies. *Neuropsychopharmacology*. 2019;44(1):9–21.
1653. Greenwood BN, Foley TE, Day HE, Burhans D, Brooks L, Campeau S, Fleshner M. Wheel running alters serotonin (5-HT) transporter, 5-HT<sub>1A</sub>, 5-HT<sub>1B</sub>, and alpha 1b-adrenergic receptor mRNA in the rat raphe nuclei. *Biol Psychiatry*. 2005 Mar 1;57(5):559–68.
1654. Greenwood PM, Blumberg EJ, Scheldrup MR. Hypothesis for cognitive effects of transcranial direct current stimulation: externally- and internally-directed cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. 2018 Mar;86:226–38.
1655. Greer JJ. Control of breathing activity in the fetus and newborn. *Compr Physiol*. 2012;2(3):1873–88.
1656. Griesbauer J, Bössinger S, Wixforth A, Schneider MF. Propagation of 2D pressure pulses in lipid monolayers and its possible implications for biology. *Phys Rev Lett*. 2012 May 11;108(19):198103.
1657. Grilli M. Chronic pain and adult hippocampal neurogenesis: translational implications from preclinical studies. *J Pain Res*. 2017;10:2281–6.
1658. Grillner S, Hellgren J, Ménard A, Saitoh K, Wikström MA. Mechanisms for selection of basic motor programs — roles for the striatum and pallidum. *Trends Neurosci*. 2005;28(7):364–70.
1659. Grillner S, von Twickel A, Robertson B. The blueprint of the vertebrate forebrain — with special reference to the habenulae. *Semin Cell Dev Biol*. 2018;78:103–6.
1660. Grillner S. biological pattern generation: the cellular and computational logic of networks in motion. *Neuron*. 2006;52(5):751–66.
1661. Grimes DT, Boswell CW, Morante NF, Henkelman RM, Burdine RD, Ciruna B. Zebrafish models of idiopathic scoliosis link cerebrospinal fluid flow defects to spine curvature. *Science*. 2016 Jun 10;352(6291):1341–4.
1662. Grimonprez A, Raedt R, Baeken C, Boon P, Vonck K. The antidepressant mechanism of action of vagus nerve stimulation: evidence from preclinical studies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015;56:26–34.
1663. Grinberg LT, Rueb U, Heinsen H. Brainstem: neglected locus in neurodegenerative diseases. *Front Neurol*. 2011 Jul 11;2:42.
1664. Groen RJM, Kafiluddin EA, Hamburger HL, Veldhuizen EJFH. Spinal cord injury with a stingray spine. *Acta Neurochir (Wien)*. 2002;144(5):507–8.
1665. Grosche J, Matyash V, Möller T, Verkhratsky A, Reichenbach A, Kettenmann H. Microdomains for neuron-glia interaction: parallel fiber signaling to bergmann glial cells. *Nat Neurosci*. 1999;2(2):139–43.
1666. Gross J, Bhattacharya D. Uniting sex and eukaryote origins in an emerging oxygenic world. *Biol Direct*. 2010 Aug 23;5:53.
1667. Grossberg S, Schmajuk NA. Neural dynamics of adaptive timing and temporal discrimination during associative learning. *Neural Networks*. 1989;2(2):79–102.
1668. Grossman SD, Rosenberg LJ, Wrathall JR. Relationship of altered glutamate receptor subunit mRNA expression to acute cell loss after spinal cord contusion. *Exp Neurol*. 2001;168(2):283–9.
1669. Grote H. Commentary: Intentional observer effects on quantum randomness: a bayesian analysis reveals evidence against micro-psychokinesis. *Front Psychol*. 2018 Aug 3;9:1350.
1670. Grove EA, Fukuchi-Shimogori T. Generating the cerebral cortical area map. *Annu Rev Neurosci*. 2003;26:355–80.
1671. Grove JE, Bruscia E, Krause DS. Plasticity of bone marrow-derived stem cells. *Stem Cells*. 2004;22(4):487–500.
1672. Grube M, Cooper FE, Chinnery PF, Griffiths TD. Dissociation of duration-based and beat-based auditory timing in cerebellar degeneration. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(25):11597–601.
1673. Gruber J, Mennin DS, Fields A, Purcell A, Murray G. Heart rate variability as a potential indicator of positive valence system disturbance: a proof of concept investigation. *Int J Psychophysiol*. 2015;98(2):240–8.
1674. Grüntzig J, Hollmann F. Lymphatic vessels of the eye — old questions — new insights. *Ann Anat*. 2019 Jan;221:1–16.
1675. Grybko M, Sharma G, Vijayaraghavan S. Functional distribution of nicotinic receptors in CA3 region of the hippocampus. *J Mol Neurosci*. 2010;40(1–2):114–20.
1676. Grzybowski DM, Herderick EE, Kapoor KG, Holman DW, Katz SE. Human arachnoid granulations Part I: a technique for quantifying area and distribution on the superior surface of the cerebral cortex. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2007 Jul 16;4:6.
1677. Gu BM, van Rijn H, Meck WH. Oscillatory multiplexing of neural population codes for interval timing and working memory. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015;48:160–85.

1678. Gu R, Huang W, Camilleri J, Xu P, Wei P, Eickhoff SB, Feng C. Love is analogous to money in human brain: coordinate-based and functional connectivity meta-analyses of social and monetary reward anticipation. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019 May;100:108–28.
1679. Gu S, Cieslak M, Baird B, Muldoon SF, Grafton ST, Pasqualetti F, Bassett DS. The energy landscape of neurophysiological activity implicit in brain network structure. *Sci Rep*. 2018 Feb 6;8(1):2507.
1680. Gu X, FitzGerald THB, Friston KJ. Modeling subjective belief states in computational psychiatry: interoceptive inference as a candidate framework. *Psychopharmacology (Berl)*. 2019;236(8):2405–12.
1681. Gu X, Hof PR, Friston KJ, Fan J. Anterior insular cortex and emotional awareness. *J Comp Neurol*. 2013;521(15):3371–88.
1682. Gu Y, Gu C. Physiological and pathological functions of mechanosensitive ion channels. *Mol Neurobiol*. 2014 Oct 15;50(2):339–47.
1683. Gu Y, Jukkola P, Wang Q, Esparza T, Zhao Y, Brody D, Gu C. Polarity of varicosity initiation in central neuron mechanosensation. *J Cell Biol*. 2017 Jul 3;216(7):2179–99.
1684. Gu Y, Lewallen S, Kinkhabwala AA, Dornisoru C, Yoon K, Gauthier JL, Fiete IR, Tank DW. A map-like micro-organization of grid cells in the medial entorhinal cortex. *Cell*. 2018 Oct 18;175(3):736–750.e30.
1685. Guardiani E, Sadoughi B, Blitzer A, Sirois D. A new treatment paradigm for trigeminal neuralgia using Botulinum toxin type A. *Laryngoscope*. 2014;124(2):413–7.
1686. Guell X, Goncalves M, Kaczmarzyk JR, Gabrieli JDE, Schmahmann JD, Ghosh SS. LittleBrain: A gradient-based tool for the topographical interpretation of cerebellar neuroimaging findings. *PLoS One*. 2019 Jan 16;14(1):e0210028.
1687. Guell X, Schmahmann JD, Gabrieli J, Ghosh SS. Functional gradients of the cerebellum. *Elife*. 2018 Aug 14;7:e36652.
1688. Guerra G, Lucariello A, Perna A, Botta L, De Luca A, Moccia F. The role of endothelial Ca<sup>2+</sup> signaling in neurovascular coupling: a view from the lumen. *Int J Mol Sci*. 2018 Mar 21;19(4):938.
1689. Guerra MM, González C, Caprile T, Jara M, Vío K, Muñoz RI, Rodríguez S, Rodríguez EM. Understanding how the subcommissural organ and other periventricular secretory structures contribute via the cerebrospinal fluid to neurogenesis. *Front Cell Neurosci*. 2015 Dec 23;9:480.
1690. Guerrero-Cazares H, Lavell E, Chen L, Schiapparelli P, Lara-Velazquez M, Capilla-Gonzalez V, Clements AC, Drummond G, Noiman L, Thaler K, Burke A, Quiñones-Hinojosa A. Brief report: Robo1 regulates the migration of human subventricular zone neural progenitor cells during development. *Stem Cells*. 2017 Jul;35(7):1860–5.
1691. Guerrier C, Hayes JA, Fortin G, Holcman D. Robust network oscillations during mammalian respiratory rhythm generation driven by synaptic dynamics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(31):9728–33.
1692. Gulyaeva N V. Biochemical mechanisms and translational relevance of hippocampal vulnerability to distant focal brain injury: the price of stress response. *Biochemistry (Mosc)*. 2019 Nov;84(11):1306–28.
1693. Gundersen V, Storm-Mathisen J, Bergersen LH. Neuroglial transmission. *Physiol Rev*. 2015;95(3):695–726.
1694. Gunes SO, Metin Mahmutoglu A, Agarwal A. Genetic and epigenetic effects in sex determination. *Birth Defects Res C Embryo Today*. 2016 Dec;108(4):321–36.
1695. Güneş Ö, Celik JB, Araz M, Ustun ME. Effects of  $\gamma$ -hydroxybutyrate on cerebrospinal fluid lactate and glucose levels after spinal cord trauma. *J Clin Neurosci*. 2004;11(5):517–20.
1696. Gungor NZ, Paré D. Functional heterogeneity in the bed nucleus of the stria terminalis. *J Neurosci*. 2016;36(31):8038–49.
1697. Guo R, Chen LH, Xing C, Liu T. Pain regulation by gut microbiota: molecular mechanisms and therapeutic potential. *Br J Anaesth*. 2019;123(5):637–54.
1698. Guo Y, Yu Y, Hu S, Chen Y, Shen Z. The therapeutic potential of mesenchymal stem cells for cardiovascular diseases. *Cell Death Dis*. 2020 May 11;11(5):349.
1699. Gurunathan S, Kang MH, Jeyaraj M, Qasim M, Kim JH. Review of the isolation, characterization, biological function, and multifarious therapeutic approaches of exosomes. *Cells*. 2019 Apr 3;8(4):307.
1700. Gustin SM, Wrigley PJ, Siddall PJ, Henderson LA. Brain anatomy changes associated with persistent neuropathic pain following spinal cord injury. *Cereb Cortex*. 2010;20(6):1409–19.
1701. Gut NK, Winn P. Deep brain stimulation of different pedunculopontine targets in a novel rodent model of parkinsonism. *J Neurosci*. 2015;35(12):4792–803.
1702. Gut NK, Winn P. The pedunculopontine tegmental nucleus-A functional hypothesis from the comparative literature. *Mov Disord*. 2016;31(5):615–24.
1703. Guterstam A, Björnsdotter M, Gentile G, Ehrsson HH. Posterior cingulate cortex integrates the senses of self-location and body ownership. *Curr Biol*. 2015;25(11):1416–25.
1704. Gutiérrez J, DiTullio M, K Cheung YK, Alperin N, Bagci A, L Sacco R, B Wright C, Sv Elkind M, Rundek T. Brain arterial dilatation modifies the association between extracranial pulsatile hemodynamics and brain perivascular spaces: the Northern Manhattan Study. *Hypertens Res*. 2019 Jul;42(7):1019–28.
1705. Gutiérrez R. The GABAergic phenotype of the “glutamatergic” granule cells of the dentate gyrus. *Prog Neurobiol*. 2003;71(5):337–58.
1706. Gutiérrez R. The plastic neurotransmitter phenotype of the hippocampal granule cells and of the moss in their messy fibers. *J Chem Neuroanat*. 2016;73:9–20.
1707. Gutiérrez-Guzmán BE, Hernández-Pérez JJ, Olvera-Cortés ME. Serotonergic modulation of septo-hippocampal and septo-mammillary theta activity during spatial learning, in the rat. *Behav Brain Res*. 2017;319:73–86.
1708. Guy J, Staiger JF. The functioning of a cortex without layers. *Front Neuroanat*. 2017 Jul 12;11:54.
1709. Guyenet PG, Abbott SBG. Chemoreception and asphyxia-induced arousal. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013 Sep;188(3):333–43.
1710. Guyenet PG, Bayliss DA. Neural control of breathing and CO<sub>2</sub> homeostasis. *Neuron*. 2015 Sep;87(5):946–61.
1711. Guyenet PG, Darnall RA, Riley TA. Rostral ventrolateral medulla and sympathorespiratory integration in rats. *Am J Physiol*. 1990 Nov;259(5 Pt 2):R1063–74.
1712. Guyenet PG, Mulkey DK, Stornetta RL, Bayliss DA. Regulation of ventral surface chemoreceptors by the central respiratory pattern generator. *J Neurosci*. 2005;25(39):8938–47.
1713. Guyenet PG, Stornetta RL, Bochorishvili G, Depuy SD, Burke PG, Abbott SB. C1 neurons: the body’s EMTs. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2013 Aug 1;305(3):R187–204.
1714. Guyenet PG, Young BS. Projections of nucleus paragigantocellularis lateralis to locus coeruleus and other structures in rat. *Brain Res*. 1987;406(1–2):171–84.
1715. Guyenet PG. Regulation of breathing and autonomic outflows by chemoreceptors. *Compr Physiol*. 2014;4(4):1511–62.
1716. Guyenet PG. The sympathetic control of blood pressure. *Nat Rev Neurosci*. 2006;7(5):335–46.
1717. Guzmán-Venegas RA, Araneda OF, Silvestre RA. Differences between motor point and innervation zone locations in the biceps brachii. An exploratory consideration for the treatment of spasticity with botulinum toxin. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014 Dec;24(6):923–7.
1718. Güzelkücü Ü, Demir Y, Kesikburun S, Aras B, Yavuz F, Yaşar E, Yılmaz B. Spinal cord injury resulting from gunshot wounds: a comparative study with non-gunshot causes. *Spinal Cord*. 2016 Sep;54(9):737–41.
1719. Gwak YS, Hains BC, Johnson KM, Hulsebosch CE. Locomotor recovery and mechanical hyperalgesia following spinal cord injury depend on age at time of injury in rat. *Neurosci Lett*. 2004;362(3):232–5.
1720. Ha SK, Nair G, Absinta M, Luciano NJ, Reich DS. Magnetic resonance imaging and histopathological visualization of human dural lymphatic vessels. *Bio Protoc*. 2018 Apr 20;8(8):e2819.
1721. Haas BM, Bergström E, Jamous A, Bennie A. The inter rater reliability of the original and of the modified Ashworth scale for the assessment of spasticity in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1996;34(9):560–4.
1722. Haas HL, Sergeeva OA, Selbach O. Histamine in the nervous system. *Physiol Rev*. 2008;88(3):1183–241.
1723. Haavisto A, Korkman M, Jalanko H, Holmberg C, Qvist E. Neurocognitive function of pediatric heart transplant recipients. *J Hear Lung Transplant*. 2010;29(7):764–70.
1724. Habaguchi T, Takakusaki K, Saitoh K, Sugimoto J, Sakamoto T. Medullary reticulospinal tract mediating the generalized motor inhibition in cats: II. Functional organization within the medullary reticular formation with respect to postsynaptic inhibition of forelimb and hindlimb motoneurons. *Neuroscience*. 2002;113(1):65–77.
1725. Habas C, Kamdar N, Nguyen D, Prater K, Beckmann CF, Menon V, Greicius MD. Distinct cerebellar contributions to intrinsic connectivity networks. *J Neurosci*. 2009 Jul 1;29(26):8586–94.
1726. Hablitz LM, Vinitzky HS, Sun Q, Stæger FF, Sigurdsson B, Mortensen KN, Lilius TO, Nedergaard M. Increased glymphatic influx is correlated with high EEG delta power and low heart rate in mice under anesthesia. *Sci Adv*. 2019 Feb 27;5(2):eaav5447.
1727. Hadjiconstantinou M, Panula P, Lackovic Z, Neff NH. Spinal cord serotonin: a biochemical and immunohistochemical study following transection analysis of indoles immunohistochemical procedures. *Brain Res*. 1984;322:245–54.
1728. Hafting T, Fyhn M, Molden S, Moser MB, Moser EI. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. *Nature*. 2005 Aug 19;436(7052):801–6.
1729. Hagan S, Hameroff SR, Tuszyński JA. Quantum computation in brain microtubules: decoherence and biological feasibility. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*. 2002 Jun;65(6 Pt 1):061901.



1730. Hagiwara A, Pal SK, Sato TF, Wienisch M, Murthy VN. Optophysiological analysis of associational circuits in the olfactory cortex. *Front Neural Circuits*. 2012 Apr 19;6:18.
1731. Hahn SC, Yoon YW, Kim J. High-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation alleviates spasticity after spinal contusion by inhibiting activated microglia in rats. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(4):370–81.
1732. Hains BC, Black JA, Waxman SG. Primary cortical motor neurons undergo apoptosis after axotomizing spinal cord injury. *J Comp Neurol*. 2003;462(3):328–41.
1733. Hainsworth R. Cardiovascular control from cardiac and pulmonary vascular receptors. *Exp Physiol*. 2014;99(2):312–9.
1734. Hajduk AM, Kiefe CI, Person SD, Gore JG, Saczynski JS. Cognitive change in heart failure: a systematic review. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2013;6(4):451–60.
1735. Hajnik T, Lai YY, Siegel JM. Atonia-related regions in the rodent pons and medulla. *J Neurophysiol*. 2000;84(4):1942–8.
1736. Hakamata Y, Iwase M, Kato T, Senda K, Inada T. The neural correlates of mindful awareness: a possible buffering effect on anxiety-related reduction in subgenual anterior cingulate cortex activity. *PLoS One*. 2013 Oct 9;8(10):e75526.
1737. Hakeem AY, Sherwood CC, Bonar CJ, Butti C, Hof PR, Allman JM. Von Economo neurons in the elephant brain. *Anat Rec (Hoboken)*. 2009 Feb;292(2):242–8.
1738. Halassa MM, Chen Z, Wimmer RD, Brunetti PM, Zhao S, Zikopoulos B, Wang F, Brown EN, Wilson MA. State-dependent architecture of thalamic reticular subnetworks. *Cell*. 2014 Aug 14;158(4):808–21.
1739. Halassa MM, Fellin T, Haydon PG. The tripartite synapse: roles for gliotransmission in health and disease. *Trends Mol Med*. 2007;13(2):54–63.
1740. Halassa MM, Florian C, Fellin T, Munoz JR, Lee SY, Abel T, Haydon PG, Frank MG. Astrocytic modulation of sleep homeostasis and cognitive consequences of sleep loss. *Neuron*. 2009 Jan 29;61(2):213–9.
1741. Halassa MM, Siegle JH, Ritt JT, Ting JT, Feng G, Moore CI. Selective optical drive of thalamic reticular nucleus generates thalamic bursts and cortical spindles. *Nat Neurosci*. 2011 Sep 24;14(9):1118–20.
1742. Hale MW, Lowry CA. Functional topography of midbrain and pontine serotonergic systems: implications for synaptic regulation of serotonergic circuits. *Psychopharmacology (Berl)*. 2011;213(2–3):243–64.
1743. Halford S, Freedman MS, Bellingham J, Inglis SL, Poopalasundaram S, Soni BG, Foster RG, Hunt DM. Characterization of a novel human opsin gene with wide tissue expression and identification of embedded and flanking genes on chromosome 1q43. *Genomics*. 2001 Mar 1;72(2):203–8.
1744. Hallgren J, Pietrzak M, Rempala G, Nelson PT, Hetman M. Neurodegeneration-associated instability of ribosomal DNA. *Biochim Biophys Acta*. 2014 Jun;1842(6):860–8.
1745. Halt KJ, Pärssinen HE, Junntila SM, Saarela U, Sims-Lucas S, Koivunen P, Myllyharju J, Quaggin S, Skovorodkin IN, Vainio SJ. CD146(+) cells are essential for kidney vasculature development. *Kidney Int*. 2016 Aug;90(2):311–24.
1746. Hamada MS, Kole MHP. Myelin loss and axonal ion channel adaptations associated with gray matter neuronal hyperexcitability. *J Neurosci*. 2015;35(18):7272–86.
1747. Hamann M, Rossi DJ, Attwell D. Tonic and spillover inhibition of granule cells control information flow through cerebellar cortex. *Neuron*. 2002;33(4):625–33.
1748. Hamdane M, Bretteville A, Sambo AV, Schindowski K, Bégard S, Delacourte A, Bertrand P, Buée L. p25/Cdk5-mediated retinoblastoma phosphorylation is an early event in neuronal cell death. *J Cell Sci*. 2005 Mar 15;118(Pt 6):1291–8.
1749. Hameroff S, Nip A, Porter M, Tuszynski J. Conduction pathways in microtubules, biological quantum computation, and consciousness. *Biosystems*. 2002 Jan;64(1–3):149–68.
1750. Hameroff S, Penrose R. Conscious events as orchestrated space-time selections. *J Conscious Stud*. 1996;3(1):36–53.
1751. Hameroff S, Penrose R. Consciousness in the universe: a review of the “Orch OR” theory. *Phys Life Rev*. 2014;11(1):39–78.
1752. Hameroff S, Penrose R. Orchestrated objective reduction of quantum coherence in brain microtubules: the “Orch OR” model for consciousness. In: *Toward a science of consciousness — The first tucson discussions and debates*, eds. Hameroff, S.R., Kaszniak, A.W. and Scott, A.C., Cambridge, MA: MIT Press. 1996, pp. 507–540.
1753. Hameroff S, Penrose R. Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: a model for consciousness. *Mathematics and Computers in Simulation*. 1996;40(3–4):453–80.
1754. Hameroff S, Trakas M, Duffield C, Annabi E, Gerace MB, Boyle P, Lucas A, Amos Q, Buadu A, Badal JJ. Transcranial ultrasound (TUS) effects on mental states: a pilot study. *Brain Stimul*. 2013 May;6(3):409–15.
1755. Hameroff S. A tale of two fields: comment on “Dissipation of ‘dark energy’ by cortex in knowledge retrieval” by Capolupo, Freeman and Vitiello. *Phys Life Rev*. 2013 Mar;10(1):95–6; discussion 112–6.
1756. Hameroff S. Anesthesia, consciousness and hydrophobic pockets — a unitary quantum hypothesis of anesthetic action. *Toxicol Lett*. 1998 Nov 23;100–101:31–9.
1757. Hameroff S. Anesthesia: the “other side” of consciousness. *Conscious Cogn*. 2001 Jun;10(2):217–29; discussion 246–58.
1758. Hameroff S. Consciousness, the brain, and spacetime geometry. *Ann N Y Acad Sci*. 2001 Apr;929:74–104.
1759. Hameroff S. How quantum brain biology can rescue conscious free will. *Front Integr Neurosci*. 2012 Oct 12;6:93.
1760. Hameroff S. Quantum brain biology complements neuronal assembly approaches to consciousness: Comment on “Consciousness, biology and quantum hypotheses” by Baars and Edelman. *Phys Life Rev*. 2012 Sep;9(3):303–5; discussion 306–7.
1761. Hameroff S. Quantum walks in brain microtubules — a biomolecular basis for quantum cognition? *Top Cogn Sci*. 2014 Jan;6(1):91–7.
1762. Hameroff S. The “conscious pilot” — dendritic synchrony moves through the brain to mediate consciousness. *J Biol Phys*. 2010 Jan;36(1):71–93.
1763. Hameroff SR, Craddock TJ, Tuszynski JA. “Memory bytes” — molecular match for CaMKII phosphorylation encoding of microtubule lattices. *J Integr Neurosci*. 2010 Sep;9(3):253–67.
1764. Hameroff SR, Craddock TJ, Tuszynski JA. Quantum effects in the understanding of consciousness. *J Integr Neurosci*. 2014 Jun;13(2):229–52.
1765. Hameroff SR, Watt RC. Information processing in microtubules. *J Theor Biol*. 1982;98(4):549–61.
1766. Hameroff SR. Anesthetic action and “quantum consciousness”: a match made in olive oil. *Anesthesiology*. 2018 Aug;129(2):228–31.
1767. Hameroff SR. “Funda-mentality”: is the conscious mind subtly linked to a basic level of the universe? *Trends Cogn Sci*. 1998 Apr 1;2(4):119–24.
1768. Hameroff SR. The brain is both neurocomputer and quantum computer. *Cogn Sci*. 2007 Nov 12;31(6):1035–45.
1769. Hameroff SR. The entwined mysteries of anesthesia and consciousness: is there a common underlying mechanism? *Anesthesiology*. 2006 Aug;105(2):400–12.
1770. Hamid R, Averbek MA, Chiang H, Garcia A, Al Mousa RT, Oh SJ, Patel A, Plata M, Del Popolo G. Epidemiology and pathophysiology of neurogenic bladder after spinal cord injury. *World J Urol*. 2018 Oct;36(10):1517–27.
1771. Hammerschlag AR, Stringer S, de Leeuw CA, Sniekers S, Taskesen E, Watanabe K, Blanken TF, Dekker K, Te Lindert BHW, Wassing R, Jonsdottir I, Thorleifsson G, Stefansson H, Gislason T, Berger K, Schormair B, Wellmann J, Winkelmann J, Stefansson K, Oexle K, Van Someren EJW, Posthuma D. Genome-wide association analysis of insomnia complaints identifies risk genes and genetic overlap with psychiatric and metabolic traits. *Nat Genet*. 2017 Nov;49(11):1584–92.
1772. Hamson DK, Jones BA, Watson N V. Distribution of androgen receptor immunoreactivity in the brainstem of male rats. *Neuroscience*. 2004;127(4):797–803.
1773. Han H, Chen J, Jeong C, Glover GH. Influence of the cortical midline structures on moral emotion and motivation in moral decision-making. *Behav Brain Res*. 2016;302:237–51.
1774. Han H, Tao W, Zhang M. The dural entrance of cerebral bridging veins into the superior sagittal sinus: an anatomical comparison between cadavers and digital subtraction angiography. *Neuroradiology*. 2007;49(2):169–75.
1775. Han S, Mao L, Gu X, Zhu Y, Ge J, Ma Y. Neural consequences of religious belief on self-referential processing. *Soc Neurosci*. 2008;3(1):1–15.
1776. Han S, Soleiman M, Soden M, Zweifel L, Palminter RD. Elucidating an affective pain circuit that creates a threat memory. *Cell*. 2015;162(2):363–74.
1777. Han SW, Eaton HP, Marois R. Functional fractionation of the cingulo-opercular network: alerting insula and updating cingulate. *Cereb Cortex*. 2019;29(6):2624–38.
1778. Han Y, Shi YF, Xi W, Zhou R, Tan ZB, Wang H, Li XM, Chen Z, Feng G, Luo M, Huang ZL, Duan S, Yu YQ. Selective activation of cholinergic basal forebrain neurons induces immediate sleep-wake transitions. *Curr Biol*. 2014 Mar 17;24(6):693–8.
1779. Han ZA, Song DH, Oh HM, Chung ME. Botulinum toxin type A for neuropathic pain in patients with spinal cord injury. *Ann Neurol*. 2016;79(4):569–78.
1780. Hanna A, Thompson DL, Hellenbrand DJ, Lee JS, Madura CJ, Wesley MG, Dillon NJ, Sharma T, Enright CJ, Murphy WL. Sustained release of neurotrophin-3 via calcium phosphate-coated sutures promotes axonal regeneration after spinal cord injury. *J Neurosci Res*. 2016 Jul;94(7):645–52.
1781. Hannibal J, Kankipati L, Strang CE, Peterson BB, Dacey D, Gamlin PD. Central projections of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in the macaque monkey. *J Comp Neurol*. 2014 Jul 1;522(10):2231–48.
1782. Hänninen A. Infections in MS: an innate immunity perspective. *Acta Neurol Scand*. 2017 Nov;136 Suppl 201:10–4.
1783. Hannocks MJ, Pizzo ME, Huppert J, Deshpande T, Abbott NJ, Thorne RG, Sorokin L. Molecular characterization of perivascular drainage pathways in the murine brain. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2018 Apr;38(4):669–86.

- 1784.** Hansen S, Köhler C. The importance of the peripeduncular nucleus in the neuroendocrine control of sexual behavior and milk ejection in the rat. *Neuroendocrinology*. 1984;39(6):563–72.
- 1785.** Hardcastle K, Ganguli S, Giacomo LM. Cell types for our sense of location: where we are and where we are going. *Nat Neurosci*. 2017 Nov 1;20(11):1474–82.
- 1786.** Harjanto D, Papamarkou T, Oates CJ, Rayon-Estrada V, Papavasiliou FN, Papavasiliou A. RNA editing generates cellular subsets with diverse sequence within populations. *Nat Commun*. 2016 Jul 15;7:12145.
- 1787.** Harris DJ, Vine SJ, Wilson MR. Neurocognitive mechanisms of the flow state. *Prog Brain Res*. 2017;234:221–43.
- 1788.** Harris SS, Boorman LW, Das D, Kennerley AJ, Sharp PS, Martin C, Redgrave P, Schwartz TH, Berwick J. Physiological and pathological brain activation in the anesthetized rat produces hemodynamic-dependent cortical temperature increases that can confound the BOLD fMRI signal. *Front Neurosci*. 2018 Aug 14;12:550.
- 1789.** Harrison TC, Pinto L, Brock JR, Dan Y. Calcium imaging of basal forebrain activity during innate and learned behaviors. *Front Neural Circuits*. 2016 May 9;10:36.
- 1790.** Hart RJ. Physiological aspects of female fertility: role of the environment, modern lifestyle, and genetics. *Physiol Rev*. 2016;96(3):873–909.
- 1791.** Hartcher-O'Brien J, Brighouse C, Levitan CA. A single mechanism account of duration and rate processing via the pacemaker-accumulator and beat frequency models. *Curr Opin Behav Sci*. 2016 Apr;8:268–75.
- 1792.** Hartung F, Jamrozik A, Rosen ME, Aguirre G, Sarwer DB, Chatterjee A. Behavioural and neural responses to facial disfigurement. *Sci Rep*. 2019 May 29;9(1):8021.
- 1793.** Harvey LA, Herbert RD, Glinsky J, Moseley AM, Bowden J. Effects of 6 months of regular passive movements on ankle joint mobility in people with spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2009;47(1):62–6.
- 1794.** Harvey PJ, Li X, Li Y, Bennett DJ. 5-HT2 receptor activation facilitates a persistent sodium current and repetitive firing in spinal motoneurons of rats with and without chronic spinal cord injury. *J Neurophysiol*. 2006 Sep;96(3):1158–70.
- 1795.** Haselton JR, Guyenet PG. Ascending collaterals of medullary barosensory neurons and C1 cells in rats. *Am J Physiol*. 1990 Apr;258(4 Pt 2):R1051–63.
- 1796.** Hashimoto M, Hibi M. Development and evolution of cerebellar neural circuits. *Dev Growth Differ*. 2012;54(3):373–89.
- 1797.** Hashimoto M, Yamanaka A, Kato S, Tanifuji M, Kobayashi K, Yaginuma H. Anatomical evidence for a direct projection from Purkinje cells in the mouse cerebellar vermis to medial parabrachial nucleus. *Front Neural Circuits*. 2018 Feb 7;12:6.
- 1798.** Hashimoto-Torii K, Sasaki M, Chang YW, Hwang H, Waxman SG, Kocsis JD, Rakic P, Torii M. Detection of local and remote cellular damage caused by spinal cord and peripheral nerve injury using a heat shock signaling reporter system. *IBRO Rep*. 2018 Nov 6;5:91–8.
- 1799.** Hassanalji G, Pokhariyal G, Mwasina P. Comparative analysis of selected linear measurements of human and baboon brains. *Eur J Anat*. 2007;11(1):9–16.
- 1800.** Hassani OK, Lee MG, Henny P, Jones BE. Discharge profiles of identified GABAergic in comparison to cholinergic and putative glutamatergic basal forebrain neurons across the sleep-wake cycle. *J Neurosci*. 2009;29(38):11828–40.
- 1801.** Hassanpour MS, Yan L, Wang DJ, Lapidus RC, Arevian AC, Simmons WK, Feusner JD, Khalsa SS. How the heart speaks to the brain: neural activity during cardiorespiratory interoceptive stimulation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160017.
- 1802.** Hasselmo ME, Stern CE. Theta rhythm and the encoding and retrieval of space and time. *Neuroimage*. 2014;85(0 2):656–66.
- 1803.** Hasselmo ME. The role of acetylcholine in learning and memory. *Curr Opin Neurobiol*. 2006;16(6):710–5.
- 1804.** Hasson U, Chen J, Honey CJ. Hierarchical process memory: memory as an integral component of information processing. *Trends Cogn Sci*. 2015 Jun;19(6):304–13.
- 1805.** Hastings MH, Maywood ES, Brancaccio M. Generation of circadian rhythms in the suprachiasmatic nucleus. *Nat Rev Neurosci*. 2018;19(8):453–69.
- 1806.** Hata K, Fujitani M, Yasuda Y, Doya H, Saito T, Yamagishi S, Mueller BK, Yamashita T. RGMa inhibition promotes axonal growth and recovery after spinal cord injury. *J Cell Biol*. 2006 Apr 10;173(1):47–58.
- 1807.** Haug FM. Sulphide silver pattern and cytoarchitectonics of parahippocampal areas in the rat. Special reference to the subdivision of area entorhinalis (area 28) and its demarcation from the pyriform cortex. *Adv Anat Embryol Cell Biol*. 1976;52(4):3–73.
- 1808.** Hawkes CA, Härtig W, Kacza J, Schliebs R, Weller RO, Nicoll JA, Carare RO. Perivascular drainage of solutes is impaired in the ageing mouse brain and in the presence of cerebral amyloid angiopathy. *Acta Neuropathol*. 2011 Apr;121(4):431–43.
- 1809.** Hawkes CA, Jayakody N, Johnston DA, Bechmann I, Carare RO. Failure of perivascular drainage of  $\beta$ -amyloid in cerebral amyloid angiopathy. *Brain Pathol*. 2014;24(4):396–403.
- 1810.** Hayashi Y, Jinnou H, Sawamoto K, Hitoshi S. Adult neurogenesis and its role in brain injury and psychiatric diseases. *J Neurochem*. 2018;147(5):584–94.
- 1811.** Hayashi Y, Kashiwagi M, Yasuda K, Ando R, Kanuka M, Sakai K, Itoharu S. Cells of a common developmental origin regulate REM/non-REM sleep and wakefulness in mice. *Science*. 2015 Nov 20;350(6263):957–61.
- 1812.** Hayes JA, Wang X, Del Negro CA. Cumulative lesioning of respiratory interneurons disrupts and precludes motor rhythms in vitro. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012;109(21):8286–91.
- 1813.** Hayes M, Gao X, Yu LX, Paria N, Henkelman RM, Wise CA, Ciruna B. ptk7 mutant zebrafish models of congenital and idiopathic scoliosis implicate dysregulated Wnt signalling in disease. *Nat Commun*. 2014 Sep 3;5:4777.
- 1814.** Hayes TL, Lewis DA. Nonphosphorylated neurofilament protein and calbindin immunoreactivity in layer III pyramidal neurons of human neocortex. *Cereb Cortex*. 1992;2(1):56–67.
- 1815.** Hays SA, Rennaker RL, Kilgard MP. Targeting plasticity with vagus nerve stimulation to treat neurological disease. *Prog Brain Res*. 2013;207:275–99.
- 1816.** Hays SA. Enhancing rehabilitative therapies with vagus nerve stimulation. *Neurotherapeutics*. 2016;13(2):382–94.
- 1817.** Hayward JN, Baker MA. A comparative study of the role of the cerebral arterial blood in the regulation of brain temperature in five mammals. *Brain Res*. 1969;16(2):417–40.
- 1818.** Hayward JN, Baker MA. Role of cerebral arterial blood in the regulation of brain temperature in the monkey. *Am J Physiol*. 1968;215(2):389–403.
- 1819.** Hayward LF. Midbrain modulation of the cardiac baroreflex involves excitation of lateral parabrachial neurons in the rat. *Brain Res*. 2007;1145(1):117–27.
- 1820.** Hayward RD, Owen AD, Koenig HG, Steffens DC, Payne ME. Associations of religious behavior and experiences with extent of regional atrophy in the orbitofrontal cortex during older adulthood. *Religion Brain Behav*. 2011;1(2):103–18.
- 1821.** Hazrati LN, Parent A. Projection from the deep cerebellar nuclei to the pedunculopontine nucleus in the squirrel monkey. *Brain Res*. 1992;585(1–2):267–71.
- 1822.** He ZG, Liu BW, Li ZX, Tian XB, Liu SG, Manyande A, Zhang DY, Xiang HB. The caudal pedunculopontine tegmental nucleus may be involved in the regulation of skeletal muscle activity by melanocortin-sympathetic pathway: a virally mediated trans-synaptic tracing study in spinally transected transgenic mice. *Oncotarget*. 2017 May 18;8(42):71859–66.
- 1823.** Heckman CJ, Enoka RM. Motor unit. *Compr Physiol*. 2012;2(4):2629–82.
- 1824.** Heckmann CJ, Gorassini MA, Bennett DJ. Persistent inward currents in motoneuron dendrites: implications for motor output. *Motor Nerve*. 2005 Feb;31(2):135–56.
- 1825.** Hector SM, Biering-Srøensen T, Krassioukov A, Biering-Srøensen F. Cardiac arrhythmias associated with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2013;36(6):591–9.
- 1826.** Hedegaard A, Lehnhoff J, Moldovan M, Grøndahl L, Petersen JC, Meehan CF. Postactivation depression of the Ia EPSP in motoneurons is reduced in both the G127X SOD1 model of amyotrophic lateral sclerosis and in aged mice. *J Neurophysiol*. 2015;114(2):1196–210.
- 1827.** Heemskerk JL, Kruyt MC, Colo D, Castelein RM, Kempen DHR. Prevalence and risk factors for neural axis anomalies in idiopathic scoliosis: a systematic review. *Spine J*. 2018;18(7):1261–71.
- 1828.** Heemstra VL. Landmark article supports osteopathic medicine? Setting the record straight. *J Am Osteopath Assoc*. 2016 Apr;116(4):200.
- 1829.** Hefferan MP, Kucharova K, Kinjo K, Kakinohana O, Sekerkova G, Nakamura S, Fuchigami T, Tomori Z, Yaksh TL, Kurtz N, Marsala M. Spinal astrocyte glutamate receptor 1 overexpression after ischemic insult facilitates behavioral signs of spasticity and rigidity. *J Neurosci*. 2007 Oct 17;27(42):11179–91.
- 1830.** Heimrich KG, Jacob YVP, Schaller D, Stallmach A, Witte OW, Prell T. Gastric dysmotility in Parkinson's disease is not caused by alterations of the gastric pacemaker cells. *NPJ Parkinsons Dis*. 2019 Jul 26;5:15.
- 1831.** Hein G, Morishima Y, Leiberg S, Sul S, Fehr E. The brain's functional network architecture reveals human motives. *Science*. 2016 Mar 4;351(6277):1074–8.
- 1832.** Hein L. Adrenoceptors and signal transduction in neurons. *Cell Tissue Res*. 2006;326(2):541–51.
- 1833.** Heindl LM, Hofmann TN, Knorr HL, Rummelt C, Schrödl F, Schlötzer-Schrehardt U, Holbach LM, Naumann GO, Kruse FE, Cursiefen C. Intraocular lymphangiogenesis in malignant melanomas of the ciliary body with extraocular extension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009 May;50(5):1988–95.
- 1834.** Heindl LM, Hofmann TN, Schrödl F, Holbach LM, Kruse FE, Cursiefen C. Intraocular lymphatics in ciliary body melanomas with extraocular extension: functional for lymphatic spread? *Arch Ophthalmol*. 2010;128(8):1001–8.
- 1835.** Heindl LM, Schrödl F, Lütjen-Drecoll E, Cursiefen C. Ciliary body lymphangiogenesis. *Ophthalmology*. 2013;120(7):41–2.
- 1836.** Heinemann U, Schmitz D, Eder C, Gloveli T. Properties of entorhinal cortex projection cells to the hippocampal formation. *Ann N Y Acad Sci*. 2000;911:112–26.

- 1837.** Heinrich C, Rouaux C. Vers une régénération induite du système nerveux — reprogramming des cellules somatiques endogènes en neurones [Inducing brain regeneration from within: in vivo reprogramming of endogenous somatic cells into neurons]. *Med Sci (Paris)*. 2015 Jan;31(1):35–42. French.
- 1838.** Heinrichs JH. On the relation of psychiatric disorder and neural defect. *Front Psychol*. 2014 Jan 29;5:40.
- 1839.** Heinsen H, Henn R, Eisenmenger W, Götz M, Bohl J, Bethke B, Lockemann U, Püschel K. Quantitative investigations on the human entorhinal area: left-right asymmetry and age-related changes. *Anat Embryol (Berl)*. 1994 Aug;190(2):181–94.
- 1840.** Helgren ME, Goldberger ME. The recovery of postural reflexes and locomotion following low thoracic hemisection in adult cats involves compensation by undamaged primary afferent pathways. *Exp Neurol*. 1993 Sep;123(1):17–34.
- 1841.** Helion C, Ochsner KN. The role of emotion regulation in moral judgment. *Neuroethics*. 2018;11(3):297–308.
- 1842.** Helmstaedter M, Briggman KL, Turaga SC, Jain V, Seung HS, Denk W. Connectomic reconstruction of the inner plexiform layer in the mouse retina. *Nature*. 2013;500(7461):168–74.
- 1843.** Hendricks WA, Pak ES, Owensby JP, Menta KJ, Glazova M, Moretto J, Hollis S, Brewer KL, Murashov AK. Predifferentiated embryonic stem cells prevent chronic pain behaviors and restore sensory function following spinal cord injury in mice. *Mol Med*. 2006 Jan-Mar;12(1-3):34–46.
- 1844.** Henkel CK, Shneiderman A. Nucleus sagulum: projections of a lateral tegmental area to the inferior colliculus in the cat. *J Comp Neurol*. 1988;271(4):577–88.
- 1845.** Hennequin G, Agnes EJ, Vogels TP. Inhibitory plasticity: balance, control, and codependence. *Annu Rev Neurosci*. 2017 Jul 25;40:557–79.
- 1846.** Henry MJ, Herrmann B, Grahn JA. What can we learn about beat perception by comparing brain signals and stimulus envelopes? *PLoS One*. 2017 Feb 22;12(2):e0172454.
- 1847.** Henschke N, Kamper SJ, Maher CG. The epidemiology and economic consequences of pain. *Mayo Clin Proc*. 2015;90(1):139–47.
- 1848.** Heo DN, Song SJ, Kim HJ, Lee YJ, Ko WK, Lee SJ, Lee D, Park SJ, Zhang LG, Kang JY, Do SH, Lee SH, Kwon IK. Multifunctional hydrogel coatings on the surface of neural cuff electrode for improving electrode-nerve tissue interfaces. *Acta Biomater*. 2016 Jul 15;39:25–33.
- 1849.** Herbert H, Moga MM, Saper CB. Connections of the parabrachial nucleus with the nucleus of the solitary tract and the medullary reticular formation in the rat. *J Comp Neurol*. 1990;293(4):540–80.
- 1850.** Herbert H, Saper CB. Cholecystokinin-, galanin-, and corticotropin-releasing factor-like immunoreactive projections from the nucleus of the solitary tract to the parabrachial nucleus in the rat. *J Comp Neurol*. 1990;293(4):581–98.
- 1851.** Herbert H, Saper CB. Organization of medullary adrenergic and noradrenergic projections to the periaqueductal gray matter in the rat. *J Comp Neurol*. 1992;315(1):34–52.
- 1852.** Herbert H. Evidence for projections from medullary nuclei onto serotonergic and dopaminergic neurons in the midbrain dorsal raphe nucleus of the rat. *Cell Tissue Res*. 1992;270(1):149–56.
- 1853.** Herbet G, Moritz-Gasser S. Beyond language: mapping cognition and emotion. *Neurosurg Clin N Am*. 2019;30(1):75–83.
- 1854.** Herbowski L. The maze of the cerebrospinal fluid discovery. *Anat Res Int*. 2013;2013:596027.
- 1855.** Herculano-Houzel S, Avelino-de-Souza K, Neves K, Porfirio J, Messeder D, Mattos Feijó L, Maldonado J, Manger PR. The elephant brain in numbers. *Front Neuroanat*. 2014 Jun 12;8:46.
- 1856.** Herculano-Houzel S. Not all brains are made the same: new views on brain scaling in evolution. *Brain Behav Evol*. 2011;78(1):22–36.
- 1857.** Herculano-Houzel S. The glia/neuron ratio: how it varies uniformly across brain structures and species and what that means for brain physiology and evolution. *Glia*. 2014;62(9):1377–91.
- 1858.** Herculano-Houzel S. The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Front Hum Neurosci*. 2009 Nov 9;3:31.
- 1859.** Herisson F, Frodermann V, Courties G, Rohde D, Sun Y, Vandoorne K, Wojtkiewicz GR, Masson GS, Vinegoni C, Kim J, Kim DE, Weissleder R, Swirski FK, Moskowitz MA, Nahrendorf M. Direct vascular channels connect skull bone marrow and the brain surface enabling myeloid cell migration. *Nat Neurosci*. 2018 Sep;21(9):1209–17.
- 1860.** Herkenham M, Nauta WJH. Afferent connections of the habenular nuclei in the rat. A horseradish peroxidase study, with a note on the fiber-of-passage problem. *J Comp Neurol*. 1977;173(1):123–45.
- 1861.** Herkenham M, Nauta WJH. Efferent connections of the habenular nuclei in the rat. *J Comp Neurol*. 1979;187(1):19–47.
- 1862.** Herman AM, Ortiz-Guzman J, Kochukov M, Herman I, Quast KB, Patel JM, Tepe B, Carlson JC, Ung K, Selever J, Tong Q, Arenkiel BR. A cholinergic basal forebrain feeding circuit modulates appetite suppression. *Nature*. 2016 Oct 13;538(7624):253–6.
- 1863.** Herman JP. Regulation of hypothalamo-pituitary-adrenocortical responses to stressors by the nucleus of the solitary tract/dorsal vagal complex. *Cell Mol Neurobiol*. 2018;38(1):25–35.
- 1864.** Hermann GE, Holmes GM, Rogers RC, Beattie MS, Bresnahan JC. Descending spinal projections from the rostral gigantocellular reticular nuclei complex. *J Comp Neurol*. 2003;455(2):210–21.
- 1865.** Hermans EJ, Henckens MJAG, Roelofs K, Fernández G. Fear bradycardia and activation of the human periaqueductal grey. *Neuroimage*. 2013;66:278–87.
- 1866.** Hermundstad AM, Bassett DS, Brown KS, Aminoff EM, Clewett D, Freeman S, Frithsen A, Johnson A, Tipper CM, Miller MB, Grafton ST, Carlson JM. Structural foundations of resting-state and task-based functional connectivity in the human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Apr 9;110(15):6169–74.
- 1867.** Hernandez AE, Clausenius-Kalman HL, Ronderos J, Castilla-Earls AP, Sun L, Weiss SD, Young DR. Neuroergonomics: a framework for studying cognition and the brain. *J NeuroLinguistics*. 2019 Feb;49:214–23.
- 1868.** Hernandez-Miranda LR, Müller T, Birchmeier C. The dorsal spinal cord and hindbrain: from developmental mechanisms to functional circuits. *Dev Biol*. 2017;432(1):34–42.
- 1869.** Herpin A, Scharlt M. Plasticity of gene-regulatory networks controlling sex determination: of masters, slaves, usual suspects, newcomers, and usurpaters. *EMBO Rep*. 2015;16(10):1260–74.
- 1870.** Herrera CG, Cadavieco MC, Jago S, Ponomarenko A, Korotkova T, Adamantidis A. Hypothalamic feedforward inhibition of thalamocortical network controls arousal and consciousness. *Nat Neurosci*. 2016;19(2):290–8.
- 1871.** Herrero JL, Khuvis S, Yeagle E, Cerf M, Mehta AD. Breathing above the brain stem: volitional control and attentional modulation in humans. *J Neurophysiol*. 2018;119(1):145–59.
- 1872.** Herring N. Autonomic control of the heart: going beyond the classical neurotransmitters. *Exp Physiol*. 2015;100(4):354–8.
- 1873.** Herrup K, Yang Y. Cell cycle regulation in the postmitotic neuron: oxymoron or new biology? *Nat Rev Neurosci*. 2007;8(5):368–78.
- 1874.** Hershenov DB, Hershenov RJ. If abortion, then infanticide. *Theor Med Bioeth*. 2017;38(5):387–409.
- 1875.** Herweg NA, Kahana MJ. Spatial representations in the human brain. *Front Hum Neurosci*. 2018 Jul 30;12:297.
- 1876.** Herzog EL, Chai L, Krause DS. Plasticity of marrow-derived stem cells. *Blood*. 2003;102(10):3483–93.
- 1877.** Hesse M, Welz A, Fleischmann BK. Heart regeneration and the cardiomyocyte cell cycle. *Pflugers Arch*. 2018 Feb;470(2):241–8.
- 1878.** Hevner RF, Wong-Riley MT. Entorhinal cortex of the human, monkey, and rat: metabolic map as revealed by cytochrome oxidase. *J Comp Neurol*. 1992 Dec 15;326(3):451–69.
- 1879.** Heyck M, Ibarra A. Microbiota and memory: A symbiotic therapy to counter cognitive decline? *Brain Circ*. 2019 Sep 30;5(3):124–9.
- 1880.** Heydrich L, Aspell JE, Marillier G, Lavanchy T, Herbelin B, Blanke O. Cardio-visual full body illusion alters bodily self-consciousness and tactile processing in somatosensory cortex. *Sci Rep*. 2018 Jun 18;8(1):9230.
- 1881.** Heydrich L, Blanke O. Distinct illusory own-body perceptions caused by damage to posterior insula and extrastriate cortex. *Brain*. 2013;136(3):790–803.
- 1882.** Heymans MW, van Tulder MW, Esmail R, Bombardier C, Koes BW. Back schools for nonspecific low back pain: a systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 Oct 1;30(19):2153–63.
- 1883.** Heys JG, Rangarajan KV, Dombeck DA. The functional micro-organization of grid cells revealed by cellular-resolution imaging. *Neuron*. 2014 Dec;84(5):1079–90.
- 1884.** Hicks TP, Onodera S. The mammalian red nucleus and its role in motor systems, including the emergence of bipedalism and language. *Prog Neurobiol*. 2012;96(2):165–75.
- 1885.** Higley MJ, Gittis AH, Oldenburg IA, Balthasar N, Seal RP, Edwards RH, Lowell BB, Kreitzer AC, Sabatini BL. Cholinergic interneurons mediate fast VGLUT3-dependent glutamatergic transmission in the striatum. *PLoS One*. 2011 Apr 22;6(4):e19155.
- 1886.** Hikida T, Morita M, Macpherson T. Neural mechanisms of the nucleus accumbens circuit in reward and aversive learning. *Neurosci Res*. 2016 Jul;108:1–5.
- 1887.** Hilaire G, Voituron N, Menuet C, Ichiyama RM, Subramanian HH, Dutschmann M. The role of serotonin in respiratory function and dysfunction. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;174(1–2):76–88.
- 1888.** Hill DK. The volume change resulting from stimulation of a giant nerve fibre. *J Physiol*. 1950 Oct 16;111(3–4):304–27.

1889. Hill RA, Tong L, Yuan P, Murikinati S, Gupta S, Grutzendler J. Regional blood flow in the normal and ischemic brain is controlled by arteriolar smooth muscle cell contractility and not by capillary pericytes. *Neuron*. 2015;87(1):95–110.
1890. Hilton L, Hempel S, Ewing BA, Apaydin E, Xenakis L, Newberry S, Colaiaco B, Maher AR, Shanman RM, Sorbero ME, Maglione MA. Mindfulness meditation for chronic pain: systematic review and meta-analysis. *Ann Behav Med*. 2017 Apr;51(2):199–213.
1891. Hinahon E, Estrada C, Tong L, Won DS, de Leon RD. Robot-applied resistance augments the effects of body weight-supported treadmill training on stepping and synaptic plasticity in a rodent model of spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2017 Aug 25;31(8):746–57.
1892. Hines M. Sex-related variation in human behavior and the brain. *Trends Cogn Sci*. 2010 Oct;14(10):448–56.
1893. Hinman JR, Brandan MP, Climer JR, Chapman GW, Hasselmo ME. Multiple running speed signals in medial entorhinal cortex. *Neuron*. 2016 Aug;91(3):666–79.
1894. Hinnant JB, El-Sheikh M, Keiley M, Buckhalt JA. Marital conflict, allostatic load, and the development of children's fluid cognitive performance. *Child Dev*. 2013 Nov;84(6):2003–14.
1895. Hirano A, Zimmerman HM. Alzheimer's neurofibrillary changes. A topographic study. *Arch Neurol*. 1962 Sep;7:227–42.
1896. Hirasawa H, Betensky RA, Raviola E. Corelease of dopamine and GABA by a retinal dopaminergic neuron. *J Neurosci*. 2012;32(38):13281–91.
1897. Hirsch EC, Graybiel AM, Duyckaerts C, Javoy-Agid F. Neuronal loss in the pedunculopontine tegmental nucleus in Parkinson disease and in progressive supranuclear palsy. *Proc Natl Acad Sci*. 1987 Aug 1;84(16):5976–80.
1898. Hirunpattarasilp C, Attwell D, Freitas F. The role of pericytes in brain disorders: from the periphery to the brain. *J Neurochem*. 2019;150(6):648–65.
1899. Hite S. Sexual behavior in the human female. *Sex Cult*. 2006;10(1):49–62.
1900. Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci*. 2014 Jul 23;8:59.
1901. Hitscherich K, Smith K, Cuoco JA, Ruvoilo KE, Mancini JD, Leheste JR, Torres G. The glymphatic-lymphatic continuum: opportunities for osteopathic manipulative medicine. *J Am Osteopath Assoc*. 2016 Mar;116(3):170–7.
1902. Hitti FL, Siegelbaum SA. The hippocampal CA2 region is essential for social memory. *Nature*. 2014 Apr 23;508(7494):88–92.
1903. Hladky SB, Barrand MA. Elimination of substances from the brain parenchyma: efflux via perivascular pathways and via the blood-brain barrier. *Fluids Barriers CNS*. 2018 Oct 19;15(1):30.
1904. Hladky SB, Barrand MA. Fluid and ion transfer across the blood-brain and blood-cerebrospinal fluid barriers; a comparative account of mechanisms and roles. *Fluids Barriers CNS*. 2016 Oct 31;13(1):19.
1905. Hladky SB, Barrand MA. Mechanisms of fluid movement into, through and out of the brain: evaluation of the evidence. *Fluids Barriers CNS*. 2014 Dec 2;11(1):26.
1906. Hladky SB, Barrand MA. Metabolite clearance during wakefulness and sleep. *Handb Exp Pharmacol*. 2019;253:385–423.
1907. Hnasko TS, Hjelmstad GO, Fields HL, Edwards RH. Ventral tegmental area glutamate neurons: electrophysiological properties and projections. *J Neurosci*. 2012;32(43):15076–85.
1908. Ho Y, Li X, Jamison S, Harding HP, McKinnon PJ, Ron D, Lin W. PERK activation promotes medulloblastoma tumorigenesis by attenuating premalignant granule cell precursor apoptosis. *Am J Pathol*. 2016 Jul;186(7):1939–51.
1909. Hodge DR. A systematic review of the empirical literature on intercessory prayer. *Res Soc Work Pract*. 2007;17(2):174–87.
1910. Hodge RD, Miller JA, Novotny M, Kalmbach BE, Ting JT, Bakken TE, Aevermann BD, Barkan ER, Berkowitz-Cerasano ML, Cobbs C, Diez-Fuertes F, Ding SL, McCarrison J, Schork NJ, Shehata SI, Smith KA, Sunkin SM, Tran DN, Venepally P, Yanny AM, Steemers FJ, Phillips JW, Bernard A, Koch C, Lasken RS, Scheuermann RH, Lein ES. Transcriptomic evidence that von Economo neurons are regionally specialized extratelencephalic-projecting excitatory neurons. *Nat Commun*. 2020 Mar 3;11(1):1172.
1911. Hoegerl C. Landmark article supports osteopathic medicine. *J Am Osteopath Assoc*. 2015 Nov 1;115(11):646.
1912. Hoegerl C. Response: Landmark article supports osteopathic medicine. *J Am Osteopath Assoc*. 2016 Apr;116(4):200.
1913. Hof PR, Nimchinsky EA, Perl DP, Erwin JM. An unusual population of pyramidal neurons in the anterior cingulate cortex of hominids contains the calcium-binding protein calretinin. *Neurosci Lett*. 2001 Jul;307(3):139–42.
1914. Hof PR, Van der Gucht E. Structure of the cerebral cortex of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea, Mysticeti, Balaenopteridae). *Anat Rec (Hoboken)*. 2007 Jan;290(1):1–31.
1915. Hoffman AM, Dow SW. Concise review: stem cell trials using companion animal disease models. *Stem Cells*. 2016;34(7):1709–29.
1916. Hoffmann T, Sauer SK, Horch RE, Reeh PW. Sensory transduction in peripheral nerve axons elicits ectopic action potentials. *J Neurosci*. 2008;28(24):6281–4.
1917. Hofman MA. Evolution of the human brain: when bigger is better. *Front Neuroanat*. 2014 Mar 27;8:15.
1918. Hofmann K, Lamberz C, Piotrowicz K, Offermann N, But D, Scheller A, Al-Amoudi A, Kuerschner L. Tanyocytes and a differential fatty acid metabolism in the hypothalamus. *Glia*. 2017 Feb;65(2):231–49.
1919. Hofstetter CP, Holmström NA, Lilja JA, Schweinhardt P, Hao J, Spenger C, Wiesenfeld-Hallin Z, Kurpad SN, Frisé J, Olson L. Allodynia limits the usefulness of intraspinal neural stem cell grafts; directed differentiation improves outcome. *Nat Neurosci*. 2005 Mar;8(3):346–53.
1920. Hogan-Cann AD, Lu P, Anderson CM. Endothelial NMDA receptors mediate activity-dependent brain hemodynamic responses in mice. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019;116(21):10229–31.
1921. Holderith N, Lorincz A, Katona G, Rózsa B, Kulik A, Watanabe M, Nusser Z. Release probability of hippocampal glutamatergic terminals scales with the size of the active zone. *Nat Neurosci*. 2012 Jun 10;15(7):988–97.
1922. Hollander SA, Callus E. Cognitive and psychologic considerations in pediatric heart failure. *J Card Fail*. 2014 Oct;20(10):782–5.
1923. Höller Y, Tadzic A, Thomschewski AC, Höller P, Leis S, Tomasi SO, Hofer C, Bathke A, Nardone R, Trinka E. Factors affecting volume changes of the somatosensory cortex in patients with spinal cord injury: to be considered for future neuroprosthetic design. *Front Neurol*. 2017 Dec 11;8:662.
1924. Holloway BB, Stornetta RL, Bochorishvili G, Erisir A, Viar KE, Guyenet PG. Monosynaptic glutamatergic activation of locus coeruleus and other lower brainstem noradrenergic neurons by the C1 cells in mice. *J Neurosci*. 2013;33(48):18792–805.
1925. Holmes CJ, Jones BE. Importance of cholinergic, GABAergic, serotonergic and other neurons in the medial medullary reticular formation for sleep-wake states studied by cytotoxic lesions in the cat. *Neuroscience*. 1994;62(4):1179–200.
1926. Holmes CJ, Mainville LS, Jones BE. Distribution of cholinergic, gabaergic and serotonergic neurons in the medial medullary reticular formation and their projections studied by cytotoxic lesions in the cat. *Neuroscience*. 1994;62(4):1155–78.
1927. Holmes G, May WP. On the exact origin of the pyramidal tracts in man and other mammals. *Proc R Soc Med*. 1909;2(Neural Sect):92–100.
1928. Holmes GM, Blanke EN. Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2019 Oct;320:113009.
1929. Holmes GM, Blanke EN. Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2019 Oct;320:113009.
1930. Holmes GM. Upper gastrointestinal dysmotility after spinal cord injury: is diminished vagal sensory processing one culprit? *Front Physiol*. 2012 Jul 17;3:277.
1931. Holmes MM. Social regulation of adult neurogenesis: a comparative approach. *Front Neuroendocrinol*. 2016 Apr;41:59–70.
1932. Holstege G. How the emotional motor system controls the pelvic organs. *Sex Med Rev*. 2016;4(4):303–28.
1933. Holstege G. The periaqueductal gray controls brainstem emotional motor systems including respiration. *Prog Brain Res*. 2014;209:379–405.
1934. Holstege JC, Bongers CMH. A glycinergic projection from the ventromedial lower brainstem to spinal motoneurons. An ultrastructural double labelling study in rat. *Brain Res*. 1991;566(1–2):308–15.
1935. Holt MK, Llewellyn-Smith IJ, Reimann F, Gribble FM, Trapp S. Serotonergic modulation of the activity of GLP-1 producing neurons in the nucleus of the solitary tract in mouse. *Mol Metab*. 2017;6(8):909–21.
1936. Holter KE, Kehlet B, Devor A, Sejnowski TJ, Dale AM, Omholt SW, Ottersen OP, Nagelhus EA, Mardal KA, Pettersen KH. Interstitial solute transport in 3D reconstructed neuropil occurs by diffusion rather than bulk flow. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017 Sep 12;114(37):9894–9.
1937. Holtz KA, Lipson R, Noonan VK, Kwon BK, Mills PB. Prevalence and effect of problematic spasticity after traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(6):1132–8.
1938. Honda T, Semba K. Serotonergic synaptic input to cholinergic neurons in the rat mesopontine tegmentum. *Brain Res*. 1994;647(2):299–306.
1939. Honma S, Ikeda M, Abe H, Tanahashi Y, Namihira M, Honma K, Nomura M. Circadian oscillation of BMAL1, a partner of a mammalian clock gene *Clock*, in rat suprachiasmatic nucleus. *Biochem Biophys Res Commun*. 1998 Sep 8;250(1):83–7.
1940. Hoover WB, Vertes RP. Anatomical analysis of afferent projections to the medial prefrontal cortex in the rat. *Brain Struct Funct*. 2007;212(2):149–79.
1941. Hoppenbrouwers SS, Schutter DJLG, Fitzgerald PB, Chen R, Daskalakis ZJ. The role of the cerebellum in the pathophysiology and treatment of neuropsychiatric disorders: a review. *Brain Res Rev*. 2008;59(1):185–200.

1942. Hor JH, Soh ES, Tan LY, Lim VJW, Santosa MM, Winanto, Ho BX, Fan Y, Soh BS, Ng SY. Cell cycle inhibitors protect motor neurons in an organoid model of spinal muscular atrophy. *Cell Death Dis.* 2018 Oct 27;9(11):1100.
1943. Hore Z, Denk F. Neuroimmune interactions in chronic pain — an interdisciplinary perspective. *Brain Behav Immun.* 2019 Jul;79:56–62.
1944. Horn A, Ostwald D, Reisert M, Blankenburg F. The structural-functional connectome and the default mode network of the human brain. *Neuroimage.* 2014;102(P1):142–51.
1945. Hornby TG, Rymer WZ, Benz EN, Schmit BD. Windup of flexion reflexes in chronic human spinal cord injury: a marker for neuronal plateau potentials? *J Neurophysiol.* 2003;89(1):416–26.
1946. Horner AJ, Bisby JA, Zotow E, Bush D, Burgess N. Grid-like processing of imagined navigation. *Curr Biol.* 2016 Mar;26(6):842–7.
1947. Hornung JP. The human raphe nuclei and the serotonergic system. *J Chem Neuroanat.* 2003;26(4):331–43.
1948. Horsburgh A, Massoud TF. The circumventricular organs of the brain: conspicuity on clinical 3T MRI and a review of functional anatomy. *Surg Radiol Anat.* 2013;35(4):343–9.
1949. Horton JC, Adams DL. The cortical column: a structure without a function. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2005 Apr 29;360(1456):837–62.
1950. Hosford PS, Gourine AV. What is the key mediator of the neurovascular coupling response? *Neurosci Biobehav Rev.* 2019 Jan;96:174–81.
1951. Hoshi E, Tremblay L, Féger J, Carras PL, Strick PL. The cerebellum communicates with the basal ganglia. *Nat Neurosci.* 2005;8(11):1491–3.
1952. Hoshino M. Neuronal subtype specification in the cerebellum and dorsal hindbrain. *Dev Growth Differ.* 2012;54(3):317–26.
1953. Hoşrik EM, Cüceloğlu AE, Erpolat S. Therapeutic effects of islamic intercessory prayer on warts. *J Relig Health.* 2017;56(6):2053–60.
1954. Hossain G, Myers MH, Kozma R. Spatial directionality found in frontal-parietal attentional networks. *Neurosci J.* 2018 Aug 30;2018:7879895.
1955. Hossaini M, Goos JA, Kohli SK, Holstege JC. Distribution of glycine/GABA neurons in the ventromedial medulla with descending spinal projections and evidence for an ascending glycine/GABA projection. *PLoS One.* 2012;7(4):e35293.
1956. Hosseini E. Brain-to-brain communication: the possible role of brain electromagnetic fields (As a Potential Hypothesis). *Heliyon.* 2021 Mar 1;7(3):e06363.
1957. Hostiuc S, Rusu MC, Negroi I, Perlea P, Dorobanțu B, Drima E. The moral status of cerebral organoids. *Regen Ther.* 2019;10:118–22.
1958. Hottes TS, Bogaert L, Rhodes AE, Brennan DJ, Gesink D. Lifetime prevalence of suicide attempts among sexual minority adults by study sampling strategies: A systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health.* 2016;106(5):e1–12.
1959. Hou JM, Sun TS, Xiang ZM, Zhang JZ, Zhang ZC, Zhao M, Zhong JF, Liu J, Zhang H, Liu HL, Yan RB, Li HT. Alterations of resting-state regional and network-level neural function after acute spinal cord injury. *Neuroscience.* 2014 Sep 26;277:446–54.
1960. Hou S, Rabchevsky AG. Autonomic consequences of spinal cord injury. *Compr Physiol.* 2014;4(4):1419–53.
1961. Hou Y, Shin YJ, Han EJ, Choi JS, Park JM, Cha JH, Choi JY, Lee MY. Distribution of vascular endothelial growth factor receptor-3/Flt4 mRNA in adult rat central nervous system. *J Chem Neuroanat.* 2011 Sep;42(1):56–64.
1962. Hou YP, Manns ID, Jones BE. Immunostaining of cholinergic pontomesencephalic neurons for  $\alpha 1$  versus  $\alpha 2$  adrenergic receptors suggests different sleep-wake state activities and roles. *Neuroscience.* 2002;114(3):517–21.
1963. Hougaard A, Lindberg U, Arnglim N, Larsson HB, Olesen J, Amin FM, Ashina M, Haddock BT. Evidence of a Christmas spirit network in the brain: functional MRI study. *BMJ.* 2015 Dec 16;351:h6266.
1964. Houle JD, Ye JH. Survival of chronically-injured neurons can be prolonged by treatment with neurotrophic factors. *Neuroscience.* 1999;94(3):929–36.
1965. Hovda DA. The neurophysiology of concussion. *Prog Neurol Surg.* 2014;28:28–37.
1966. Howard JD, Kahnt T. Identity prediction errors in the human midbrain update reward-identity expectations in the orbitofrontal cortex. *Nat Commun.* 2018 Apr 23;9(1):1611.
1967. Howard MW, MacDonald CJ, Tiganj Z, Shankar KH, Du Q, Hasselmo ME, Eichenbaum H. A unified mathematical framework for coding time, space, and sequences in the hippocampal region. *J Neurosci.* 2014 Mar 26;34(13):4692–707.
1968. Howard MW, Shankar KH, Aue WR, Criss AH. A distributed representation of internal time. *Psychol Rev.* 2015;122(1):24–53.
1969. Howarth C. The contribution of astrocytes to the regulation of cerebral blood flow. *Front Neurosci.* 2014 May 9;8:103.
1970. Howell OW, Schulz-Trieglaff EK, Carassiti D, Gentleman SM, Nicholas R, Roncaroli F, Reynolds R. Extensive grey matter pathology in the cerebellum in multiple sclerosis is linked to inflammation in the subarachnoid space. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2015 Oct;41(6):798–813.
1971. Howlett JR, Paulus MP. The neural basis of testable and non-testable beliefs. *PLoS One.* 2015 May 5;10(5):e0124596.
1972. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The Epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2010;24(6):769–81.
1973. Hrabětová S, Hrabě J, Nicholson C. Dead-space microdomains hinder extracellular diffusion in rat neocortex during ischemia. *J Neurosci.* 2003;23(23):8351–9.
1974. Hradek AC, Lee HP, Siedlak SL, Torres SL, Jung W, Han AH, Lee HG. Distinct chronology of neuronal cell cycle re-entry and tau pathology in the 3xTg-AD mouse model and Alzheimer's disease patients. *J Alzheimers Dis.* 2015;43(1):57–65.
1975. Hsieh TH, Tsai JY, Wu YN, Hwang IS, Chen TI, Chen JJ. Time course quantification of spastic hypertonia following spinal hemisection in rats. *Neuroscience.* 2010 Apr 28;167(1):185–98.
1976. Hsu M, Rayasam A, Kijak JA, Choi YH, Harding JS, Marcus SA, Karpus WJ, Sandor M, Fabry Z. Neuroinflammation-induced lymphangiogenesis near the cribriform plate contributes to drainage of CNS-derived antigens and immune cells. *Nat Commun.* 2019 Jan 16;10(1):229.
1977. Hu K, Chen C, Meng Q, Williams Z, Xu W. Scientific profile of brain-computer interfaces: bibliometric analysis in a 10-year period. *Neurosci Lett.* 2016;635:61–6.
1978. Hu R, Jin S, He X, Xu F, Hu J. Whole-brain monosynaptic afferent inputs to basal forebrain cholinergic system. *Front Neuroanat.* 2016 Oct 10;10:98.
1979. Hu W, An C, Chen WJ. Molecular mechanoneurobiology: an emerging angle to explore neural synaptic functions. *Biomed Res Int.* 2015;2015:486827.
1980. Hu Y, Li M, Göthert JR, Gomez RA, Sequeira-Lopez MLS. Hemovascular progenitors in the kidney require sphingosine-1-phosphate receptor 1 for vascular development. *J Am Soc Nephrol.* 2016;27(7):1984–95.
1981. Hu YF, Gourab K, Wells C, Clewes O, Schmit BD, Sieber-Blum M. Epidermal neural crest stem cell (EP-NCSC)-mediated recovery of sensory function in a mouse model of spinal cord injury. *Stem Cell Rev Reports.* 2010;6(2):186–98.
1982. Hua J, Qin Q, Pekar JJ, van Zijl PCM. Measurement of absolute arterial cerebral blood volume in human brain without using a contrast agent. *NMR Biomed.* 2011 Dec;24(10):1313–25.
1983. Hua R, Li P, Wang X, Yang J, Zheng P, Niu X, Li Y, An Y. Evaluation of somatosensory evoked potential and pain rating index in a patient with spinal cord injury accepted cell therapy. *Pain Physician.* 2016 May;19(4):E659–66.
1984. Huang AL, Chen X, Hoon MA, Chandrashekar J, Guo W, Tränkner D, Ryba NJ, Zuker CS. The cells and logic for mammalian sour taste detection. *Nature.* 2006 Aug 24;442(7105):934–8.
1985. Huang B, Li G, Jiang XH. Fate determination in mesenchymal stem cells: a perspective from histone-modifying enzymes. *Stem Cell Res Ther.* 2015 Mar 19;6(1):35.
1986. Huang D, Chen S, Wang S, Shi J, Ye H, Luo J, Zheng H. Activation of the DLPFC reveals an asymmetric effect in risky decision making: evidence from a tDCS study. *Front Psychol.* 2017 Jan 24;8:38.
1987. Huang Q, Hu X, He W, Zhao Y, Hao S, Wu Q, Li S, Zhang S, Shi M. Fluid shear stress and tumor metastasis. *Am J Cancer Res.* 2018 May 1;8(5):763–77.
1988. Huang S, Ye L, Chen H. Sex determination and maintenance: the role of DMRT1 and FOXL2. *Asian J Androl.* 2017;19(6):619–24.
1989. Huang TT, Lai JB, Du YL, Xu Y, Ruan LM, Hu SH. Current understanding of gut microbiota in mood disorders: an update of human studies. *FRONT Genet.* 2019 Feb 19;10:98.
1990. Huang WA, Boyle NG, Vaseghi M. Cardiac innervation and the autonomic nervous system in sudden cardiac death. *Card Electrophysiol Clin.* 2017 Dec;9(4):665–79.
1991. Huang Y, Bai JY, Ren HT. PIRNA biogenesis and its functions. *Russ J Bioorganic Chem.* 2014;40(3):293–9.
1992. Huang Y. Analysis on artist neuropsychology and art creation. *Transl Neurosci.* 2019;10(1):64–9.
1993. Huang Z, Obara N, Davis HH, Pokorný J, Northoff G. The temporal structure of resting-state brain activity in the medial prefrontal cortex predicts self-consciousness. *Neuropsychologia.* 2016;82:161–70.
1994. Huang Z, Zang K, Reichardt LF. The origin recognition core complex regulates dendrite and spine development in postmitotic neurons. *J Cell Biol.* 2005;170(4):527–35.
1995. Huang ZL, Qu WM, Eguchi N, Chen JF, Schwarzschild MA, Fredholm BB, Urade Y, Hayaishi O. Adenosine A2A, but not A1, receptors mediate the arousal effect of caffeine. *Nat Neurosci.* 2005 Jul;8(7):858–9.
1996. Hubbard JM, Böhm UL, Prendergast A, Tseng PB, Newman M, Stokes C, Wyrart C. Intraspinous sensory neurons provide powerful inhibition to motor circuits ensuring postural control during locomotion. *Curr Biol.* 2016 Nov 7;26(21):2841–53.

1997. Hubel DH, Wiesel TN. Shape and arrangement of columns in cat's striate cortex. *J Physiol.* 1963 Mar 1;165(3):559–68.
1998. Hubscher CH, Johnson RD. Responses of medullary reticular formation neurons to input from the male genitalia. *J Neurophysiol.* 1996 Oct 1;76(4):2474–82.
1999. Hubscher CH, Kaddumi EG, Johnson RD. Brain stem convergence of pelvic viscerosomatic inputs via spinal and vagal afferents. *Neuroreport.* 2004;15(8):1299–302.
2000. Hubscher CH, Reed WR, Kaddumi EG, Armstrong JE, Johnson RD. Select spinal lesions reveal multiple ascending pathways in the rat conveying input from the male genitalia. *J Physiol.* 2010;588(7):1073–83.
2001. Hucklenbroich P. Medical criteria of pathologicity and their role in scientific psychiatry—comments on the articles of Henrik Walter and Marco Stier. *Front Psychol.* 2014 Feb 19;5:128.
2002. Huda R, Pollema-Mays SL, Chang Z, Alheid GF, McCrimmon DR, Martina M. Acid-sensing ion channels contribute to chemosensitivity of breathing-related neurons of the nucleus of the solitary tract. *J Physiol.* 2012;590(19):4761–75.
2003. Hughes S, Rodgers J, Hickey D, Foster RG, Peirson SN, Hankins MW. Characterisation of light responses in the retina of mice lacking principle components of rod, cone and melanopsin phototransduction signalling pathways. *Sci Rep.* 2016 Jun 15;6:28086.
2004. Hugnot JP, Franzen R. The spinal cord ependymal region: a stem cell niche in the caudal central nervous system. *Front Biosci (Landmark Ed).* 2011 Jan 1;16:1044–59.
2005. Huguenard JR, McCormick DA. Thalamic synchrony and dynamic regulation of global forebrain oscillations. *Trends Neurosci.* 2007;30(7):350–6.
2006. Huh CY, Amilhon B, Ferguson KA, Manseau F, Torres-Platas SG, Peach JP, Scodras S, Mechawar N, Skinner FK, Williams S. Excitatory inputs determine phase-locking strength and spike-timing of CA1 stratum oriens/alveus parvalbumin and somatostatin interneurons during intrinsically generated hippocampal theta rhythm. *J Neurosci.* 2016 Jun 22;36(25):6605–22.
2007. Huh Y, Ji RR, Chen G. Neuroinflammation, bone marrow stem cells, and chronic pain. *Front Immunol.* 2017 Aug 21;8:1014.
2008. Hui DS, Morley JE, Mikolajczak PC, Lee R. Atrial fibrillation: a major risk factor for cognitive decline. *Am Heart J.* 2015;169(4):448–56.
2009. Hulett JM, Armer JM, Leary E, Stewart BR, McDaniel R, Smith K, Millspaugh R, Millspaugh J. Religiousness, spirituality, and salivary cortisol in breast cancer survivorship: a pilot study. *Cancer Nurs.* 2018 Mar/Apr;41(2):166–75.
2010. Hulett JM, Armer JM. A Systematic review of spiritually based interventions and psychoneuroimmunological outcomes in breast cancer survivorship. *Integr Cancer Ther.* 2016;15(4):405–23.
2011. Hull MM, Madhavan D, Zaroff CM. Autistic spectrum disorder, epilepsy, and vagus nerve stimulation. *Childs Nerv Syst.* 2015 Aug;31(8):1377–85.
2012. Hulseley DR, Hays SA, Khodaparast N, Ruiz A, Das P, Rennaker RL 2nd, Kilgard MP. Reorganization of motor cortex by vagus nerve stimulation requires cholinergic innervation. *Brain Stimul.* 2016 Mar-Apr;9(2):174–81.
2013. Huma Z, Du Beau A, Brown C, Maxwell DJ. Origin and neurochemical properties of bulbosacral neurons projecting to the rat lumbar spinal cord via the medial longitudinal fasciculus and caudal ventrolateral medulla. *Front Neural Circuits.* 2014 Apr 28;8:40.
2014. Huma Z, Maxwell DJ. The spino-bulbar-cerebellar pathway: organization and neurochemical properties of spinal cells that project to the lateral reticular nucleus in the rat. *Front Neuroanat.* 2015 Jan 22;9:1.
2015. Humm JL, Kozlowski DA, Bland ST, James DC, Schallert T. Use-dependent exaggeration of brain injury: is glutamate involved? *Exp Neurol.* 1999;157(2):349–58.
2016. Humm JL, Kozlowski DA, James DC, Gotts JE, Schallert T. Use-dependent exacerbation of brain damage occurs during an early post-lesion vulnerable period. *Brain Res.* 1998;783(2):286–92.
2017. Hümmert MW, Alvermann S, Gingele S, Gross CC, Wiendl H, Mirenska A, Hennig C, Stangel M. Immunophenotyping of cerebrospinal fluid cells by Chipcytometry. *J Neuroinflammation.* 2018 May 25;15(1):160.
2018. Hummos A, Franklin CC, Nair SS. Intrinsic mechanisms stabilize encoding and retrieval circuits differentially in a hippocampal network model. *Hippocampus.* 2014;24(12):1430–48.
2019. Humo M, Lu H, Yalcin I. The molecular neurobiology of chronic pain-induced depression. *Cell Tissue Res.* 2019;377(1):21–43.
2020. Hunt DL, Linaro D, Si B, Romani S, Spruston N. A novel pyramidal cell type promotes sharp-wave synchronization in the hippocampus. *Nat Neurosci.* 2018;21(7):985–95.
2021. Hunter JP, Ashby P. Segmental effects of epidural spinal cord stimulation in humans. *J Physiol.* 1994;474(3):407–19.
2022. Hunter JV, Batchelder KF, Lo EH, Wolf GL. Imaging techniques for in vivo quantitation of extracranial lymphatic drainage of the brain. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 1995;21(3):185–8.
2023. Huntley MA, Lou M, Goldstein LD, Lawrence M, Dijkgraaf GJ, Kaminker JS, Gentleman R. Complex regulation of ADAR-mediated RNA-editing across tissues. *BMC Genomics.* 2016 Jan 15;17:61.
2024. Hur J, Tillman RM, Fox AS, Shackman AJ. The value of clinical and translational neuroscience approaches to psychiatric illness. *Behav Brain Sci.* 2019 Mar 6;42(6188):e11.
2025. Hur W, Sun Z, Jiang T, Mason DE, Peters EC, Zhang DD, Luesch H, Schultz PG, Gray NS. A small-molecule inducer of the antioxidant response element. *Chem Biol.* 2010 May 28;17(5):537–47.
2026. Hüskens U, Stickney HL, Gestri G, Bianco IH, Faro A, Young RM, Roussigne M, Hawkins TA, Beretta CA, Brinkmann I, Paolini A, Jacinto R, Albadri S, Dreosti E, Tsalaouta M, Schwarz Q, Cavodeassi F, Barth AK, Wen L, Zhang B, Blader P, Yakis E, Poggi L, Zigmam M, Lin S, Wilson SW, Carl M. Tcf7l2 is required for left-right asymmetric differentiation of habenular neurons. *Curr Biol.* 2014 Oct 6;24(19):2217–27.
2027. Hvoslef-Eide M, Oomen CA, Fisher BM, Heath CJ, Robbins TW, Saksida LM, Bussey TJ. Facilitation of spatial working memory performance following intra-prefrontal cortical administration of the adrenergic alpha1 agonist phenylephrine. *Psychopharmacology (Berl).* 2015 Nov;232(21–22):4005–16.
2028. Hwang M, Zebracki K, Chlan KM, Vogel LC. Longitudinal changes in medical complications in adults with pediatric-onset spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2014;37(2):171–8.
2029. Hyman BT, Van Hoesen GW, Damasio AR, Barnes CL. Alzheimer's disease: cell-specific pathology isolates the hippocampal formation. *Science.* 1984 Sep 14;225(4667):1168–70.
2030. Hyman BT, Van Hoesen GW, Kromer LJ, Damasio AR. Perforant pathway changes and the memory impairment of Alzheimer's disease. *Ann Neurol.* 1986;20(4):472–81.
2031. Ibáñez A, Zimmerman M, Sedeño L, Lori N, Rapacioli M, Cardona JF, Suarez DMA, Herrera E, García AM, Manes F. Early bilateral and massive compromise of the frontal lobes. *Neuroimage Clin.* 2018 Feb 27;18:543–52.
2032. Ichimura T, Fraser PA, Cserr HF. Distribution of extracellular tracers in perivascular spaces of the rat brain. *Brain Res.* 1991;545(1–2):103–13.
2033. Igarashi KM, Ieki N, An M, Yamaguchi Y, Nagayama S, Kobayakawa K, Kobayakawa R, Tanifuji M, Sakano H, Chen WR, Mori K. Parallel mitral and tufted cell pathways route distinct odor information to different targets in the olfactory cortex. *J Neurosci.* 2012 Jun 6;32(23):7970–85.
2034. Igarashi KM, Lu L, Colgin LL, Moser M-B, Moser EI. Coordination of entorhinal-hippocampal ensemble activity during associative learning. *Nature.* 2014 Jun 16;510(7503):143–7.
2035. Igarashi KM. Plasticity in oscillatory coupling between hippocampus and cortex. *Curr Opin Neurobiol.* 2015 Dec;35:163–8.
2036. Igarashi KM. The entorhinal map of space. *Brain Res.* 2016 Apr;1637:177–87.
2037. Igelström KM, Graziano MSA. The inferior parietal lobule and temporoparietal junction: a network perspective. *Neuropsychologia.* 2017 Oct;105:70–83.
2038. Ikemoto S. Dopamine reward circuitry: two projection systems from the ventral midbrain to the nucleus accumbens-olfactory tubercle complex. *Brain Res Rev.* 2007 Nov;56(1):27–78.
2039. Iliff JJ, Lee H, Yu M, Feng T, Logan J, Nedergaard M, Benveniste H. Brain-wide pathway for waste clearance captured by contrast-enhanced MRI. *J Clin Invest.* 2013 Mar;123(3):1299–309.
2040. Iliff JJ, Wang M, Liao Y, Plogg BA, Peng W, Gundersen GA, Benveniste H, Vates GE, Deane R, Goldman SA, Nagelhus EA, Nedergaard M. A paravascular pathway facilitates CSF flow through the brain parenchyma and the clearance of interstitial solutes, including amyloid  $\beta$ . *Sci Transl Med.* 2012 Aug 15;4(147):147ra111.
2041. Iliff JJ, Wang M, Zeppenfeld DM, Venkataraman A, Plog BA, Liao Y, Deane R, Nedergaard M. Cerebral arterial pulsation drives paravascular CSF-interstitial fluid exchange in the murine brain. *J Neurosci.* 2013 B Nov 13;33(46):18190–9.
2042. Illes S. More than a drainage fluid: the role of CSF in signaling in the brain and other effects on brain tissue. *Handb Clin Neurol.* 2017;146:33–46.
2043. Ilyas A, Pizarro D, Romeo AK, Riley KO, Pati S. The centromedian nucleus: anatomy, physiology, and clinical implications. *J Clin Neurosci.* 2019 May;63:1–7.
2044. Imai T. Construction of functional neuronal circuitry in the olfactory bulb. *Semin Cell Dev Biol.* 2014;35:180–8.

2045. Inda MC, DeFelipe J, Muñoz A. Morphology and distribution of chandelier cell axon terminals in the mouse cerebral cortex and claustrum/amygdaloid complex. *Cereb Cortex*. 2009;19(1):41–54.
2046. Ingalhalikar M, Smith A, Parker D, Satterthwaite TD, Elliott MA, Ruparel K, Hakonarson H, Gur RE, Gur RC, Verma R. Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 Jan 14;111(2):823–8.
2047. Inglesse M, Bomszyk E, Gonen O, Mannon LJ, Grossman RI, Rusinek H. Dilated perivascular spaces: hallmarks of mild traumatic brain injury. *Am J Neuroradiol*. 2005;26(4):719–24.
2048. Innocenti GM, Vercelli A. Dendritic bundles, minicolumns, columns, and cortical output units. *Front Neuroanat*. 2010 Mar 12;4:11.
2049. Insausti R, Amaral DG, Cowan WM. The entorhinal cortex of the monkey: II. Cortical afferents. *J Comp Neurol*. 1987 Oct 15;264(3):356–95.
2050. Insausti R, Amaral DG. Entorhinal cortex of the monkey: IV. Topographical and laminar organization of cortical afferents. *J Comp Neurol*. 2008 Aug 20;509(6):608–41.
2051. Insausti R, Amaral DG. Hippocampal formation. In: *The human nervous system*, 3rd edition. J. Mai, G. Paxinos (eds). Elsevier, 2012, 1428 p., P.896–942.
2052. Insausti R, Insausti AM, Sobreviela MT, Salinas A, Martínez-Peñuela JM. Human medial temporal lobe in aging: Anatomical basis of memory preservation. *Microsc Res Tech*. 1998 Oct 1;43(1):8–15.
2053. Insausti R, Muñoz-López M, Insausti AM, Artacho-Pérola E. The human periallocortex: layer pattern in presubiculum, parasubiculum and entorhinal cortex. A review. *Front Neuroanat*. 2017 Oct 4;11:84.
2054. Insausti R, Tuñón T, Sobreviela T, Insausti AM, Gonzalo LM. The human entorhinal cortex: a cytoarchitectonic analysis. *J Comp Neurol*. 1995 May 1;355(2):171–98.
2055. Insel TR. Brain somatic mutations: the dark matter of psychiatric genetics. *Mol Psychiatry*. 2014;19(2):156–8.
2056. Intiso D, Basciani M, Santamato A, Intiso M, Di Rienzo F. Botulinum toxin type A for the treatment of neuropathic pain in neuro-rehabilitation. *Toxins (Basel)*. 2015;7(7):2454–80.
2057. Ionta S, Heydrich L, Lenggenhager B, Mouthon M, Fornari E, Chapuis D, Gassert R, Blanke O. Multisensory mechanisms in temporo-parietal cortex support self-location and first-person perspective. *Neuron*. 2011 Apr 28;70(2):363–74.
2058. Ionta S, Martuzzi R, Salomon R, Blanke O. The brain network reflecting bodily self-consciousness: a functional connectivity study. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2014 Dec 1;9(12):1904–13.
2059. Irigoyen P, Lee AT, Wener MH, Li W, Kern M, Batliwalla F, Lum RF, Massarotti E, Weisman M, Bombardier C, Remmers EF, Kastner DL, Seldin MF, Criswell LA, Gregersen PK. Regulation of anti-cyclic citrullinated peptide antibodies in rheumatoid arthritis: contrasting effects of HLA-DR3 and the shared epitope alleles. *Arthritis Rheum*. 2005 Dec;52(12):3813–8.
2060. Irimia A, Chambers MC, Torgerson CM, Van Horn JD. Circular representation of human cortical networks for subject and population-level connectomic visualization. *Neuroimage*. 2012 Apr;60(2):1340–51.
2061. Irimia A, Van Horn JD. Scale-dependent variability and quantitative regimes in graph-theoretic representations of human cortical networks. *Brain Connect*. 2016;6(2):152–63.
2062. Irimia A, Van Horn JD. Systematic network lesioning reveals the core white matter scaffold of the human brain. *Front Hum Neurosci*. 2014 Feb 11;8:51.
2063. Irimia A, Van Horn JD. The structural, connectomic and network covariance of the human brain. *Neuroimage*. 2013 Feb;66(1):489–99.
2064. Irizar B, Muñoz-Culla M, Sepúlveda L, Sáenz-Cuesta M, Prada A, Castillo-Triviño T, Zamora-López G, López de Munain A, Olascoaga J, Otaegui D. Transcriptomic profile reveals gender-specific molecular mechanisms driving multiple sclerosis progression. *PLoS One*. 2014 Feb 28;9(2):e90482.
2065. Irizarry MC, Soriano F, McNamara M, Page KJ, Schenk D, Games D, Hyman BT. Abeta deposition is associated with neuropil changes, but not with overt neuronal loss in the human amyloid precursor protein V717F (PDAPP) transgenic mouse. *J Neurosci*. 1997 Sep 15;17(18):7053–9.
2066. Irmak MK, Korkmaz A, Eroglu O. Selective brain cooling seems to be a mechanism leading to human craniofacial diversity observed in different geographical regions. *Med Hypotheses*. 2004;63(6):974–9.
2067. Irmak MK. Schizophrenia or possession? *J Relig Health*. 2014;53(3):773–7.
2068. Irmak SO, de Lecea L. Basal forebrain cholinergic modulation of sleep transitions. *Sleep*. 2014 Dec 1;37(12):1941–51.
2069. Irwin MR, Cole SW. Reciprocal regulation of the neural and innate immune systems. *Nat Rev Immunol*. 2011;11(9):625–32.
2070. Isa T. The brain is needed to cure spinal cord injury. *Trends Neurosci*. 2017;40(10):625–36.
2071. Isaeva VV, Kasyanov NV, Presnov EV. Topological singularities and symmetry breaking in development. *BioSystems*. 2012;109(3):280–98.
2072. Ishibashi M, Gumenchuk I, Kang B, Steger C, Lynn E, Molina NE, Eisenberg LM, Leonard CS. Orexin receptor activation generates gamma band input to cholinergic and serotonergic arousal system neurons and drives an intrinsic Ca(2+)-dependent resonance in LDT and PPT cholinergic neurons. *Front Neurol*. 2015 Jun 2;6:120.
2073. Ishikawa A, Ishida Y, Nakamura S. Neurons in the lateral paragigantocellular nucleus projecting to the infralimbic cortex in rats: Electrical activity and response to changes in blood pressure. *Neurosci Lett*. 2001;311(1):57–60.
2074. Ishizu T, Zeki S. The experience of beauty derived from sorrow. *Hum Brain Mapp*. 2017;38(8):4185–200.
2075. Ishizuka N, Cowan WM, Amaral DG. A quantitative analysis of the dendritic organization of pyramidal cells in the rat hippocampus. *J Comp Neurol*. 1995;362(1):17–45.
2076. Ishizuka N, Weber J, Amaral DG. Organization of intrahippocampal projections originating from CA3 pyramidal cells in the rat. *J Comp Neurol*. 1990;295(4):580–623.
2077. Islami F, Ferlay J, Lortet-Tieulent J, Bray F, Jemal A. International trends in anal cancer incidence rates. *Int J Epidemiol*. 2017;46(3):924–38.
2078. Ismail FY, Fatemi A, Johnston MV. Cerebral plasticity: windows of opportunity in the developing brain. *Eur J Paediatr Neurol*. 2017;21(1):23–48.
2079. Isope P, Barbour B. Properties of unitary granule cell→Purkinje cell synapses in adult rat cerebellar slices. *J Neurosci*. 2002 Nov 15;22(22):9668–78.
2080. Issa HA, Staes N, Diggs-Galligan S, Stimpson CD, Gendron-Fitzpatrick A, Tagliabue JP, Hof PR, Hopkins WD, Sherwood CC. Comparison of bonobo and chimpanzee brain microstructure reveals differences in socio-emotional circuits. *Brain Struct Funct*. 2019 Jan;224(1):239–51.
2081. Ito A, Abe N, Fujii T, Hayashi A, Ueno A, Mugikura S, Takahashi S, Mori E. The contribution of the dorsolateral prefrontal cortex to the preparation for deception and truth-telling. *Brain Res*. 2012 Jun 29;1464:43–52.
2082. Ito A, Abe N, Fujii T, Ueno A, Koseki Y, Hashimoto R, Mugikura S, Takahashi S, Mori E. The role of the dorsolateral prefrontal cortex in deception when remembering neutral and emotional events. *Neurosci Res*. 2011 Feb;69(2):121–8.
2083. Ito HT, Zhang SJ, Witter MP, Moser EI, Moser MB. A prefrontal-thalamo-hippocampal circuit for goal-directed spatial navigation. *Nature*. 2015;522(7554):50–5.
2084. Ito HT. Prefrontal-hippocampal interactions for spatial navigation. *Neurosci Res*. 2018;129:2–7.
2085. Ito M, Komai K, Nakamura T, Srirat T, Yoshimura A. Tissue regulatory T cells and neural repair. *Int Immunol*. 2019;31(6):361–9.
2086. Ito M. Cerebellar circuitry as a neuronal machine. *Prog Neurobiol*. 2006;78(3–5):272–303.
2087. Ito M. Control of mental activities by internal models in the cerebellum. *Nat Rev Neurosci*. 2008 Apr;9(4):304–13.
2088. Ito Y, Shibata M, Tanaka Y, Terasawa Y, Umeda S. Affective and temporal orientation of thoughts: electrophysiological evidence. *Brain Res*. 2019 Sep 15;1719:148–56.
2089. Itskov V, Curto C, Pastalkova E, Buzsáki G. Cell assembly sequences arising from spike threshold adaptation keep track of time in the hippocampus. *J Neurosci*. 2011;31(8):2828–34.
2090. Iturriaga R, Del Rio R, Idiaquez J, Somers VK. Carotid body chemoreceptors, sympathetic neural activation, and cardiometabolic disease. *Biol Res*. 2016 Feb 26;49:13.
2091. Ivancovsky T, Kurman J, Morio H, Shamay-Tsoory S. Transcranial direct current stimulation (tDCS) targeting the left inferior frontal gyrus: Effects on creativity across cultures. *Soc Neurosci*. 2019;14(3):277–85.
2092. Iwahori N, Mizuno N. Entopeduncular nucleus of the cat: a Golgi study. *Exp Neurol*. 1981;72(3):654–61.
2093. Iyer NR, Willems TS, Sakiyama-Elbert SE. Stem cells for spinal cord injury: strategies to inform differentiation and transplantation. *Biotechnol Bioeng*. 2017 Feb;114(2):245–59.
2094. Iyilikci O, Balthazart J, Ball GF. Medial preoptic regulation of the ventral tegmental area related to the control of sociosexual behaviors. *eNeuro*. 2017 Jan 9;3(6):ENEURO.0283-16.2016.
2095. Izen RM, Yamazaki T, Nishinaka-Arai Y, Hong YK, Mukoyama YS. Postnatal development of lymphatic vasculature in the brain meninges. *Dev Dyn*. 2018;247(5):741–53.
2096. Izquierdo I, Furini CRG, Myskiw JC. Fear memory. *Physiol Rev*. 2016;96(2):695–750.
2097. Jabbari B. Botulinum neurotoxins in the treatment of refractory pain. *Nat Clin Pract Neurol*. 2008;4(12):676–85.
2098. Jackson J, Amilhon B, Goutagny R, Bott JB, Manseau F, Kortleven C, Bressler SL, Williams S. Reversal of theta rhythm flow through intact hippocampal circuits. *Nat Neurosci*. 2014 Oct;17(10):1362-70.

2099. Jackson PL, Brunet E, Meltzoff AN, Decety J. Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how I feel versus how you feel pain. *Neuropsychologia*. 2006;44(5):752–61.
2100. Jackson PL, Rainville P, Decety J. To what extent do we share the pain of others? Insight from the neural bases of pain empathy. *Pain*. 2006;125(1–2):5–9.
2101. Jacob C. Transcriptional control of neural crest specification into peripheral glia. *Glia*. 2015;63(11):1883–96.
2102. Jacob PY, Capitano F, Poucet B, Save E, Sargolini F. Path integration maintains spatial periodicity of grid cell firing in a 1D circular track. *Nat Commun*. 2019 Feb 19;10(1):840.
2103. Jacob PY, Poucet B, Liberge M, Save E, Sargolini F. Vestibular control of entorhinal cortex activity in spatial navigation. *Front Integr Neurosci*. 2014 Jun 5;8:38.
2104. Jacobs AM. Corrigendum: Quantifying the beauty of words: a neurocognitive poetics perspective. *Front Hum Neurosci*. 2018 Jan 30;12:12.
2105. Jacobs AM. Quantifying the beauty of words: a neurocognitive poetics perspective. *Front Hum Neurosci*. 2017 Dec 19;11:622. Erratum in: *Front Hum Neurosci*. 2018 Jan 30;12:12.
2106. Jacobs BL, Azmitia EC. Structure and function of the brain serotonin system. *Physiol Rev*. 1992 Jan;72(1):165–229.
2107. Jacobs BL, Fornal CA. Activity of serotonergic neurons in behaving animals. *Neuropsychopharmacology*. 1999 Aug;21(2 Suppl):9S–15S.
2108. Jacobs BL, Martín-Cora FJ, Fornal CA. Activity of medullary serotonergic neurons in freely moving animals. *Brain Res Rev*. 2002;40(1–3):45–52.
2109. Jacobs J, Kahana MJ, Ekstrom AD, Mollison MV, Fried I. A sense of direction in human entorhinal cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(14):6487–92.
2110. Jacobs J, Levan P, Chtillon CD, Olivier A, Dubeau F, Gotman J. High frequency oscillations in intracranial EEGs mark epileptogenicity rather than lesion type. *Brain*. 2009;132(4):1022–37.
2111. Jacobs J, Weidemann CT, Miller JF, Solway A, Burke JF, Wei XX, Suthana N, Sperling MR, Sharan AD, Fried I, Kahana MJ. Direct recordings of grid-like neuronal activity in human spatial navigation. *Nat Neurosci*. 2013 Sep;16(9):1188–90.
2112. Jacobs J. Hippocampal theta oscillations are slower in humans than in rodents: implications for models of spatial navigation and memory. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2014 Feb 5;369(1635):20130304.
2113. Jacobs MS, Galaburda AM, McFarland WL, Morgane PJ. The insular formations of the dolphin brain: Quantitative cytoarchitectonic studies of the insular component of the limbic lobe. *J Comp Neurol*. 1984 May 20;225(3):396–432.
2114. Jacobson GA, Rokni D, Yarom Y. A model of the olivo-cerebellar system as a temporal pattern generator. *Trends Neurosci*. 2008;31(12):617–25.
2115. Jadhav SP, Kemere C, German PW, Frank LM. Awake hippocampal sharp-wave ripples support spatial memory. *Science*. 2012 Jun 15;336(6087):1454–8.
2116. Jaeger CB, Teitelman G, Joh TH, Albert VR, Park DH, Reis DJ. Some neurons of the rat central nervous system contain aromatic-L-amino-acid decarboxylase but not monoamines. *Science*. 1983 Mar 11;219(4589):1233–5.
2117. Jafri MS. Mechanisms of Myofascial Pain. *Int Sch Res Notices*. 2014;2014:523924.
2118. Jahn HM, Bergami M. Critical periods regulating the circuit integration of adult-born hippocampal neurons. *Cell Tissue Res*. 2018;371(1):23–32.
2119. Jalalvand E, Robertson B, Tostivint H, Löw P, Wallén P, Grillner S. Cerebrospinal fluid-contacting neurons sense pH changes and motion in the hypothalamus. *J Neurosci*. 2018;38(35):7713–24.
2120. Jalalvand E, Robertson B, Tostivint H, Wallén P, Grillner S. The spinal cord has an intrinsic system for the control of pH. *Curr Biol*. 2016;26(10):1346–51.
2121. Jalalvand E, Robertson B, Wallén P, Grillner S. Ciliated neurons lining the central canal sense both fluid movement and pH through ASIC3. *Nat Commun*. 2016 Jan 8;7:10002.
2122. Jalalvand E. Functional role of cerebrospinal fluid-contacting cells in the spinal cord and hypothalamus. Thesis for doctoral degree (Ph.D.). Karolinska Institutet, Stockholm, 2017; 38 p.
2123. Jamali M, Golshani M, Jamali Y. A proposed mechanism for mind-brain interaction using extended Bohmian quantum mechanics in Avicenna's monotheistic perspective. *Heliyon*. 2019 Jul 27;5(7):e02130.
2124. Jammes Y, Fornaris E, Mei N, Barrat E. Afferent and efferent components of the bronchial vagal branches in cats. *J Auton Nerv Syst*. 1982;5(2):165–76.
2125. Jang SH, Kim HS. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage causes injury of the ascending reticular activating system: Relation to consciousness. *Am J Neuroradiol*. 2015;36(4):667–71.
2126. Jang SH, Kim SH, Lim HW, Yeo SS. Injury of the lower ascending reticular activating system in patients with hypoxic-ischemic brain injury: diffusion tensor imaging study. *Neuroradiology*. 2014;56(11):965–70.
2127. Jang SH, Kim SH, Lim HW, Yeo SS. Recovery of injured lower portion of the ascending reticular activating system in a patient with traumatic brain injury. *Am J Phys Med Rehabil*. 2015;94(3):250–3.
2128. Jang SH, Kwon HG. The ascending reticular activating system from pontine reticular formation to the hypothalamus in the human brain: a diffusion tensor imaging study. *Neurosci Lett*. 2015;590:58–61.
2129. Jänig W. Neurobiology of visceral afferent neurons: neuroanatomy, functions, organ regulations and sensations. *Biol Psychol*. 1996;42(1–2):29–51.
2130. Jankowska E, Slawinska U, Hammar I. On organization of a neuronal network in pathways from group II muscle afferents in feline lumbar spinal segments. *J Physiol*. 2002;542(1):301–14.
2131. Jankowska E. On the distribution of information from muscle spindles in the spinal cord; how much does it depend on random factors? *J Anat*. 2015;227(2):184–93.
2132. Jankowska E. Target cells of rubrospinal tract fibres within the lumbar spinal cord. *Behav Brain Res*. 1988;28(1–2):91–6.
2133. Jankowski J, Miething A, Schilling K, Oberdick J, Baader S. Cell death as a regulator of cerebellar histogenesis and compartmentation. *Cerebellum*. 2011;10(3):373–92.
2134. Jannini EA, Blanchard R, Camperio-Ciani A, Bancroft J. Male homosexuality: nature or culture? *J Sex Med*. 2010;7(10):3245–53.
2135. January A, Zebracki K, Chlan K, Vogel L. Mental health and risk of secondary medical complications in adults with pediatric-onset spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2014;20(1):1–12.
2136. Jaumard NV, Leung J, Gokhale AJ, Guarino BB, Welch WC, Winkelstein BA. Relevant anatomic and morphological measurements of the rat spine: considerations for rodent models of human spine trauma. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 Oct 15;40(20):E1084–92.
2137. Jayakumar RP, Madhav MS, Savelli F, Blair HT, Cowan NJ, Knierim JJ. Recalibration of path integration in hippocampal place cells. *Nature*. 2019 Feb 11;566(7745):533–7.
2138. Jayaraman A, Thompson CK, Rymer WZ, Hornby TG. Short-term maximal-intensity resistance training increases volitional function and strength in chronic incomplete spinal cord injury: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*. 2013;37(3):112–7.
2139. Jean-Xavier C, Sharples SA, Mayr KA, Lognon AP, Whelan PJ. Retracing your footsteps: developmental insights to spinal network plasticity following injury. *J Neurophysiol*. 2018 Feb 1;119(2):521–36.
2140. Jeanmonod D, Sindou M. Somatosensory function following dorsal root entry zone lesions in patients with neurogenic pain or spasticity. *J Neurosurg*. 1991;74(6):916–32.
2141. Jeansson M, Gawlik A, Anderson G, Li C, Kerjaschki D, Henkelman M, Quaggin SE. Angiopoietin-1 is essential in mouse vasculature during development and in response to injury. *J Clin Invest*. 2011 Jun;121(6):2278–89.
2142. Jedlicka P. Revisiting the quantum brain hypothesis: toward quantum (neuro)biology? *Front Mol Neurosci*. 2017 Nov 7;10:366.
2143. Jégo S, Glasgow SD, Herrera CG, Ekstrand M, Reed SJ, Boyce R, Friedman J, Burdakov D, Adamantidis AR. Optogenetic identification of a rapid eye movement sleep modulatory circuit in the hypothalamus. *Nat Neurosci*. 2013 Nov;16(11):1637–43.
2144. Jégou S, Cartier D, Dubessy C, Gonzalez BJ, Chatenet D, Tostivint H, Scalbert E, LePrince J, Vaudry H, Lihmann I. Localization of the uterostatin II receptor in the rat central nervous system. *J Comp Neurol*. 2006 Mar 1;495(1):21–36.
2145. Jeitner TM, Battaile K, Cooper AJL. Critical evaluation of the changes in glutamine synthetase activity in models of cerebral stroke. *Neurochem Res*. 2015;40(12):2544–56.
2146. Jenkinson N, Nandi D, Muthusamy K, Ray NJ, Gregory R, Stein JF, Aziz TZ. Anatomy, physiology, and pathophysiology of the pedunculopontine nucleus. *Mov Disord*. 2009 Feb 15;24(3):319–28.
2147. Jenny AB, Inukai J. Principles of motor organization of the monkey cervical spinal cord. *J Neurosci*. 1983;3(3):567–75.
2148. Jensen CJ, Massie A, De Keyser J. Immune players in the CNS: the astrocyte. *J Neuroimmune Pharmacol*. 2013;8(4):824–39.
2149. Jensen LJ, Holstein-Rathlou NH. The vascular conducted response in cerebral blood flow regulation. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2013;33(5):649–56.
2150. Jeon H, Lee SH. From neurons to social beings: short review of the mirror neuron system research and its socio-psychological and psychiatric implications. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 2018;16(1):18–31.
2151. Jeong JW, Shin G, Park S II, Yu KJ, Xu L, Rogers JA. Soft materials in neuroengineering for hard problems in neuroscience. *Neuron*. 2015;86(1):175–86.



2152. Jeong HJ, Yun Y, Lee SJ, Ha Y, Gwak SJ. Biomaterials and strategies for repairing spinal cord lesions. *Neurochemistry International*. 2021 Mar;144:104973. DOI: 10.1016/j.neuint.2021.104973. PMID: 33497713.
2153. Jeong YC, Lee HE, Shin A, Kim DG, Lee KJ, Kim D. Progress in brain-compatible interfaces with soft nanomaterials. *Adv Mater*. 2020 Sep;32(35):e1907522.
2154. Jeppesen DK, Fenix AM, Franklin JL, Higginbotham JN, Zhang Q, Zimmerman LJ, Liebler DC, Ping J, Liu Q, Evans R, Fissell WH, Patton JG, Rome LH, Burnette DT, Coffey RJ. Reassessment of exosome composition. *Cell*. 2019 Apr 4;177(2):428–445.e18.
2155. Jessen NA, Munk ASF, Lundgaard I, Nedergaard M. The glymphatic system: a beginner's guide. *Neurochem Res*. 2015;40(12):2583–99.
2156. Ježek P, Jabůrek M, Porter RK. Uncoupling mechanism and redox regulation of mitochondrial uncoupling protein 1 (UCP1). *Biochim Biophys Acta Bioenerg*. 2019 Mar 1;1860(3):259–69.
2157. Jha A, Litvak V, Taulu S, Thevathasan W, Hyam JA, Foltynie T, Limousin P, Bogdanovic M, Zrinzo L, Green AL, Aziz TZ, Friston K, Brown P. Functional connectivity of the pedunculopontine nucleus and surrounding region in Parkinson's disease. *Cereb Cortex*. 2017 Jan;27(1):54–67.
2158. Jha SK, Rauniyar K, Jeltsch M. Key molecules in lymphatic development, function, and identification. *Ann Anat*. 2018;219:25–34.
2159. Ji RR, Berta T, Nedergaard M. Glia and pain: is chronic pain a gliopathy? *Pain*. 2013 Dec;154 Suppl 1(0 1):S10–S28.
2160. Ji Y, Paulsen J, Zhou IY, Lu D, Machado P, Qiu B, Song YQ, Sun PZ. In vivo microscopic diffusional kurtosis imaging with symmetrized double diffusion encoding EPI. *Magn Reson Med*. 2019 Jan;81(1):533–41.
2161. Jia HG, Yamuy J, Sampogna S, Morales FR, Chase MH. Colocalization of  $\gamma$ -aminobutyric acid and acetylcholine in neurons in the laterodorsal and pedunculopontine tegmental nuclei in the cat: a light and electron microscopic study. *Brain Res*. 2003;992(2):205–19.
2162. Jia Z, Tang W, Zhao D, Yu S. Disrupted functional connectivity between the periaqueductal gray and other brain regions in a rat model of recurrent headache. *Sci Rep*. 2017 Jun 21;7(1):3960.
2163. Jian R, Yixu Y, Sheyu L, Jianhong S, Yaohua Y, Xing S, Qingfeng H, Xiaojian L, Lei Z, Yan Z, Fangling X, Huasong G, Yilu G. Repair of spinal cord injury by chitosan scaffold with glioma ECM and SB216763 implantation in adult rats. *J Biomed Mater Res A*. 2015 Oct;103(10):3259–72.
2164. Jiang W, Chen L. Alternative splicing: Human disease and quantitative analysis from high-throughput sequencing. *Comput Struct Biotechnol J*. 2020 Dec 24;19:183–95.
2165. Jiang W, Liu H, Zeng L, Liao J, Shen H, Luo A, Hu D, Wang W. Decoding the processing of lying using functional connectivity MRI. *Behav Brain Funct*. 2015 Jan 17;11(1):1.
2166. Jiang YQ, Zaimi B, Martin JH. Competition with primary sensory afferents drives remodeling of corticospinal axons in mature spinal motor circuits. *J Neurosci*. 2016;36(1):193–203.
2167. Jiao R, Cui D, Wang SC, Li D, Wang YF. Interactions of the mechanosensitive channels with extracellular matrix, integrins, and cytoskeletal network in osmosensation. *Front Mol Neurosci*. 2017 Apr 5;10:96.
2168. Jibu M, Hagan S, Hameroff SR, Pribram KH, Yasue K. Quantum optical coherence in cytoskeletal microtubules: implications for brain function. *BioSystems*. 1994;32(3):195–209.
2169. Jin BJ, Smith AJ, Verkman AS. Spatial model of convective solute transport in brain extracellular space does not support a "glymphatic" mechanism. *J Gen Physiol*. 2016;148(6):489–501.
2170. Jin J, Chen Q, Qiao Q, Yang L, Xiong J, Xia J, Hu Z, Chen F. Orexin neurons in the lateral hypothalamus project to the medial prefrontal cortex with a rostro-caudal gradient. *Neurosci Lett*. 2016 May 16;621:9–14.
2171. Jin MC, Medress ZA, Azad TD, Doulames VM, Veeravagu A. Stem cell therapies for acute spinal cord injury in humans: a review. *Neurosurg Focus*. 2019 Mar 1;46(3):E10.
2172. Jing Y, Wu Q, Yuan X, Li B, Liu M, Zhang X, Liu S, Li H, Xiu R. Microvascular protective role of pericytes in melatonin-treated spinal cord injury in the C57BL/6 mice. *Chin Med J (Engl)*. 2014;127(15):2808–13.
2173. Johnson MW, Hendricks PS, Barrett FS, Griffiths RR. Classic psychedelics: an integrative review of epidemiology, therapeutics, mystical experience, and brain network function. *Pharmacol Ther*. 2019;197:83–102.
2174. Johnson RL, Wilson CG. A review of vagus nerve stimulation as a therapeutic intervention. *J Inflamm Res*. 2018;11:203–13.
2175. Johnson SGB, Steinerberger S. Intuitions about mathematical beauty: a case study in the aesthetic experience of ideas. *Cognition*. 2019 Aug;189:242–59.
2176. Johnson SM, Koshiya N, Smith JC. Isolation of the kernel for respiratory rhythm generation in a novel preparation: the pre-Böttinger complex "island". *J Neurophysiol*. 2001;85(4):1772–6.
2177. Johnston KD, Walji AH, Fox RJ, Pugh JA, Aronyk KE. Access to cerebrospinal fluid absorption sites by infusion into vascular channels of the skull diploë. *J Neurosurg*. 2007;107(4):841–3.
2178. Johnston M, Armstrong D, Koh L. Possible role of the cavernous sinus veins in cerebrospinal fluid absorption. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2007 Apr 16;4:3.
2179. Johnston M, Zakharov A, Koh L, Armstrong D. Subarachnoid injection of Microfil reveals connections between cerebrospinal fluid and nasal lymphatics in the non-human primate. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2005;31(6):632–40.
2180. Johnston M, Zakharov A, Papaiconomou C, Salmasi G, Armstrong D. Evidence of connections between cerebrospinal fluid and nasal lymphatic vessels in humans, non-human primates and other mammalian species. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2004 Dec 10;1(1):2.
2181. Johnstone DM, Moro C, Stone J, Benabid AL, Mitrofanis J. Turning On Lights to Stop Neurodegeneration: The Potential of Near Infrared Light Therapy in Alzheimer's and Parkinson's Disease. *Front Neurosci*. 2016 Jan 11;9:500.
2182. Johnstone T, van Reekum CM, Oakes TR, Davidson RJ. The voice of emotion: an fMRI study of neural responses to angry and happy vocal expressions. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2006;1(3):242–9.
2183. Jones BE, Hassani OK. The role of Hcrt/Orex and MCH neurons in sleep-wake state regulation. *Sleep*. 2013 Dec 1;36(12):1769–72.
2184. Jones BE, Yang TZ. The efferent projections from the reticular formation and the locus coeruleus studied by anterograde and retrograde axonal transport in the rat. *J Comp Neurol*. 1985;242(1):56–92.
2185. Jones EG. Microcolumns in the cerebral cortex. *Proc Natl Acad Sci*. 2000 May 9;97(10):5019–21.
2186. Jones FD, Woosley RE. Delayed myelopathy secondary to retained intraspinal metallic fragment. Case report. *J Neurosurg*. 1981;55(6):979–82.
2187. Jones KF, Pryor J, Care-Unger C, Simpson GK. Spirituality and its relationship with positive adjustment following traumatic brain injury: a scoping review. *Brain Inj*. 2018;32(13–14):1612–22.
2188. Jones KF, Simpson G, Briggs L, Dorsett P, Anderson M. A study of whether individual and dyadic relations between spirituality and resilience contribute to psychological adjustment among individuals with spinal cord injuries and their family members. *Clin Rehabil*. 2019;33(9):1503–14.
2189. Jordan LM, Liu J, Hedlund PB, Akay T, Pearson KG. Descending command systems for the initiation of locomotion in mammals. *Brain Res Rev*. 2008;57(1):183–91.
2190. Jordan LM. Initiation of locomotion in mammals. *Ann N Y Acad Sci*. 1998 Nov 16;860:83–93.
2191. Jörnstell H, Ekerot CF. Properties of somatosensory synaptic integration in cerebellar granule cells in vivo. *J Neurosci*. 2006;26(45):11786–97.
2192. Jors K, Büssing A, Hvidt NC, Baumann K. Personal prayer in patients dealing with chronic illness: a review of the research literature. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2015;2015:927973.
2193. Josipovic Z. Nondual awareness: Consciousness-as-such as non-representational reflexivity. *Prog Brain Res*. 2019;244:273–98.
2194. Josset N, Roussel M, Lemieux M, Lafrance-Zoubga D, Rastqar A, Bretzner F. Distinct contributions of mesencephalic locomotor region nuclei to locomotor control in the freely behaving mouse. *Curr Biol*. 2018 Mar 19;28(6):884–901.e3.
2195. Joung B, Chen PS. Function and dysfunction of human sinoatrial node. *Korean Circ J*. 2015;45(3):184–91.
2196. Ju YK, Lee BH, Trajanovska S, Hao G, Allen DG, Lei M, Cannell MB. The involvement of TRPC3 channels in sinoatrial arrhythmias. *Front Physiol*. 2015 Mar 25;6:86.
2197. Juarez B, Han MH. Diversity of dopaminergic neural circuits in response to drug exposure. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(10):2424–46.
2198. Julian JB, Keinath AT, Frazzetta G, Epstein RA. Human entorhinal cortex represents visual space using a boundary-anchored grid. *Nat Neurosci*. 2018 Feb 8;21(2):191–4.
2199. Jung RE, Mead BS, Carrasco J, Flores RA. The structure of creative cognition in the human brain. *Front Hum Neurosci*. 2013 Jul 8;7:330.
2200. Jungen C, Scherschel K, Eickholt C, Kuklik P, Klatt N, Bork N, Salzbrunn T, Alken F, Angendohr S, Klene C, Mester J, Klöcker N, Veldkamp MW, Schumacher U, Willems S, Nikolaev VO, Meyer C. Disruption of cardiac cholinergic neurons enhances susceptibility to ventricular arrhythmias. *Nat Commun*. 2017 Jan 27;8:14155.

- 2201.** Jurado MA, Junqué C, Vendrell P, Treserras P, Grafman J. Overestimation and unreliability in “feeling-of-doing” judgments about temporal ordering performance: impaired self-awareness following frontal lobe damage. *J Clin Exp Neuropsychol.* 1998;20(3):353–64.
- 2202.** Jurčić N, Er-Raoui G, Airaut C, Trouslard J, Wanaverbecq N, Seddik R. GABA<sub>A</sub> receptors modulate Ca<sup>2+</sup> but not G protein-gated inwardly rectifying K<sup>+</sup> channels in cerebrospinal-fluid contacting neurones of mouse brainstem. *J Physiol.* 2019 Jan;597(2):631–51.
- 2203.** Jure I, Labombarda F. Spinal cord injury drives chronic brain changes. *Neural Regen Res.* 2017;12(7):1044–7.
- 2204.** Jure I, Pietranera L, De Nicola AF, Labombarda F. Spinal cord injury impairs neurogenesis and induces glial reactivity in the hippocampus. *Neurochem Res.* 2017;42(8):2178–90.
- 2205.** Jurk D, Wang C, Miwa S, Maddick M, Korolchuk V, Tsolou A, Gonos ES, Thrasivoulou C, Saffrey MJ, Cameron K, von Zglinicki T. Postmitotic neurons develop a p21-dependent senescence-like phenotype driven by a DNA damage response. *Aging Cell.* 2012 Dec;11(6):996–1004.
- 2206.** Jurkiewicz MT, Crawley AP, Verrier MC, Fehlings MG, Mikulis DJ. Somatosensory cortical atrophy after spinal cord injury: a voxel-based morphometry study. *Neurology.* 2006 Mar 14;66(5):762–4.
- 2207.** Justus D, Dalügge D, Bothe S, Fuhrmann F, Hannes C, Kaneko H, Friedrichs D, Sosulina L, Schwarz I, Elliott DA, Schoch S, Bradke F, Schwarz MK, Remy S. Glutamate synaptic integration of locomotion speed via septoentorhinal projections. *Nat Neurosci.* 2017 Jan;20(1):16–9.
- 2208.** Jutzeler CR, Huber E, Callaghan MF, Luechinger R, Curt A, Kramer JL, Freund P. Association of pain and CNS structural changes after spinal cord injury. *Sci Rep.* 2016 Jan 6;6:18534.
- 2209.** Kaddumi EG, Hubscher CH. Convergence of multiple pelvic organ inputs in the rat rostral medulla. *J Physiol.* 2006;572(2):393–405.
- 2210.** Kadmas JL, Beckerle MC. The LIM domain: from the cytoskeleton to the nucleus. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2004;5(11):920–31.
- 2211.** Kaeddi A, Azizi H, Javan M, Ahmadi Soleimani SM, Fathollahi Y, Semnani S. Direct facilitatory role of paragigantocellularis neurons in opiate withdrawal-induced hyperactivity of rat locus coeruleus neurons: an in vitro study. *PLoS One.* 2015 Jul 31;10(7):e0134873.
- 2212.** Kafatos MC, Kato GC. Sheaf theoretic formulation for consciousness and qualia and relationship to the idealism of non-dual philosophies. *Prog Biophys Mol Biol.* 2017;131:242–50.
- 2213.** Kahnt T, Heinzle J, Park SQ, Haynes JD. The neural code of reward anticipation in human orbitofrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2010;107(13):6010–5.
- 2214.** Kaidonis G, Rao AN, Ouyang YB, Stary CM. Elucidating sex differences in response to cerebral ischemia: immunoregulatory mechanisms and the role of microRNAs. *Prog Neurobiol.* 2019;176:73–85.
- 2215.** Kaiser K, Gyllborg D, Procházka J, Salašová A, Kompaníková P, Molina FL, Laguna-Goya R, Radaszkiewicz T, Harnoš J, Procházková M, Potěšil D, Barker RA, Casado ÁG, Zdráhal Z, Sedláček R, Arenas E, Villaescusa JC, Bryja V. WNT5A is transported via lipoprotein particles in the cerebrospinal fluid to regulate hindbrain morphogenesis. *Nat Commun.* 2019 Apr 2;10(1):1498.
- 2216.** Kajimura S, Kochiyama T, Nakai R, Abe N, Nomura M. Causal relationship between effective connectivity within the default mode network and mind-wandering regulation and facilitation. *Neuroimage.* 2016;133:21–30.
- 2217.** Kajiwara R, Wouterlood FG, Sah A, Boekel AJ, Baks-te Bulte LT, Witter MP. Convergence of entorhinal and CA3 inputs onto pyramidal neurons and interneurons in hippocampal area CA1 — an anatomical study in the rat. *Hippocampus.* 2008;18(3):266–80.
- 2218.** Kalia M, Mesulam MM. Brain stem projections of sensory and motor components of the vagus complex in the cat: I. The cervical vagus and nodose ganglion. *J Comp Neurol.* 1980 Sep 15;193(2):435–65.
- 2219.** Kalyanasundaram A, Li N, Hansen BJ, Zhao J, Fedorov VV. Canine and human sinoatrial node: differences and similarities in the structure, function, molecular profiles, and arrhythmia. *J Vet Cardiol.* 2019 Apr;22:2–19.
- 2220.** Kam K, Worrell JW, Janczewski WA, Cui Y, Feldman JL. Distinct inspiratory rhythm and pattern generating mechanisms in the preBötzinger Complex. *J Neurosci.* 2013;33(22):9235–45.
- 2221.** Kam K, Worrell JW, Ventalon C, Emiliani V, Feldman JL. Emergence of population bursts from simultaneous activation of small subsets of preBötzinger complex inspiratory neurons. *J Neurosci.* 2013;33(8):3332–8.
- 2222.** Kamei N, Kwon SM, Alev C, Nakanishi K, Yamada K, Masuda H, Ishikawa M, Kawamoto A, Ochi M, Asahara T. Ex-vivo expanded human blood-derived CD133+ cells promote repair of injured spinal cord. *J Neurosci.* 2013 May 15;328(1-2):41–50.
- 2223.** Kamei N, Kwon SM, Ishikawa M, Ii M, Nakanishi K, Yamada K, Hozumi K, Kawamoto A, Ochi M, Asahara T. Endothelial progenitor cells promote astrogliosis following spinal cord injury through Jagged1-dependent Notch signaling. *J Neurotrauma.* 2012 Jun 10;29(9):1758–69.
- 2224.** Kamei N, Kwon SM, Kawamoto A, Ii M, Ishikawa M, Ochi M, Asahara T. Contribution of bone marrow-derived endothelial progenitor cells to neovascularization and astrogliosis following spinal cord injury. *J Neurosci Res.* 2012 Dec;90(12):2281–92.
- 2225.** Kamelska-Sadowska AM, Wojtkiewicz J, Kowalski IM. Review of the current knowledge on the role of stem cell transplantation in neurorehabilitation. *Biomed Res Int.* 2019 Feb 25;2019:3290894.
- 2226.** Kamen L, Henney HR, Runyan JD. A practical overview of tizanidine use for spasticity secondary to multiple sclerosis, stroke, and spinal cord injury. *Curr Med Res Opin.* 2008;24(2):425–39.
- 2227.** Kanamori N, Sakai K, Jouvett M. Neuronal activity specific to paradoxical sleep in the ventromedial medullary reticular formation of unrestrained cats. *Brain Res.* 1980;189(1):251–5.
- 2228.** Kanbar R, Stornetta RL, Cash DR, Lewis SJ, Guyenet PG. Photostimulation of Phox2b medullary neurons activates cardiorespiratory function in conscious rats. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010;182(9):1184–94.
- 2229.** Kanbara K, Fukunaga M. Links among emotional awareness, somatic awareness and autonomic homeostatic processing. *Biopsychosoc Med.* 2016 May 10;10:16.
- 2230.** Kandasamy M, Aigner L. Neuroplasticity, limbic neuroblastosis and neuro-regenerative disorders. *Neural Regen Res.* 2018;13(8):1322–6.
- 2231.** Kandasamy M, Aigner L. Reactive neuroblastosis in Huntington’s disease: a putative therapeutic target for striatal regeneration in the adult brain. *Front Cell Neurosci.* 2018 Mar 9;12:37.
- 2232.** Kandasamy M, Radhakrishnan RK, Poornimai Abirami GP, Roshan SA, Yesudhas A, Balamuthu K, Prahalathan C, Shanmugaapriya S, Moorthy A, Essa MM, Anusuyadevi M. Possible existence of the hypothalamic-pituitary-hippocampal (HPH) axis: a reciprocal relationship between hippocampal specific neuroestradiol synthesis and neuroblastosis in ageing brains with special reference to menopause and neurocognitive disorders. *Neurochem Res.* 2019 Aug;44(8):1781–95.
- 2233.** Kandel ER. A new intellectual framework for psychiatry. *Am J Psychiatry.* 1998 Apr;155(4):457–69.
- 2234.** Kandler K, Herbert H. Auditory projections from the cochlear nucleus to pontine and mesencephalic reticular nuclei in the rat. *Brain Res.* 1991;562(2):230–42.
- 2235.** Kane PM, Vinen K, Murtagh FEM. Palliative care for advanced renal disease: a summary of the evidence and future direction. *Palliat Med.* 2013;27(9):817–21.
- 2236.** Kaneko A, Matsushita A, Sankai Y. A 3D nanofibrous hydrogel and collagen sponge scaffold promotes locomotor functional recovery, spinal repair, and neuronal regeneration after complete transection of the spinal cord in adult rats. *Biomed Mater.* 2015 Jan 13;10(1):015008.
- 2237.** Kaneko N, Sawamoto K. Go with the flow: cerebrospinal fluid flow regulates neural stem cell proliferation. *Cell Stem Cell.* 2018;22(6):783–4.
- 2238.** Kang E, Wen Z, Song H, Christian KM, Ming GL. Adult neurogenesis and psychiatric disorders. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2016 Sep 1;8(9):a019026.
- 2239.** Kang S, Li J, Bekker A, Ye JH. Rescue of glutamate transport in the lateral habenula alleviates depression- and anxiety-like behaviors in ethanol-withdrawn rats. *Neuropharmacology.* 2018;129:47–56.
- 2240.** Kang YJ, Smith M, Canfell K. Anal cancer in high-income countries: Increasing burden of disease. *PLoS One.* 2018 Oct 19;13(10):e0205105.
- 2241.** Kanisicak O, Vagnozzi RJ, Molkenin JD. Identity crisis for regenerative cardiac cKit<sup>+</sup> cells. *Circ Res.* 2017 Oct 27;121(10):1130–2.
- 2242.** Kaniusas E, Kampusch S, Tittgemeyer M, Panetos F, Gines RF, Papa M, Kiss A, Podesser B, Cassara AM, Tanghe E, Samoudi AM, Tarnaud T, Joseph W, Marozas V, Lukosevicius A, Istuk N, Šarolich A, Lechner S, Klonowski W, Varoneckas G, Széles JC. Current directions in the auricular vagus nerve stimulation I — A physiological perspective. *Front Neurosci.* 2019 Aug 9;13:854.
- 2243.** Kanjhan R, Noakes PG, Bellingham MC. Emerging roles of filopodia and dendritic spines in motoneuron plasticity during development and disease. *Neural Plast.* 2016;2016:3423267.
- 2244.** Kanju P, Liedtke W. Pleiotropic function of TRPV4 ion channels in the central nervous system. *Exp Physiol.* 2016;101(12):1472–6.
- 2245.** Kann O, Kovács R. Mitochondria and neuronal activity. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2007 Feb;292(2):C641–57.
- 2246.** Kannan H, Yamashita H. Connections of neurons in the region of the nucleus tractus solitarius with the hypothalamic paraventricular nucleus: Their possible involvement in neural control of the cardiovascular system in rats. *Brain Res.* 1985;329(1–2):205–12.

2247. Kannan L, Vora J, Bhatt T, Hughes SL. Cognitive-motor exergaming for reducing fall risk in people with chronic stroke: a randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*. 2019;44(4):493–510.
2248. Kapa S, DeSimone CV, Asirvatham SJ. Innervation of the heart: an invisible grid within a black box. *Trends Cardiovasc Med*. 2016;26(3):245–57.
2249. Kaplan JT, Gimbel SI, Harris S. Neural correlates of maintaining one's political beliefs in the face of counterevidence. *Sci Rep*. 2016 Dec 23;6:39589.
2250. Kaplan R, Friston KJ. Entorhinal transformations in abstract frames of reference. *PLoS Biol*. 2019 May 2;17(5):e3000230.
2251. Kapogiannis D, Barbey AK, Su M, Krueger F, Grafman J. Neuroanatomical variability of religiosity. *PLoS One*. 2009 Sep 28;4(9):e7180.
2252. Kapogiannis D, Deshpande G, Krueger F, Thornburg MP, Grafman JH. Brain networks shaping religious belief. *Brain Connect*. 2014;4(1):70–9.
2253. Kar SK, Sarkar S. Neuro-stimulation techniques for the management of anxiety disorders: an update. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 2016;14(4):330–7.
2254. Karachi C, André A, Bertasi E, Bardinet E, Lehericy S, Bernard FA. Functional parcellation of the lateral mesencephalus. *J Neurosci*. 2012;32(27):9396–401.
2255. Karageorghis CI, Bigliassi M, Guérin SMR, Delevoeye-Turrell Y. Brain mechanisms that underlie music interventions in the exercise domain. *Prog Brain Res*. 2018;240:109–25.
2256. Karakoyun A, Boyraz I, Gunduz R, Karamercan A, Ozgirgin N. Electrophysiological and clinical evaluation of the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on the spasticity in the hemiplegic stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(11):3407–11.
2257. Karantalis V, Hare JM. Use of mesenchymal stem cells for therapy of cardiac disease. *Circ Res*. 2015;116(8):1413–30.
2258. Karaöz E, Tepeköy F. Differentiation potential and tumorigenic risk of rat bone marrow stem cells are affected by long-term in vitro expansion. *Turkish J Hematol*. 2019;36(4):255–65.
2259. Karim AA, Schneider M, Lotze M, Veit R, Sauseng P, Braun C, Birbaumer N. The truth about lying: inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior. *Cereb Cortex*. 2010 Jan;20(1):205–13.
2260. Karim NO, Nabors MW, Golocovsky M, Cooney FD. Spontaneous migration of a bullet in the spinal subarachnoid space causing delayed radicular symptoms. *Neurosurgery*. 1986 Jan;18(1):97–100.
2261. Karimi-Abdolrezaee S, Eftekharpour E, Wang J, Schut D, Fehlings MG. Synergistic effects of transplanted adult neural stem/progenitor cells, chondroitinase, and growth factors promote functional repair and plasticity of the chronically injured spinal cord. *J Neurosci*. 2010;30(5):1657–76.
2262. Karlins NL, Marmolya G, Snow N. Computed tomography for the evaluation of knife impalement injuries: case report. *J Trauma*. 1992 May;32(5):667–8.
2263. Karlsson MP, Frank LM. Awake replay of remote experiences in the hippocampus. *Nat Neurosci*. 2009;12(7):913–8.
2264. Karow M, Camp JG, Falk S, Gerber T, Pataskar A, Gac-Santel M, Kageyama J, Brazovskaja A, Garding A, Fan W, Riedemann T, Casamassa A, Smiyakin A, Schichor C, Götz M, Tiwari VK, Treutlein B, Berninger B. Direct pericyte-to-neuron reprogramming via unfolding of a neural stem cell-like program. *Nat Neurosci*. 2018 Jul;21(7):932–40.
2265. Karton I, Bachmann T. Effect of prefrontal transcranial magnetic stimulation on spontaneous truth-telling. *Behav Brain Res*. 2011;225(1):209–14.
2266. Karton I, Palu A, Jöks K, Bachmann T. Deception rate in a "lying game": different effects of excitatory repetitive transcranial magnetic stimulation of right and left dorsolateral prefrontal cortex not found with inhibitory stimulation. *Neurosci Lett*. 2014;583:21–5.
2267. Karton I, Rinne JM, Bachmann T. Facilitating the right but not left DLPFC by TMS decreases truthfulness of object-naming responses. *Behav Brain Res*. 2014;271:89–93.
2268. Karunakaran KD, He J, Zhao J, Cui JL, Zang YF, Zhang Z, Biswal BB. Differences in cortical gray matter atrophy of paraplegia and tetraplegia after complete spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2019 Jun 15;36(12):2045–51.
2269. Kash TL, Pleil KE, Marcinkiewicz CA, Lowery-Gionta EG, Crowley N, Mazzone C, Sugam J, Hardaway JA, McElligott ZA. Neuropeptide regulation of signaling and behavior in the BNST. *Mol Cells*. 2015 Jan 31;38(1):1–13.
2270. Kasischke KA, Lambert EM, Panepento B, Sun A, Gelbard HA, Burgess RW, Foster TH, Nedergaard M. Two-photon NADH imaging exposes boundaries of oxygen diffusion in cortical vascular supply regions. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2011 Jan;31(1):68–81.
2271. Kastner A, Matarazzo V. Neuroprotective and neurorestorative processes after spinal cord injury: the case of the bulbospinal respiratory neurons. *Neural Plast*. 2016;2016:7692602.
2272. Kastrup B. An ontological solution to the mind-body problem. *Philosophies*. 2017;2(2):10.
2273. Kastrup B. There is an 'unconscious,' but it may well be conscious. *Eur J Psychol*. 2017;13(3):559–72.
2274. Kathner-Schaffert C, Karapetow L, Günther M, Rudolph M, Dahab M, Baum E, Lehmann T, Witte OW, Redecker C, Schmeer CW, Keiner S. Early stroke induces long-term impairment of adult neurogenesis accompanied by hippocampal-mediated cognitive decline. *Cells*. 2019 Dec 17;8(12):1654.
2275. Kato G, Kosugi M, Mizuno M, Strassman AM. Three-dimensional organization of local excitatory and inhibitory inputs to neurons in laminae III-IV of the spinal dorsal horn. *J Physiol*. 2013;591(22):5645–60.
2276. Kato TA, Watabe M, Kanba S. Neuron-glia interaction as a possible glue to translate the mind-brain gap: a novel multi-dimensional approach toward psychology and psychiatry. *Front Psychiatry*. 2013 Oct 21;4:139.
2277. Kätsyri J, Förger K, Mäkkäräinen M, Takala T. A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness. *Front Psychol*. 2015 Apr 10;6:390.
2278. Katz R, Pierrot-Desseilligny E. Recurrent inhibition in humans. *Prog Neurobiol*. 1999;57(3):325–55.
2279. Katz R, Pierrot-Desseilligny E. Recurrent inhibition of alpha-motoneurons in patients with upper motor neuron lesions. *Brain*. 1982 Mar;105(Pt 1):103–24.
2280. Kaufman JA, Paul LK, Manaye KF, Granstedt AE, Hof PR, Hakeem AY, Allman JM. Selective reduction of Von Economo neuron number in agenesis of the corpus callosum. *Acta Neuropathol*. 2008 Nov;116(5):479–89.
2281. Kaur S, Pedersen NP, Yokota S, Hur EE, Fuller PM, Lazarus M, Chamberlin NL, Saper CB. Glutamatergic signaling from the parabrachial nucleus plays a critical role in hypercapnic arousal. *J Neurosci*. 2013 May 1;33(18):7627–40.
2282. Kaur S, Saper CB. Neural circuitry underlying waking up to hypercapnia. *Front Neurosci*. 2019 Apr 26;13:401.
2283. Kaur S, Saxena RN, Mallick BN. GABAergic neurons in prepositus hypoglossi regulate REM sleep by its action on locus coeruleus in freely moving rats. *Synapse*. 2001;42(3):141–50.
2284. Kaur S, Wang JL, Ferrari L, Thankachan S, Kroeger D, Venner A, Lazarus M, Wellman A, Arrigoni E, Fuller PM, Saper CB. A genetically defined circuit for arousal from sleep during hypercapnia. *Neuron*. 2017 Dec 6;96(5):1153–1167.e5.
2285. Kaushik S, Persson AI. Unlocking the dangers of a stiffening brain. *Neuron*. 2018;100(4):763–5.
2286. Kawabata K, Hara K, Watanabe H, Bagarinao E, Ogura A, Masuda M, Yokoi T, Kato T, Kato T, Ohdake R, Ito M, Katsuno M, Sobue G. Alterations in cognition-related cerebellar-cerebral networks in multiple system atrophy. *Cerebellum*. 2019 Aug;18(4):770–80.
2287. Kawabata S, Takano M, Numasawa-Kuroiwa Y, Itakura G, Kobayashi Y, Nishiyama Y, Sugai K, Nishimura S, Iwai H, Isoda M, Shibata S, Kohyama J, Iwanami A, Toyama Y, Matsumoto M, Nakamura M, Okano H. Grafted human iPSC cell-derived oligodendrocyte precursor cells contribute to robust remyelination of demyelinated axons after spinal cord injury. *Stem Cell Reports*. 2016 Jan 12;6(1):1–8.
2288. Kawaguchi SY, Hirano T. Signaling cascade regulating long-term potentiation of GABA(A) receptor responsiveness in cerebellar Purkinje neurons. *J Neurosci*. 2002 May 15;22(10):3969–76.
2289. Kawaguchi Y, Wilson CJ, Augood SJ, Emson PC. Striatal interneurons: chemical, physiological and morphological characterization. *Trends Neurosci*. 1995;18(12):527–35.
2290. Kawahara H, Hanayama R. The role of exosomes/extracellular vesicles in neural signal transduction. *Biol Pharm Bull*. 2018;41(8):1119–25.
2291. Kawamura Y, Yamamoto Y, Sato TA, Ochiya T. Extracellular vesicles as trans-genomic agents: emerging roles in disease and evolution. *Cancer Sci*. 2017;108(5):824–30.
2292. Kawashima T. The role of the serotonergic system in motor control. *Neurosci Res*. 2018;129:32–9.
2293. Kawato M. Internal models for motor control and trajectory planning. *Curr Opin Neurobiol*. 1999;9(6):718–27.
2294. Kay K, Sosa M, Chung JE, Karlsson MP, Larkin MC, Frank LM. A hippocampal network for spatial coding during immobility and sleep. *Nature*. 2016;531(7593):185–90.
2295. Kaye WH, Fudge JL, Paulus M. New insights into symptoms and neurocircuit function of anorexia nervosa. *Nat Rev Neurosci*. 2009;10(8):573–84.
2296. Kazenwadel J, Harvey NL. Morphogenesis of the lymphatic vasculature: a focus on new progenitors and cellular mechanisms important for constructing lymphatic vessels. *Dev Dyn*. 2016;245(3):209–19.
2297. Kc P, Dick TE. Modulation of cardiorespiratory function mediated by the paraventricular nucleus. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;174(1–2):55–64.
2298. Keller AV, Hainline C, Rees K, Krupp S, Prince D, Wood BD, Shum-Siu A, Burke DA, Petruska JC, Magnuson DSK. Nociceptor-dependent locomotor dysfunction after clinically-modeled hindlimb muscle stretching in adult rats with spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2019 Aug;318:267–76.

2299. Keller GB, Bonhoeffer T, Hübener M. Sensorimotor mismatch signals in primary visual cortex of the behaving mouse. *Neuron*. 2012;74(5):809–15.
2300. Kelley P, Evans MDR, Kelley J. Making memories: why time matters. *Front Hum Neurosci*. 2018 Oct 16;12:400.
2301. Kelly JP. Loss of consciousness: pathophysiology and implications in grading and safe return to play. *J Athl Train*. 2001;36(3):249–52.
2302. Kelly JR, Kennedy PJ, Cryan JF, Dinan TG, Clarke G, Hyland NP. Breaking down the barriers: the gut microbiome, intestinal permeability and stress-related psychiatric disorders. *Front Cell Neurosci*. 2015 Oct 14;9:392.
2303. Kelly MP, Guillaume TJ, Lenke LG. Spinal deformity associated with Chiari malformation. *Neurosurg Clin N Am*. 2015;26(4):579–85.
2304. Kemp A, Manahan-Vaughan D. The hippocampal CA1 region and dentate gyrus differentiate between environmental and spatial feature encoding through long-term depression. *Cereb Cortex*. 2008;18(4):968–77.
2305. Kemp A, Manahan-Vaughan D.  $\beta$ -Adrenoreceptors comprise a critical element in learning-facilitated long-term plasticity. *Cereb Cortex*. 2008;18(6):1326–34.
2306. Kemp K, Gordon D, Wraith DC, Mallam E, Hartfield E, Uney J, Wilkins A, Scolding N. Fusion between human mesenchymal stem cells and rodent cerebellar Purkinje cells. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2011 Feb;37(2):166–78.
2307. Kemp K, Gray E, Wilkins A, Scolding N. Purkinje cell fusion and binucleate heterokaryon formation in multiple sclerosis cerebellum. *Brain*. 2012;135(10):2962–72.
2308. Kemp K, Wilkins A, Scolding N. Cell fusion in the brain: two cells forward, one cell back. *Acta Neuropathol*. 2014;128(5):629–38.
2309. Kemp KC, Cook AJ, Redondo J, Kurian KM, Scolding NJ, Wilkins A. Purkinje cell injury, structural plasticity and fusion in patients with Friedreich's ataxia. *Acta Neuropathol Commun*. 2016;4(1):53.
2310. Kemp PJ, Peers C, Lewis A, Miller P. Regulation of recombinant human brain tandem P domain K<sup>+</sup> channels by hypoxia: a role for O<sub>2</sub> in the control of neuronal excitability? *J Cell Mol Med*. 2004;8(1):38–44.
2311. Kempermann G, Gage FH, Aigner L, Song H, Curtis MA, Thuret S, Kuhn HG, Jessberger S, Frankland PW, Cameron HA, Gould E, Hen R, Aebischer D, Toni N, Schinder AF, Zhao X, Lucasen PJ, Frisén J. Human adult neurogenesis: evidence and remaining questions. *Cell Stem Cell*. 2018 Jul 5;23(1):25–30.
2312. Kennedy DP, Adolphs R. The social brain in psychiatric and neurological disorders. *Trends Cogn Sci*. 2012 Nov;16(11):559–72.
2313. Keogh MJ, Wei W, Aryaman J, Walker L, van den Amele J, Coxhead J, Wilson I, Bashton M, Beck J, West J, Chen R, Haudenschild C, Bartha G, Luo S, Morris CM, Jones NS, Attems J, Chinnery PF. High prevalence of focal and multi-focal somatic genetic variants in the human brain. *Nat Commun*. 2018 Oct 15;9(1):4257.
2314. Keppler J, Shani I. Cosmopsychism and consciousness research: a fresh view on the causal mechanisms underlying phenomenal states. *Front Psychol*. 2020 Mar 5;11:371.
2315. Kerfoot SM, Kubes P. Overlapping roles of P-selectin and alpha 4 integrin to recruit leukocytes to the central nervous system in experimental autoimmune encephalomyelitis. *J Immunol*. 2002 Jul 15;169(2):1000–6.
2316. Kerman IA, Shabrang C, Taylor L, Akil H, Watson SJ. Relationship of presympathetic-premotor neurons to the serotonergic transmitter system in the rat brainstem. *J Comp Neurol*. 2006 Dec 20;499(6):882–96.
2317. Kerman IA. Organization of brain somatomotor-sympathetic circuits. *Exp Brain Res*. 2008;187(1):1–16.
2318. Kern M, Aertsen A, Schulze-Bonhage A, Ball T. Heart cycle-related effects on event-related potentials, spectral power changes, and connectivity patterns in the human ECoG. *Neuroimage*. 2013;81:178–90.
2319. Kernder A, De Luca R, Yanovsky Y, Haas HL, Sergeeva OA. Acid-sensing hypothalamic neurons controlling arousal. *Cell Mol Neurobiol*. 2014;34(6):777–89.
2320. Kerstein PC, Jacques-Fricke BT, Rengifo J, Mogen BJ, Williams JC, Gottlieb PA, Sachs F, Gomez TM. Mechanosensitive TRPC1 channels promote calpain proteolysis of talin to regulate spinal axon outgrowth. *J Neurosci*. 2013 Jan 2;33(1):273–85.
2321. Kervezee L, Hartman R, van den Berg DJ, Shimizu S, Emoto-Yamamoto Y, Meijer JH, de Lange EC. Diurnal variation in P-glycoprotein-mediated transport and cerebrospinal fluid turnover in the brain. *AAPS J*. 2014 Sep;16(5):1029–37.
2322. Kesner RP. An analysis of dentate gyrus function (an update). *Behav Brain Res*. 2018;354:84–91.
2323. Kesner RP. Exploration of the neurobiological basis for a three-system, multiattribute model of memory. *Curr Top Behav Neurosci*. 2018;37:325–59.
2324. Kessler BA, Stanley EM, Frederick-Duus D, Fadel J. Age-related loss of orexin/hypocretin neurons. *Neuroscience*. 2011 Mar;178(1):82–8.
2325. Kettenmann H, Hanisch UK, Noda M, Verkhratsky A. Physiology of microglia. *Physiol Rev*. 2011 Apr;91(2):461–553.
2326. Keyzers C, Paracampo R, Gazzola V. What neuromodulation and lesion studies tell us about the function of the mirror neuron system and embodied cognition. *Curr Opin Psychol*. 2018;24:35–40.
2327. Khakh BS. Astrocyte–neuron interactions in the striatum: insights on identity, form, and function. *Trends Neurosci*. 2019;42(9):617–30.
2328. Khakpai F, Nasehi M, Haeri-Rohani A, Eidi A, Zarrindast MR. Septo-hippocampo-septal loop and memory formation. *Basic Clin Neurosci*. 2013;4(1):5–23.
2329. Khalifeh M, Mehta K, Varguise N, Suarez-Durall P, Enciso R. Botulinum toxin type A for the treatment of head and neck chronic myofascial pain syndrome: a systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*. 2016;147(12):959–973.e1.
2330. Khalsa SS, Adolphs R, Cameron OG, Critchley HD, Davenport PW, Feinstein JS, Feusner JD, Garfinkel SN, Lane RD, Mehling WE, Meuret AE, Nemeroff CB, Oppenheimer S, Petzschner FH, Pollatos O, Rhudy JL, Schramm LP, Simmons WK, Stein MB, Stephan KE, Van den Bergh O, Van Diest I, von Leupoldt A, Paulus MP; Interoception Summit 2016 participants. Interoception and mental health: a roadmap. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2018 Jun 3;6(6):501–13.
2331. Khalsa SS, Rudrauf D, Feinstein JS, Tranel D. The pathways of interoceptive awareness. *Nat Neurosci*. 2009;12(12):1494–6.
2332. Khan AM, Kagan DB, Gupta N, Navajas EV, Jin YP, Yücel YH. Ciliary body lymphangiogenesis in uveal melanoma with and without extraocular extension. *Ophthalmology*. 2013;120(2):306–10.
2333. Khan IS, D'Agostino EN, Calnan DR, Lee JE, Aronson JP. Deep brain stimulation for memory modulation: a new frontier. *World Neurosurg*. 2019;126:638–46.
2334. Khan S, Mafi P, Mafi R, Khan W. A systematic review of mesenchymal stem cells in spinal cord injury, intervertebral disc repair and spinal fusion. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2018;13(4):316–23 — доступне лише резюме: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28891440/>.
2335. Khanday MA, Samarajan BI, Mehta R, Mallick BN. Noradrenergic from locus coeruleus neurons acts on pedunculo-pontine neurons to prevent REM sleep and induces its loss-associated effects in rats. *eNeuro*. 2016 Dec 8;3(6):ENEURO.0108-16.2016.
2336. Khandelwal PJ, Herman AM, Moussa CEH. Inflammation in the early stages of neurodegenerative pathology. *J Neuroimmunol*. 2011;238(1–2):1–11.
2337. Khankan RR, Griffis KG, Haggerty-Skeans JR, Zhong H, Roy RR, Edgerton VR, Phelps PE. Olfactory ensheathing cell transplantation after a complete spinal cord transection mediates neuroprotective and immunomodulatory mechanisms to facilitate regeneration. *J Neurosci*. 2016 Jun 8;36(23):6269–86.
2338. Khoonsari PE, Musunri S, Herman S, Svensson CI, Tanum L, Gordh T, Kultima K. Systematic analysis of the cerebrospinal fluid proteome of fibromyalgia patients. *J Proteomics*. 2019 Jan 6;190:35–43.
2339. Khoonsari PE, Ossipova E, Lengqvist J, Svensson CI, Kosek E, Kadetoff D, Jakobsson PJ, Kultima K, Lampa J. The human CSF pain proteome. *J Proteomics*. 2019 Jan 6;190:67–76.
2340. Khorasanizadeh M, Youseffard M, Eskian M, Lu Y, Chalangari M, Harrop JS, Zajayeri SB, Seyedpour S, Khodaei B, Hosseini M, Rahimi-Movaghar V. Neurological recovery following traumatic spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2019 Feb 15:1–17.
2341. Khoury J, Doghramji K. Primary sleep disorders. *Psychiatr Clin North Am*. 2015;38(4):683–704.
2342. Kibar Z, Torban E, McDearmid JR, Reynolds A, Berghout J, Mathieu M, Kirillova I, De Marco P, Merello E, Hayes JM, Wallingford JB, Drapeau P, Capra V, Gros P. Mutations in VANGL1 associated with neural-tube defects. *N Engl J Med*. 2007 Apr 5;356(14):1432–7.
2343. Kida S, Pantazis A, Weller RO. CSF drains directly from the subarachnoid space into nasal lymphatics in the rat. *Anatomy, histology and immunological significance*. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 1993;19(6):480–8.
2344. Kidd SA, Howison M, Pilling M, Ross LE, McKenzie K. Severe mental illness in LGBT populations: a scoping review. *Psychiatr Serv*. 2016 Jul;67(7):779–83.
2345. Kidwell M, Ellenbroek BA. Heart and soul: heart rate variability and major depression. *Behav Pharmacol*. 2018;29(1998):152–64.
2346. Kiecker C. The origins of the circumventricular organs. *J Anat*. 2018;232(4):540–53.
2347. Kiehn O, Eken T. Functional role of plateau potentials in vertebrate motor neurons. *Curr Opin Neurobiol*. 1998;8(6):746–52.
2348. Kiehn O, Eken T. Prolonged firing in motor units: Evidence of plateau potentials in human motoneurons? *J Neurophysiol*. 1997;78(6):3061–8.
2349. Kiehn O. Decoding the organization of spinal circuits that control locomotion. *Nat Rev Neurosci*. 2016;17(4):224–38.
2350. Kiessling MC, Büttner A, Butti C, Müller-Starck J, Milz S, Hof PR, Frank HG, Schmitz C. Cerebellar granule cells are generated postnatally in humans. *Brain Struct Funct*. 2014 Jul;219(4):1271–86.
2351. Kikanloo SR, Tarpada SP, Cho W. Etiology of adolescent idiopathic scoliosis: a literature review. *Asian Spine J*. 2019 Jun;13(3):519–26.
2352. Kilinc D. The emerging role of mechanics in synapse formation and plasticity. *Front Cell Neurosci*. 2018 Dec 6;12:483.
2353. Killeen PR, Fetterman JG. A behavioral theory of timing. *Psychol Rev*. 1988;95(2):274–95.

2354. Killeen PR, Fetterman JG. The behavioral theory of timing: transition analyses. *J Exp Anal Behav.* 1993 Mar;59(2):411–22.
2355. Killer HE, Laeng HR, Groscurth P. Lymphatic capillaries in the meninges of the human optic nerve. *J Neuroophthalmol.* 1999 Dec;19(4):222–8.
2356. Killian NJ, Jutras MJ, Buffalo EA. A map of visual space in the primate entorhinal cortex. *Nature.* 2012 Nov 28;491(7426):761–4.
2357. Kilpatrick DL, Wang W, Gronostajski R, Litwack ED. Nuclear factor I and cerebellar granule neuron development: an intrinsic-extrinsic interplay. *Cerebellum.* 2012 Mar;11(1):41–9.
2358. Kim DH, Lipsitz LA, Ferrucci L, Varadhan R, Guralnik JM, Carlson MC, Fleisher LA, Fried LP, Chaves PH. Association between reduced heart rate variability and cognitive impairment in older disabled women in the community: Women's Health and Aging Study I. *J Am Geriatr Soc.* 2006 Nov;54(11):1751–7.
2359. Kim EJ, Sidhu M, Gaus SE, Huang EJ, Hof PR, Miller BL, DeArmond SJ, Seeley WW. Selective frontoinsular von Economo neuron and fork cell loss in early behavioral variant frontotemporal dementia. *Cereb Cortex.* 2012 Feb;22(2):251–9.
2360. Kim GH, Kosterin P, Obaid AL, Salzberg BM. A mechanical spike accompanies the action potential in mammalian nerve terminals. *Biophys J.* 2007;92(9):3122–9.
2361. Kim HG, Cheon EJ, Bai DS, Lee YH, Koo BH. Stress and heart rate variability: a meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investig.* 2018;15(3):235–45.
2362. Kim HI, Lim H, Moon A. Sex differences in cancer: epidemiology, genetics and therapy. *Biomol Ther.* 2018;26(4):335–42.
2363. Kim J, Kang JW, Park JH, Choi Y, Choi KS, Park KD, Baek DH, Seong SK, Min HK, Kim HS. Biological characterization of long-term cultured human mesenchymal stem cells. *Arch Pharm Res.* 2009 a Jan;32(1):117–26.
2364. Kim J, Nakajima K, Oomura Y, Wayner MJ, Sasaki K. Electrophysiological effects of orexins/hypocretins on pedunculo-pontine tegmental neurons in rats: an in vitro study. *Peptides.* 2009 b;30(2):191–209.
2365. Kim J, Park HD, Kim KW, Shin DW, Lim S, Kwon H, Kim MY, Kim K, Jeong B. Sad faces increase the heartbeat-associated interoceptive information flow within the salience network: a MEG study. *Sci Rep.* 2019 Jan 23;9(1):430.
2366. Kim JH, Cho KH, Jin ZW, Murakami G, Abe H, Chai OH. Ganglion cardiacum or juxtaductal body of human fetuses. *Anat Cell Biol.* 2018;51(4):266.
2367. Kim KJ, Diaz JR, Iddings JA, Filosa JA. Vasculo-neuronal coupling: retrograde vascular communication to brain neurons. *J Neurosci.* 2016;36(50):12624–39.
2368. Kim M, Maguire EA. Can we study 3D grid codes non-invasively in the human brain? Methodological considerations and fMRI findings. *Neuroimage.* 2019 Feb 1;186:667–78.
2369. Kim MS, Kim Y, Choi H, Kim W, Park S, Lee D, Kim DK, Kim HJ, Choi H, Hyun DW, Lee JY, Choi EY, Lee DS, Bae JW, Mook-Jung I. Transfer of a healthy microbiota reduces amyloid and tau pathology in an Alzheimer's disease animal model. *Gut.* 2020 Feb;69(2):283–294.
2370. Kim MY, Sikkell MB, Hunter RJ, Haywood GA, Tomlinson DR, Tayebjee MH, Ali RL, Cantwell CD, Gonna H, Sandler BC, Lim E, Furniss G, Panagopoulos D, Begg G, Dhillon G, Hill NJ, O'Neill J, Francis DP, Lim PB, Peters NS, Linton NWF, Kanagaratnam P. A novel approach to mapping the atrial ganglionated plexus network by generating a distribution probability atlas. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2018 Dec;29(12):1624–34.
2371. Kim P, Haisa T, Kawamoto T, Kirino T, Wakai S. Delayed myelopathy induced by chronic compression in the rat spinal cord. *Ann Neurol.* 2004;55(4):503–11.
2372. Kim SH, Zee DS, Du Lac S, Kim HJ, Kim JS. Nucleus prepositus hypoglossi lesions produce a unique ocular motor syndrome. *Neurology.* 2016;87(19):2026–33.
2373. Kim SM, Frank LM. Hippocampal lesions impair rapid learning of a continuous spatial alternation task. *PLoS One.* 2009;4(5):e5494.
2374. Kim T, Ramesh V, Dworak M, Choi DS, McCarley RW, Kalinchuk AV, Basheer R. Disrupted sleep-wake regulation in type 1 equilibrative nucleoside transporter knockout mice. *Neuroscience.* 2015 Sep 10;303:211–9.
2375. Kim U, Chang SY. Dendritic morphology, local circuitry, and intrinsic electrophysiology of neurons in the rat medial and lateral habenular nuclei of the epithalamus. *J Comp Neurol.* 2005;483(2):236–50.
2376. Kim YK, Nam KI, Song J. The lymphatic system in diabetes-induced dementia. *Front Neurol.* 2018 Oct 31;9:867.
2377. King EM, Gilson R, Beddows S, Soldan K, Panwar K, Young C, Prah P, Jit M, Edmunds WJ, Sonnenberg P. Human papillomavirus DNA in men who have sex with men: type-specific prevalence, risk factors and implications for vaccination strategies. *Br J Cancer.* 2015 Apr 28;112(9):1585–93.
2378. King HH. Lymphatic vessels found in the brain — osteopathic considerations. *J Am Osteopath Assoc.* 2015;115(10):627.
2379. King HH. Lymphatic vessels found in the brain — osteopathic considerations, part 2: now in humans and monkeys. *J Am Osteopath Assoc.* 2018 Jan 1;118(1):53.
2380. King MD, Houseman J, Roussel SA, Van Bruggen N, Williams SR, Gadian DG. q-Space imaging of the brain. *Magn Reson Med.* 1994 Dec;32(6):707–13.
2381. Kingsbury MA, Wilson LC. The role of VIP in social behavior: neural hotspots for the modulation of affiliation, aggression, and parental care. *Integr Comp Biol.* 2016;56(6):1238–49.
2382. Kinney HC, Broadbelt KG, Haynes RL, Rognum IJ, Paterson DS. The serotonergic anatomy of the developing human medulla oblongata: implications for pediatric disorders of homeostasis. *J Chem Neuroanat.* 2011 Jul;41(4):182–99.
2383. Kipnis J. Multifaceted interactions between adaptive immunity and the central nervous system. *Science.* 2016 Aug 19;353(6301):766–71.
2384. Kirby TJ, Lammerding J. Emerging views of the nucleus as a cellular mechanosensor. *Nat Cell Biol.* 2018 Apr;20(4):373–81.
2385. Kireev MV, Medvedeva NS, Korotkov AD, Medvedev SV. Functional interactions between the caudate nuclei and inferior frontal gyrus providing deliberate deception. *Hum Physiol.* 2015;41(1):22–6.
2386. Kirouac GJ. Placing the paraventricular nucleus of the thalamus within the brain circuits that control behavior. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015;56:315–29.
2387. Kirsch LP, Urgesi C, Cross ES. Shaping and reshaping the aesthetic brain: emerging perspectives on the neurobiology of embodied aesthetics. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016;62:56–68.
2388. Kisler K, Nelson AR, Montagne A, Zlokovic BV. Cerebral blood flow regulation and neurovascular dysfunction in Alzheimer disease. *Nat Rev Neurosci.* 2017 Jul 18;18(7):419–34.
2389. Kitamura N, Kitamura A, Toyoshima K, Hirayama Y, Yoshida M. Avian sarcoma virus Y73 genome sequence and structural similarity of its transforming gene product to that of Rous sarcoma virus. *Nature.* 1982;297(5863):205–8.
2390. Kitamura T, Ogawa SK, Roy DS, Okuyama T, Morrissey MD, Smith LM, Redondo RL, Tonegawa S. Engrams and circuits crucial for systems consolidation of a memory. *Science.* 2017 Apr 7;356(6333):73–8.
2391. Kitamura T, Pignatelli M, Suh J, Kohara K, Yoshiki A, Abe K, Tonegawa S. Island cells control temporal association memory. *Science.* 2014 Feb 21;343(6173):896–901.
2392. Kitamura T, Sun C, Martin J, Kitch LJ, Schnitzer MJ, Tonegawa S. Entorhinal cortical ocean cells encode specific contexts and drive context-specific fear memory. *Neuron.* 2015 Sep;87(6):1317–31.
2393. Kitamura T. Driving and regulating temporal association learning coordinated by entorhinal-hippocampal network. *Neurosci Res.* 2017 Aug;121:1–6.
2394. Kitzman P. Alteration in axial motoneuronal morphology in the spinal cord injured spastic rat. *Exp Neurol.* 2005;192(1):100–8.
2395. Kiviniemi V, Wang X, Korhonen V, Keinänen T, Tuovinen T, Autio J, LeVan P, Keilholz S, Zang YF, Hennig J, Nedergaard M. Ultra-fast magnetic resonance encephalography of physiological brain activity — Glymphatic pulsation mechanisms? *J Cereb Blood Flow Metab.* 2016 Jun;36(6):1033–45.
2396. Kivisäkk P, Mahad DJ, Callahan MK, Trebst C, Tucky B, Wei T, Wu L, Baekkevold ES, Lassmann H, Staugaitis SM, Campbell JJ, Ransohoff RM. Human cerebrospinal fluid central memory CD4+ T cells: evidence for trafficking through choroid plexus and meninges via P-selectin. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003 Jul 8;100(14):8389–94.
2397. Kiyashchenko LI, Mileyskovskiy BY, Maidment N, Lam HA, Wu MF, John J, Peever J, Siegel JM. Release of hypocretin (orexin) during waking and sleep states. *J Neurosci.* 2002 Jul 1;22(13):5282–6.
2398. Kjell J, Olson L. Rat models of spinal cord injury: from pathology to potential therapies. *Dis Model Mech.* 2016 Oct 1;9(10):1125–37.
2399. Klabunde M, Collado D, Bohon C. An interoceptive model of bulimia nervosa: a neurobiological systematic review. *J Psychiatr Res.* 2017 Nov;94:36–46.
2400. Klapka N, Hermanns S, Straten G, Masannek C, Duis S, Hamers FP, Müller D, Zuschratter W, Müller HW. Suppression of fibrous scarring in spinal cord injury of rat promotes long-distance regeneration of corticospinal tract axons, rescue of primary motoneurons in somatosensory cortex and significant functional recovery. *Eur J Neurosci.* 2005 Dec;22(12):3047–58.
2401. Klein RS, Garber C, Howard N. Infectious immunity in the central nervous system and brain function. *Nat Immunol.* 2017;18(2):132–41.
2402. Klein SL. Sex influences immune responses to viruses, and efficacy of prophylaxis and treatments for viral diseases. *BioEssays.* 2012 Dec;34(12):1050–9.
2403. Klein TA, Ullsperger M, Danielmeier C. Error awareness and the insula: links to neurological and psychiatric diseases. *Front Hum Neurosci.* 2013 Feb 4;7:14.
2404. Kleinman CL, Adoue V, Majewski J. RNA editing of protein sequences: a rare event in human transcriptomes. *RNA.* 2012 Sep;18(9):1586–96.
2405. Kleinmuntz OM, Abecasis D, Tauber A, Geva A, Chistyakov AV, Kreinin I, Klein E, Shamay-Tsoory SG. Participation of the left inferior frontal gyrus in human originality. *Brain Struct Funct.* 2018 Jan;223(1):329–41.
2406. Klempa B. Reassortment events in the evolution of hantaviruses. *Virus Genes.* 2018;54(5):638–46.
2407. Klimecki O, Marchant NL, Lutz A, Poinsel G, Chételat G, Collette F. The impact of meditation on healthy ageing — the current state of knowledge and a roadmap to future directions. *Curr Opin Psychol.* 2019;28:223–8.

2408. Klimesch W, Arora A. The EEG frequency architecture, coupled oscillations and consciousness. Comment on "Consciousness, biology and quantum hypotheses" by Baars and Edelman. *Phys Life Rev.* 2012;9(3):295–6.
2409. Knierim JJ, Neunuebel JP, Deshmukh SS. Functional correlates of the lateral and medial entorhinal cortex: objects, path integration and local-global reference frames. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2014 Dec 23;369(1635):20130369.
2410. Knikou M, Mummidisetty CK. Locomotor training improves premonotoneuronal control after chronic spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2014;111(11):2264–75.
2411. Knikou M. Neural control of locomotion and training-induced plasticity after spinal and cerebral lesions. *Clin Neurophysiol.* 2010;121(10):1655–68.
2412. Knowles MR, Daniels LA, Davis SD, Zariwala MA, Leigh MW. Primary ciliary dyskinesia: recent advances in diagnostics, genetics, and characterization of clinical disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;188(8):913–22.
2413. Knudsen L, Petersen GL, Nørskov KN, Vase L, Finnerup N, Jensen TS, Svensson P. Review of neuroimaging studies related to pain modulation. *Scand J Pain.* 2018 Jul 1;2(3):108–20.
2414. Ko CC, Tu TH, Wu JC, Huang WC, Cheng H. Acidic fibroblast growth factor in spinal cord injury. *Neurospine.* 2019 Dec;16(4):728–38.
2415. Kobayashi K, Hsu M. Neural mechanisms of updating under reducible and irreducible uncertainty. *J Neurosci.* 2017;37(29):6972–82.
2416. Kobayashi K, Yoshinaga H, Ohtsuka Y. Memory enhancement and deep-brain stimulation of the entorhinal area. *N Engl J Med.* 2012 May 17;366(20):1945; author reply: 1946.
2417. Kobayashi M, Kikuchi D, Okamura H. Imaging of ultraweak spontaneous photon emission from human body displaying diurnal rhythm. *PLoS One.* 2009 Jul 16;4(7):e6256.
2418. Kobayashi Y, Inoue Y, Isa T. Pedunculo-pontine control of visually guided saccades. *Prog Brain Res.* 2004;143(03):439–45.
2419. Kobayashi Y, Matsuyama K, Mori S. Distribution of serotonin cells projecting to the pontomedullary reticular formation in the cat. *Neurosci Res.* 1994 Jul;20(1):43–55.
2420. Kobayashi Y, Saito Y, Isa T. Facilitation of saccade initiation by brainstem cholinergic system. *Brain Dev.* 2001 Dec;23 Suppl 1:S24–7.
2421. Kobre-Flatmoen A, Nagelhus A, Witter MP. Reelin-immunoreactive neurons in entorhinal cortex layer II selectively express intracellular amyloid in early Alzheimer's disease. *Neurobiol Dis.* 2016 Sep;93:172–83.
2422. Kobre-Flatmoen A, Witter MP. Neuronal chemo-architecture of the entorhinal cortex: a comparative review. *Eur J Neurosci.* 2019 Nov 29;50(10):3627–62.
2423. Koch C, Massimini M, Boly M, Tononi G. Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nat Rev Neurosci.* 2016 May 20;17(5):307–21.
2424. Kodama T, Lai YY, Siegel JM. Changes in inhibitory amino acid release linked to pontine-induced atonia: an in vivo microdialysis study. *J Neurosci.* 2003;23(4):1548–54.
2425. Kodani S, Soya S, Sakurai T. Excitation of gabaergic neurons in the bed nucleus of the stria terminalis triggers immediate transition from non-rapid eye movement sleep to wakefulness in mice. *J Neurosci.* 2017;37(30):7164–76.
2426. Koek RJ, Roach J, Athanasiou N, van 't Wout-Frank M, Philip NS. Neuromodulatory treatments for post-traumatic stress disorder (PTSD). *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2019 Jun 8;92:148–60.
2427. Koelsch S. Brain correlates of music-evoked emotions. *Nat Rev Neurosci.* 2014;15(3):170–80.
2428. Koelsch S. Investigating the neural encoding of emotion with music. *Neuron.* 2018;98(6):1075–9.
2429. Koenig HG. Religion, spirituality, and health: the research and clinical implications. *ISRN Psychiatry.* 2012 Dec 16;2012:278730.
2430. Koenig HG. Research on religion, spirituality, and mental health: a review. *Can J Psychiatry.* 2009;54(5):283–91.
2431. Koenig J, Linder AN, Leutgeb JK, Leutgeb S. The spatial periodicity of grid cells is not sustained during reduced theta oscillations. *Science.* 2011 Apr 29;332(6029):592–5.
2432. Koganezawa N, Hanamura K, Sekino Y, Shirao T. The role of drebrin in dendritic spines. *Mol Cell Neurosci.* 2017;84:85–92.
2433. Koh HY, Lee JH. Brain somatic mutations in epileptic disorders. *Mol Cells.* 2018;41(10):881–8.
2434. Koh L, Zakharov A, Johnston M. Integration of the subarachnoid space and lymphatics: is it time to embrace a new concept of cerebrospinal fluid absorption? *Cerebrospinal Fluid Res.* 2005 Sep 20;2:6.
2435. Kohan DE. Progress in gene targeting: using mutant mice to study renal function and disease. *Kidney Int.* 2008;74(4):427–37.
2436. Köhler C. Intrinsic projections of the retrohippocampal region in the rat brain. I. The subicular complex. *J Comp Neurol.* 1985 Jun 22;236(4):504–22.
2437. Köhling R, Staley K. Network mechanisms for fast ripple activity in epileptic tissue. *Epilepsy Res.* 2011;97(3):318–23.
2438. Kohlmeier KA. Off the beaten path: drug addiction and the pontine laterodorsal tegmentum. *ISRN Neurosci.* 2013 Jun 23;2013:604847.
2439. Kohman RA, Rhodes JS. Neurogenesis, inflammation and behavior. *Brain Behav Immun.* 2013 Jan;27(1):22–32.
2440. Kohyama J, Lai YY, Siegel JM. Inactivation of the pons blocks medullary-induced muscle tone suppression in the decerebrate cat. *Sleep.* 1998;21(7):695–9.
2441. Kolmer W. Das „Sagittalarorgan“ der Wirbeltiere. *Z Anat Entwicklgesch.* 1921;60(3–6):652–717.
2442. Kolmer W. Über das Sagittalarorgan, ein zentrales Sinnesorgan der Wirbeltiere, insbesondere beim Affen. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anat.* 1931;13(1):236–48.
2443. Komlosh ME, Benjamini D, Williamson NW, Horkay F, Hutchinson EB, Basser PJ. A novel MRI phantom to study interstitial fluid transport in the glymphatic system. *Magn Reson Imaging.* 2019;56:181–6.
2444. Komorowski RW, Manns JR, Eichenbaum H. Robust conjunctive item-place coding by hippocampal neurons parallels learning what happens where. *J Neurosci.* 2009 Aug 5;29(31):9918–29.
2445. Konadhode RR, Pelluru D, Blanco-Centurion C, Zayachkivsky A, Liu M, Uhde T, Glen WB Jr, van den Pol AN, Mulholland PJ, Shiromani PJ. Optogenetic stimulation of MCH neurons increases sleep. *J Neurosci.* 2013 Jun 19;33(25):10257–63.
2446. Kong XY, Wienecke J, Hultborn H, Zhang M. Robust upregulation of serotonin 2A receptors after chronic spinal transection of rats: An immunohistochemical study. *Brain Res.* 2010;1320:60–8.
2447. Konietzny A, Bär J, Mikhaylova M. Dendritic actin cytoskeleton: structure, functions, and regulations. *Front Cell Neurosci.* 2017 May 18;11:147.
2448. Kono K, Takada N, Yasuda S, Sawada R, Niimi S, Matsuyama A, Sato Y. Characterization of the cell growth analysis for detection of immortal cellular impurities in human mesenchymal stem cells. *Biologicals.* 2015 Mar;43(2):146–9.
2449. Konopacki J, Bland BH, Bruce MacIver M, Roth SH. Cholinergic theta rhythm in transected hippocampal slices: independent CA1 and dentate generators. *Brain Res.* 1987 Dec;436(2):217–22.
2450. Konopacki J, Bland BH, Roth SH. Carbachol-induced EEG "theta" in hippocampal formation slices: evidence for a third generator of theta in CA3c area. *Brain Res.* 1988;451(1–2):33–42.
2451. Konopacki J, Bland BH, Roth SH. Phase shifting of CA1 and dentate EEG theta rhythms in hippocampal formation slices. *Brain Res.* 1987;417(2):399–402.
2452. Koo BB, Bagai K, Walters AS. Restless legs syndrome: current concepts about disease pathophysiology. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2016 Jul 22;6:401.
2453. Koob GF. A role for brain stress systems in addiction. *Neuron.* 2008;59(1):11–34.
2454. Koole C, Pabreja K, Savage EE, Wootten D, Furness SG, Miller LJ, Christopoulos A, Sexton PM. Recent advances in understanding GLP-1R (glucagon-like peptide-1 receptor) function. *Biochem Soc Trans.* 2013 Feb 1;41(1):172–9.
2455. Koopman ACM, Taziaux M, Bakker J. Age-related changes in the morphology of tanyctyes in the human female infundibular nucleus/median eminence. *J Neuroendocrinol.* 2017 May;29(5):42–9.
2456. Koopmans F, Pandya NJ, Franke SK, Philippens IHCMH, Paliukhovich I, Li KW, Smit AB. Comparative Hippocampal Synaptic Proteomes of Rodents and Primates: Differences in Neuroplasticity-Related Proteins. *Front Mol Neurosci.* 2018 Oct 2;11:364.
2457. Kopach O, Kao S-C, Petralia RS, Belan P, Tao Y-X, Voitenko N. Inflammation alters trafficking of extrasynaptic AMPA receptors in tonically firing lamina II neurons of the rat spinal dorsal horn. *Pain.* 2011 Apr;152(4):912–23.
2458. Kopach O, Krotov V, Belan P, Voitenko N. Inflammatory-induced changes in synaptic drive and postsynaptic AMPARs in lamina II dorsal horn neurons are cell-type specific. *Pain.* 2015;156(3):428–38.
2459. Kopach O, Medvediev V, Krotov V, Borisyuk A, Tsymbaliuk V, Voitenko N. Opposite, bidirectional shifts in excitation and inhibition in specific types of dorsal horn interneurons are associated with spasticity and pain post-SCI. *Sci Rep.* 2017 Jul 19;7(1):5884.
2460. Kopach O, Viatchenko-Karpinski V, Atianjoh FE, Belan P, Tao YX, Voitenko N. PKC $\alpha$  is required for inflammation-induced trafficking of extrasynaptic AMPA receptors in tonically firing lamina II dorsal horn neurons during the maintenance of persistent inflammatory pain. *J Pain.* 2013;14(2):182–92.

2461. Kopach O, Viatchenko-Karpinski V, Belan P, Voitenko N. Development of inflammation-induced hyperalgesia and allodynia is associated with the upregulation of extrasynaptic AMPA receptors in tonically firing lamina II dorsal horn neurons. *Front Physiol.* 2012 Oct 2;3:391.
2462. Kopeček J, Bažilová H. Poly[N-(2-hydroxypropyl)methacrylamide] — III: Crosslinking copolymerization. *Eur Polym J.* 1974 Jun;10(6):465–70.
2463. Kopeček J, Bažilová H. Poly[N-(2-hydroxypropyl)methacrylamide] — I. Radical polymerization and copolymerization. *Eur Polym J.* 1973;9(1):7–14.
2464. Koppal JJ. Human-animal chimeras: the moral significance of uniquely human capacities. *Hastings Cent Rep.* 2019;49(5):23–32.
2465. Kopp A. Dmrt genes in the development and evolution of sexual dimorphism. *Trends Genet.* 2012 Apr;28(4):175–84.
2466. Kopsida E, Stergiakouli E, Lynn PM, Wilkinson LS, Davies W. The role of the Y chromosome in brain function. *Open Neuroendocrinol J.* 2009 Aug 19;2(1):20–30.
2467. Kordower JH, Chu Y, Stebbins GT, DeKosky ST, Cochran EJ, Bennett D, Mufson EJ. Loss and atrophy of layer II entorhinal cortex neurons in elderly people with mild cognitive impairment. *Ann Neurol.* 2001 Feb;49(2):202–13.
2468. Korkotian E, Segal M. Spike-associated fast contraction of dendritic spines in cultured hippocampal neurons. *Neuron.* 2001;30(3):751–8.
2469. Korneliussen HK. Fiber spectra of spinal nerve roots in cetacea (Balaenoptera physalus). *J Comp Neurol.* 1964;123(3):325–33.
2470. Korogod N, Petersen CC, Knott GW. Ultrastructural analysis of adult mouse neocortex comparing aldehyde perfusion with cryo fixation. *Elife.* 2015 Aug 11;4:e05793.
2471. Korotkova T, Ponomarenko A, Monaghan CK, Poulter SL, Cacucci F, Wills T, Hasselmo ME, Lever C. Reconciling the different faces of hippocampal theta: The role of theta oscillations in cognitive, emotional and innate behaviors. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018 Feb;85:65–80.
2472. Korte M, Schmitz D. Cellular and system biology of memory: timing, molecules, and beyond. *Physiol Rev.* 2016;96(2):647–93.
2473. Korte SM, Jaarsma D, Luiten PGM, Bohus B. Mesencephalic cuneiform nucleus and its ascending and descending projections serve stress-related cardiovascular responses in the rat. *J Auton Nerv Syst.* 1992;41(1–2):157–76.
2474. Kosaka T, Kosaka K. Neuronal organization of the main olfactory bulb revisited. *Anat Sci Int.* 2016;91(2):115–27.
2475. Koser DE, Thompson AJ, Foster SK, Dwivedy A, Pillai EK, Sheridan GK, Svoboda H, Viana M, Costa LD, Guck J, Holt CE, Franze K. Mechanosensing is critical for axon growth in the developing brain. *Nat Neurosci.* 2016 Dec;19(12):1592–8.
2476. Koshimizu H, Kim T, Cawley NK, Loh YP. Chromogranin A: a new proposal for trafficking, processing and induction of granule biogenesis. *Regul Pept.* 2010;160(1–3):153–9.
2477. Kosik KS. Life at low copy number: how dendrites manage with so few mRNAs. *Neuron.* 2016;92(6):1168–80.
2478. Köster M, Finger H, Graetz S, Kater M, Gruber T. Theta-gamma coupling binds visual perceptual features in an associative memory task. *Sci Rep.* 2018 Dec 6;8(1):17688.
2479. Koster S, Hensens AG, Schuurmans MJ, van der Palen J. Risk factors of delirium after cardiac surgery. A systematic review. *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2011;10(4):197–204.
2480. Kotchoubey B, Tretter F, Braun HA, Buchheim T, Draguhn A, Fuchs T, Hasler F, Hastedt H, Hinterberger T, Northoff G, Rentschler I, Schlem S, Sellmaier S, Tebartz Van Elst L, Tschacher W. Methodological problems on the way to integrative human neuroscience. *Front Integr Neurosci.* 2016 Nov 29;10:41.
2481. Kou I, Takahashi Y, Johnson TA, Takahashi A, Guo L, Dai J, Qiu X, Sharma S, Takimoto A, Ogura Y, Jiang H, Yan H, Kono K, Kawakami N, Uno K, Ito M, Minami S, Yanagida H, Taneichi H, Hosono N, Tsuji T, Suzuki T, Sudo H, Kotani T, Yonezawa I, Londono D, Gordon D, Herring JA, Watanabe K, Chiba K, Kamatani N, Jiang Q, Hiraki Y, Kubo M, Toyama Y, Tsunoda T, Wise CA, Qiu Y, Shukunami C, Matsumoto M, Ikegawa S. Genetic variants in GPR126 are associated with adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Genet.* 2013 Jun;45(6):676–9.
2482. Kourtesis I, Kasparov S, Verkade P, Teschemacher AG. Ultrastructural correlates of enhanced norepinephrine and neuropeptide Y cotransmission in the spontaneously hypertensive rat brain. *ASN Neuro.* 2015 Oct 29;7(5):1759091415610115.
2483. Koutsikou S, Apps R, Lumb BM. Top down control of spinal sensorimotor circuits essential for survival. *J Physiol.* 2017;595(13):4151–8.
2484. Koutsikou S, Crook JJ, Earl EV, Leith JL, Watson TC, Lumb BM, Apps R. Neural substrates underlying fear-evoked freezing: the periaqueductal grey-cerebellar link. *J Physiol.* 2014 May 15;592(10):2197–213.
2485. Koutsikou S, Watson TC, Crook JJ, Leith JL, Lawrenson CL, Apps R, Lumb BM. The periaqueductal gray orchestrates sensory and motor circuits at multiple levels of the neuraxis. *J Neurosci.* 2015 Oct 21;35(42):14132–47.
2486. Kouvaros S, Papatheodoropoulos C. Prominent differences in sharp waves, ripples and complex spike bursts between the dorsal and the ventral rat hippocampus. *Neuroscience.* 2017;352:131–43.
2487. Kow L-M, Pfaff DW. Responses of medullary reticulospinal and other reticular neurons to somatosensory and brainstem stimulation in anesthetized or freely-moving ovariectomized rats with or without estrogen treatment. *Exp Brain Res.* 1982 Jul;47(2):191–202.
2488. Koyama R, Ikegaya Y. The molecular and cellular mechanisms of axon guidance in mossy fiber sprouting. *Front Neurol.* 2018 May 29;9:382.
2489. Koyama R, Yamada MK, Nishiyama N, Matsuki N, Ikegaya Y. Developmental switch in axon guidance modes of hippocampal mossy fibers in vitro. *Dev Biol.* 2004;267(1):29–42.
2490. Koyama R, Yamada MK, Nishiyama N, Matsuki N, Ikegaya Y. Group II metabotropic glutamate receptor activation is required for normal hippocampal mossy fibre development in the rat. *J Physiol.* 2002;539(1):157–62.
2491. Kramer AC, Mirto AJ, Austin KJ, Roselli CE, Alexander BM. Tyrosine hydroxylase in the ventral tegmental area of rams with high or low libido — a role for dopamine. *Anim Reprod Sci.* 2017 Dec;187:152–8.
2492. Kraus BJ, Brandon MP, Robinson RJ, Connerney MA, Hasselmo ME, Eichenbaum H. During running in place, grid cells integrate elapsed time and distance run. *Neuron.* 2015 Nov;88(3):578–89.
2493. Kraus BJ, Robinson RJ, White JA, Eichenbaum H, Hasselmo ME. Hippocampal “time cells”: time versus path integration. *Neuron.* 2013;78(6):1090–101.
2494. Krause DS. Plasticity of marrow-derived stem cells. *Gene Ther.* 2002;9(11):754–8.
2495. Krause M, Theiss C, Brüne M. Ultrastructural alterations of von Economo neurons in the anterior cingulate cortex in schizophrenia. *Anat Rec.* 2017 Nov;300(11):2017–24.
2496. Krayenbühl HA. Cerebral venous and sinus thrombosis. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 1968;10:1–24.
2497. Kraynak TE, Marsland AL, Wager TD, Gianaros PJ. Functional neuroanatomy of peripheral inflammatory physiology: a meta-analysis of human neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018;94:76–92.
2498. Kremontsov DN, Case LK, Dienz O, Raza A, Fang Q, Ather JL, Poynter ME, Boyson JE, Bunn JY, Teuscher C. Genetic variation in chromosome Y regulates susceptibility to influenza A virus infection. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017 Mar 28;114(13):3491–6.
2499. Kremer H, Ironson G, Kaplan L, Stuetzle R, Baker N, Fletcher MA. Spiritual coping predicts CD4-cell preservation and undetectable viral load over four years. *AIDS Care.* 2015;27(1):71–9.
2500. Krenz NR, Weaver LC. Sprouting of primary afferent fibers after spinal cord transection in the rat. *Neuroscience.* 1998;85(2):443–58.
2501. Krenzer M, Anacleit C, Vetrivelan R, Wang N, Yong L, Lowell BB, Fuller PM, Lu J. Brainstem and spinal cord circuitry regulating REM sleep and muscle atonia. *PLoS One.* 2011;6(10):e24998.
2502. Kreukels BPC, Guilleman A. Neuroimaging studies in people with gender incongruity. *Int Rev Psychiatry.* 2016;28(1):120–8.
2503. Krieger SN, Streicher MN, Trampel R, Turner R. Cerebral blood volume changes during brain activation. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2012;32(8):1618–31.
2504. Krimer LS, Hyde TM, Herman MM, Saunders RC. The entorhinal cortex: an examination of cyto- and myeloarchitectonic organization in humans. *Cereb Cortex.* 1997;7(8):722–31.
2505. Kroeger D, Ferrari LL, Petit G, Mahoney CE, Fuller PM, Arrigoni E, Scammell TE. Cholinergic, glutamatergic, and GABAergic neurons of the pedunculopontine tegmental nucleus have distinct effects on sleep/wake behavior in mice. *J Neurosci.* 2017 Feb 1;37(5):1352–66.
2506. Kropff E, Carmichael JE, Moser MB, Moser EI. Speed cells in the medial entorhinal cortex. *Nature.* 2015;523(7561):419–24.
2507. Krout KE, Belzer LE, Loewy AD. Brainstem projections to midline and intralaminar thalamic nuclei of the rat. *J Comp Neurol.* 2002;448(1):53–101.
2508. Krout KE, Jansen ASP, Loewy AD. Periaqueductal gray matter projection to the parabrachial nucleus in rat. *J Comp Neurol.* 1998;401(4):437–54.
2509. Krout KE, Mettenleiter TC, Loewy AD. Single CNS neurons link both central motor and cardio-sympathetic systems: a double-virus tracing study. *Neuroscience.* 2003;118(3):853–66.
2510. Krueger H, Noonan VK, Trenaman LM, Joshi P, Rivers CS. The economic burden of traumatic spinal cord injury in Canada. *Chronic Dis Inj Can.* 2013;33(3):113–22.
2511. Krueger RC Jr, Wu H, Zandian M, Danielpour M, Kabos P, Yu JS, Sun YE. Neural progenitors populate the cerebrospinal fluid of preterm patients with hydrocephalus. *J Pediatr.* 2006 Mar;148(3):337–40.

- 2512.** Kruman II, Wersto RP, Cardozo-Pelaez F, Smilenov L, Chan SL, Chrest FJ, Emokpae R Jr, Gorospe M, Mattson MP. Cell cycle activation linked to neuronal cell death initiated by DNA damage. *Neuron*. 2004 Feb 19;41(4):549-61.
- 2513.** Krupic J, Burgess N, O'Keefe J. Neural representations of location composed of spatially periodic bands. *Science*. 2012 Aug 17;337(6096):853-7.
- 2514.** Kruschwitz JD, Kausch A, Brovkin A, Keshmirian A, Paulus MP, Goschke T, Walter H. Self-control is linked to interoceptive inference: craving regulation and the prediction of averse interoceptive states induced with inspiratory breathing load. *Cognition*. 2019 Dec;193:104028.
- 2515.** Krystal JH, Anticevic A, Yang GJ, Dragoi G, Driesen NR, Wang XJ, Murray JD. Impaired tuning of neural ensembles and the pathophysiology of schizophrenia: a translational and computational neuroscience perspective. *Biol Psychiatry*. 2017 May 15;81(10):874-85.
- 2516.** Krzisch M, Temprana SG, Mongiat LA, Armida J, Schmutz V, Virtanen MA, Kocher-Braissant J, Kraftsik R, Vutskits L, Conzelmann KK, Bergami M, Gage FH, Schinder AF, Toni N. Pre-existing astrocytes form functional perisynaptic processes on neurons generated in the adult hippocampus. *Brain Struct Funct*. 2015 Jul;220(4):207-42.
- 2517.** Kshetry VR, Mindea SA, Batjer HH. The management of cranial injuries in antiquity and beyond. *Neurosurg Focus*. 2007;23(1):E8.
- 2518.** Kubanek J, Shi J, Marsh J, Chen D, Deng C, Cui J. Ultrasound modulates ion channel currents. *Sci Rep*. 2016 Apr 26;6:24170.
- 2519.** Kubanek J, Shukla P, Das A, Baccus SA, Goodman MB. Ultrasound elicits behavioral responses through mechanical effects on neurons and ion channels in a simple nervous system. *J Neurosci*. 2018;38(12):3081-91.
- 2520.** Kubin L. Carbachol models of REM sleep: recent developments and new directions. *Arch Ital Biol*. 2001 Feb;139(1-2):147-68.
- 2521.** Kubin L. Sleep-wake control of the upper airway by noradrenergic neurons, with and without intermittent hypoxia. *Prog Brain Res*. 2014;209:255-74.
- 2522.** Kubota D, Colgin LL, Casale M, Brucher FA, Lynch G. Endogenous waves in hippocampal slices. *J Neurophysiol*. 2003;89(1):81-9.
- 2523.** Kubota Y, Hattori R, Yui Y. Three distinct subpopulations of GABAergic neurons in rat frontal agranular cortex. *Brain Res*. 1994 Jun;649(1-2):159-73.
- 2524.** Küchler M, Fouad K, Weinmann O, Schwab ME, Raineteau O. Red nucleus projections to distinct motor neuron pools in the rat spinal cord. *J Comp Neurol*. 2002 Jul 8;448(4):349-59.
- 2525.** Kucinski A, Sarter M. Modeling parkinson's disease falls associated with brainstem cholinergic systems decline. *Behav Neurosci*. 2015;129(2):96-104.
- 2526.** Kuhla A, Ludwig SC, Kuhla B, Münch G, Vollmar B. Advanced glycation end products are mitogenic signals and trigger cell cycle reentry of neurons in Alzheimer's disease brain. *Neurobiol Aging*. 2015;36(2):753-61.
- 2527.** Kumar JR, Rajkumar R, Jayakody T, Marwari S, Hong JM, Ma S, Gundlach AL, Lai MKP, Dawe GS. Relaxin' the brain: a case for targeting the nucleus incertus network and relaxin-3/RXFP3 system in neuropsychiatric disorders. *Br J Pharmacol*. 2017 May;174(10):1061-76.
- 2528.** Kumar M, Csaba Z, Peineau S, Srivastava R, Rasika S, Mani S, Gressens P, El Ghouzzi V. Endogenous cerebellar neurogenesis in adult mice with progressive ataxia. *Ann Clin Transl Neurol*. 2014 Dec;1(12):968-81.
- 2529.** Kumar R, Lim J, Mekary RA, Rattani A, Dewan MC, Sharif SY, Osorio-Fonseca E, Park KB. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume. *World Neurosurg*. 2018 May;113:e345-e363.
- 2530.** Kumaran D, Banino A, Blundell C, Hassabis D, Dayan P. Computations underlying social hierarchy learning: distinct neural mechanisms for updating and representing self-relevant information. *Neuron*. 2016 Dec;92(5):1135-47.
- 2531.** Kumaran D, Melo HL, Duzel E. The emergence and representation of knowledge about social and nonsocial hierarchies. *Neuron*. 2012 Nov;76(3):653-66.
- 2532.** Kumaran D, Maguire EA. The human hippocampus: cognitive maps or relational memory? *J Neurosci*. 2005 Aug 3;25(31):7254-9.
- 2533.** Kundi S, Bicknell R, Ahmed Z. The role of angiogenic and wound-healing factors after spinal cord injury in mammals. *Neurosci Res*. 2013 May-Jun;76(1-2):1-9.
- 2534.** Kunec S, Hasselmo ME, Kopell N. Encoding and retrieval in the CA3 region of the hippocampus: a model of theta-phase separation. *J Neurophysiol*. 2005;94(1):70-82.
- 2535.** Kunimatsu J, Suzuki TW, Ohmae S, Tanaka M. Different contributions of preparatory activity in the basal ganglia and cerebellum for self-timing. *Elife*. 2018 Jul 2;7:e35676.
- 2536.** Kunoy B. Legal problems relating to differences arising between recommendations of the CLCS and the submission of a particular state. *Publ Ocean Dev*. 2011;68:305-50.
- 2537.** Kupcova Skalnikova H, Navarro R, Marsala S, Hrabakova R, Vodicka P, Gadher SJ, Kovarova H, Marsala M. Signaling proteins in spinal parenchyma and dorsal root ganglion in rat with spinal injury-induced spasticity. *J Proteomics*. 2013 Oct 8;91:41-57.
- 2538.** Kuroki S, Tachibana M. Epigenetic regulation of mammalian sex determination. *Mol Cell Endocrinol*. 2018;468:31-8.
- 2539.** Kurtzke JF. Epidemiology of spinal cord injury. *Exp Neurol*. 1975 Sep;48(3 pt. 2):163-236.
- 2540.** Kuwaki T, Zhang W. Orexin neurons as arousal-associated modulators of central cardiorespiratory regulation. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;174(1-2):43-54.
- 2541.** Kuwana SI, Tsunekawa N, Yanagawa Y, Okada Y, Kuribayashi J, Obata K. Electrophysiological and morphological characteristics of GABAergic respiratory neurons in the mouse pre-Bötzing complex. *Eur J Neurosci*. 2006;23(3):667-74.
- 2542.** Kweon HJ, Suh BC. Acid-sensing ion channels (ASICs): therapeutic targets for neurological diseases and their regulation. *BMB Rep*. 2013;46(6):295-304.
- 2543.** Kwon BK, Liu J, Messerer C, Kobayashi NR, McGraw J, Oschipok L, Tetzlaff W. Survival and regeneration of rubrospinal neurons 1 year after spinal cord injury. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2002 Mar 5;99(5):3246-51.
- 2544.** Kwon BK, Liu J, Oschipok L, Tetzlaff W. Reaxotomy of chronically injured rubrospinal neurons results in only modest cell loss. *Exp Neurol*. 2002;177(1):332-7.
- 2545.** Kwon D, Ahn HJ, Kang KS. Generation of human neural stem cells by direct phenotypic conversion. *Results Probl Cell Differ*. 2018;66:103-21.
- 2546.** Labaka A, Goñi-Balantzaga O, Lebeña A, Pérez-Tejada J. Biological sex differences in depression: a systematic review. *Biol Res Nurs*. 2018;20(4):383-92.
- 2547.** Lacolley P, Regnault V, Nicoletti A, Li Z, Michel JB. The vascular smooth muscle cell in arterial pathology: a cell that can take on multiple roles. *Cardiovasc Res*. 2012;95(2):194-204.
- 2548.** Lacroix S, Havton LA, McKay H, Yang H, Brant A, Roberts J, Tuszynski MH. Bilateral corticospinal projections arise from each motor cortex in the macaque monkey: a quantitative study. *J Comp Neurol*. 2004 May 24;473(2):147-61.
- 2549.** Ladplli R, Brodal A. Experimental studies of commissural and reticular formation projections from the vestibular nuclei in the cat. *Brain Res*. 1968 Apr;8(1):65-96.
- 2550.** Lagarde J, Hantkiewicz O, Hajjioui A, Yelnik A. Neuropsychological disorders induced by cerebellar damage. *Ann Phys Rehabil Med*. 2009;52(4):360-70.
- 2551.** Lagos P, Monti JM, Jantos H, Torterolo P. Microinjection of the melanin-concentrating hormone into the lateral basal forebrain increases REM sleep and reduces wakefulness in the rat. *Life Sci*. 2012;90(23-24):895-9.
- 2552.** Lagos P, Torterolo P, Jantos H, Chase MH, Monti JM. Effects on sleep of melanin-concentrating hormone (MCH) microinjections into the dorsal raphe nucleus. *Brain Res*. 2009;1265(5982):103-10.
- 2553.** Lahoz-Beltra R, Hameroff SR, Dayhoff JE. Cytoskeletal logic: a model for molecular computation via Boolean operations in microtubules and microtubule-associated proteins. *BioSystems*. 1993;29(1):1-23.
- 2554.** Lai HC, Seal RP, Johnson JE. Making sense out of spinal cord somatosensory development. *Development*. 2016 Oct 1;143(19):3434-48.
- 2555.** Lai YY, Kodama T, Schenkel E, Siegel JM. Behavioral response and transmitter release during atonia elicited by medial medullary stimulation. *J Neurophysiol*. 2010;104(4):2024-33.
- 2556.** Lai YY, Siegel JM. Brainstem-mediated locomotion and myoclonic jerks. I. Neural substrates. *Brain Res*. 1997;745(1-2):257-64.
- 2557.** Lai YY, Siegel JM. Medullary regions mediating atonia. *J Neurosci*. 1988;8(12):4790-6.
- 2558.** Lainé J, Axelrad H. Extending the cerebellar Lugaro cell class. *Neuroscience*. 2002;115(2):363-74.
- 2559.** Lainé J, Axelrad H. The candelabrum cell: a new interneuron in the cerebellar cortex. *J Comp Neurol*. 1994;339(2):159-73.
- 2560.** Lakatta EG, Maltsev VA, Vinogradova TM. A Coupled SYSTEM of intracellular Ca<sup>2+</sup> clocks and surface membrane voltage clocks controls the timekeeping mechanism of the heart's pacemaker. *Circ Res*. 2010;106(4):659-73.
- 2561.** Lal A, Roudebush WE, Chosed RJ. Embryo biopsy can offer more information than just ploidy status. *Front Cell Dev Biol*. 2020 Feb 12;8:78.
- 2562.** Lalonde R, Strazielle C. Neuroanatomical pathways underlying the effects of hypothalamo-hypophysial-adrenal hormones on exploratory activity. *Rev Neurosci*. 2017;28(6):617-48.
- 2563.** Laman JD, Weller RO. Drainage of cells and soluble antigen from the CNS to regional lymph nodes. *J Neuroimmune Pharmacol*. 2013;8(4):840-56.
- 2564.** Lamas JA, Rueda-Ruzafa L, Herrera-Pérez S. Ion channels and thermosensitivity: TRP, TREK, or Both? *Int J Mol Sci*. 2019 May 14;20(10):2371.
- 2565.** Lamb KM, Hirose H, Cavarocchi NC. Preparation and technical considerations for percutaneous cannulation for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *J Card Surg*. 2013 Mar;28(2):190-2.
- 2566.** Lamm C, Decety J, Singer T. Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *Neuroimage*. 2011;54(3):2492-502.



2567. Lamotte CC, Johns DR, de Lanerolle NC. Immunohistochemical evidence of indolamine neurons in monkey spinal cord. *J Comp Neurol*. 1982;206(4):359–70.
2568. Lamotte CC. Vasoactive intestinal polypeptide cerebrospinal fluid-contacting neurons of the monkey and cat spinal central canal. *J Comp Neurol*. 1987;258(4):527–41.
2569. Lance JW. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg lecture. *Neurology*. 1980;30(12):1303–13.
2570. Landry M, Lifshitz M, Raz A. Brain correlates of hypnosis: a systematic review and meta-analytic exploration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;81:75–98.
2571. Lane N. Hot mitochondria? *PLoS Biol*. 2018 Jan 25;16(1):e2005113.
2572. Lang D, Glukhov AV. Functional microdomains in heart's pacemaker: a step beyond classical electrophysiology and remodeling. *Front Physiol*. 2018 Nov 27;9:1686.
2573. Lang R, Gundlach AL, Holmes FE, Hobson SA, Wynick D, Hökfelt T, Kofler B. Physiology, signaling, and pharmacology of galanin peptides and receptors: three decades of emerging diversity. *Pharmacol Rev*. 2015;67(1):118–75.
2574. Lange S, Trost A, Tempfer H, Bauer HC, Bauer H, Rohde E, Reitsamer HA, Franklin RJ, Aigner L, Rivera FJ. Brain pericyte plasticity as a potential drug target in CNS repair. *Drug Discov Today*. 2013 May;18(9-10):456–63.
2575. Langleben DD, Schroeder L, Maldjian JA, Gur RC, McDonald S, Ragland JD, O'Brien CP, Childress AR. Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage*. 2002 Mar;15(3):727–32.
2576. Lanza G, Bachmann CG, Ghorayeb I, Wang Y, Ferri R, Paulus W. Central and peripheral nervous system excitability in restless legs syndrome. *Sleep Med*. 2017;31:49–60.
2577. Lapeyre E, Kuks JBM, Meijler WJ. Spasticity: revisiting the role and the individual value of several pharmacological treatments. *NeuroRehabilitation*. 2010;27(2):193–200.
2578. LaPlaca MC, Cullen DK, McLoughlin JJ, Cargill RS. High rate shear strain of three-dimensional neural cell cultures: A new in vitro traumatic brain injury model. *J Biomech*. 2005;38(5):1093–105.
2579. LaPlaca MC, Lessing MC, Prado GR, Zhou R, Tate CC, Geddes-Klein D, Meaney DF, Zhang L. Mechanoporation is a potential indicator of tissue strain and subsequent degeneration following experimental traumatic brain injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019 Apr;64:2–13.
2580. Larkman AU, Kingdom U. Dendritic morphology of CA1 pyramidal neurons from the rat hippocampus: II. Spine distributions. *J Comp Neurol*. 1995;171:161–71.
2581. Larriva-Sahd JA. Some predictions of Rafael Lorente de Nó 80 years later. *Front Neuroanat*. 2014 Dec 3;8:147.
2582. Larsen K, Momeni J, Farajzadeh L, Bendixen C. Differential A-to-I RNA editing of the serotonin-2C receptor G-protein-coupled, HTR2C, in porcine brain tissues. *Biochimie*. 2016;121:189–96.
2583. Lasztóczy B, Tukker JJ, Somogyi P, Klausberger T. Terminal field and firing selectivity of cholecystokinin-expressing interneurons in the hippocampal CA3 area. *J Neurosci*. 2011;31(49):18073–93.
2584. Latuske P, Toader O, Allen K. Interspike intervals reveal functionally distinct cell populations in the medial entorhinal cortex. *J Neurosci*. 2015 Aug 5;35(31):10963–76.
2585. Lauer M, Senitz D. Dendritic excrescences seem to characterize hippocampal CA3 pyramidal neurons in humans. *J Neural Transm*. 2006;113(10):1469–75.
2586. Laureys S, Faymonville ME, Peigneux P, Damas P, Lambermont B, Del Fiore G, Degueldre C, Aerts J, Luxen A, Franck G, Lamy M, Moonen G, Maquet P. Cortical processing of noxious somatosensory stimuli in the persistent vegetative state. *Neuroimage*. 2002 Oct;17(2):732–41.
2587. Lavazza A, Massimini M. Cerebral organoids and consciousness: how far are we willing to go? *J Med Ethics*. 2018;44(9):613–4.
2588. Lavelle WF, Carl AL. From advanced imaging... When a broken pencil is more than just a broken pencil. *Spine J*. 2005;5(4):473–4.
2589. Lavezzi AM, Ottaviani G, Rossi L, Matturri L. Cytoarchitectural organization of the parabrachial/Kölliker-Fuse complex in man. *Brain Dev*. 2004;26(5):316–20.
2590. Lavoie B, Parent A. Pedunculopontine nucleus in the squirrel monkey: projections to the basal ganglia as revealed by anterograde tract-tracing methods. *J Comp Neurol*. 1994;344(2):210–31.
2591. Lawson RP, Seymour B, Loh E, Lutti A, Dolan RJ, Dayan P, Weiskopf N, Roiser JP. The habenula encodes negative motivational value associated with primary punishment in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 Aug 12;111(32):11858–63.
2592. Lay S, Brace N, Pike G, Pollick F. Circling around the uncanny valley: design principles for research into the relation between human likeness and eeriness. *Iperception*. 2016 Dec 6;7(6):2041669516681309.
2593. Lazarini F, Gabellec MM, Moigneu C, de Chaumont F, Olivo-Marin JC, Lledo PM. Adult neurogenesis restores dopaminergic neuronal loss in the olfactory bulb. *J Neurosci*. 2014 Oct 22;34(43):14430–42.
2594. Lazarus M, Chen J-F, Urade Y, Huang Z-L. Role of the basal ganglia in the control of sleep and wakefulness. *Curr Opin Neurobiol*. 2013 Oct;23(5):780–5.
2595. Lazarus M, Shen HY, Cherasse Y, Qu WM, Huang ZL, Bass CE, Winsky-Sommerer R, Semba K, Fredholm BB, Boison D, Hayaishi O, Urade Y, Chen JF. Arousal effect of caffeine depends on adenosine A2A receptors in the shell of the nucleus accumbens. *J Neurosci*. 2011 Jul 6;31(27):10067–75.
2596. Le Blon D, Hoornaert C, Detrez JR, Bevers S, Daans J, Goossens H, De Vos WH, Berneman Z, Ponsaerts P. Immune remodelling of stromal cell grafts in the central nervous system: therapeutic inflammation or (harmless) side-effect? *J Tissue Eng Regen Med*. 2017 Oct;11(10):2846–52.
2597. Le Duigou C, Simonnet J, Teleńczuk MT, Fricker D, Miles R. Recurrent synapses and circuits in the CA3 region of the hippocampus: an associative network. *Front Cell Neurosci*. 2014 Jan 8;7:262.
2598. Le Pera D, Graven-Nielsen T, Valeriani M, Oliviero A, Di Lazzaro V, Tonalì PA, Arendt-Nielsen L. Inhibition of motor system excitability at cortical and spinal level by tonic muscle pain. *Clin Neurophysiol*. 2001 Sep;112(9):1633–41.
2599. Le Van Quyen M, Müller LE 2nd, Telenczuk B, Halgren E, Cash S, Hatsopoulos NG, Dehghani N, Destexhe A. High-frequency oscillations in human and monkey neocortex during the wake-sleep cycle. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Aug 16;113(33):9363–8.
2600. Lebedev MA, Pimashkin A, Ossadtchi A. Navigation patterns and scent marking: underappreciated contributors to hippocampal and entorhinal spatial representations? *Front Behav Neurosci*. 2018 Jun 5;12:98.
2601. Lebow MA, Chen A. Overshadowed by the amygdala: the bed nucleus of the stria terminalis emerges as key to psychiatric disorders. *Mol Psychiatry*. 2016;21(4):450–63.
2602. Lecourtier L, Kelly PH. A conductor hidden in the orchestra? Role of the habenular complex in monoamine transmission and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. 2007;31(5):658–72.
2603. Lecrux C, Bourrourou M, Hamel E. How reliable is cerebral blood flow to map changes in neuronal activity? *Auton Neurosci*. 2019 Mar;217:71–9.
2604. Leder H, Nadal M. Ten years of a model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments: the aesthetic episode — developments and challenges in empirical aesthetics. *Br J Psychol*. 2014 Nov;105(4):443–64.
2605. Lee AG, Hagenauer M, Absher D, Morrison KE, Bale TL, Myers RM, Watson SJ, Akil H, Schatzberg AF, Lyons DM. Stress amplifies sex differences in primate prefrontal profiles of gene expression. *Biol Sex Differ*. 2017 Nov 2;8(1):36.
2606. Lee AM, Hoy JL, Bonci A, Wilbrecht L, Stryker MP, Niell CM. Identification of a brainstem circuit regulating visual cortical state in parallel with locomotion. *Neuron*. 2014;83(2):455–66.
2607. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, Wing PC. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. *Spinal Cord*. 2014;52(2):110–6. — не процитовано у тексті
2608. Lee BH, Lee KH, Kim UJ, Yoon DH, Sohn JH, Choi SS, Yi IG, Park YG. Injury in the spinal cord may produce cell death in the brain. *Brain Res*. 2004 Sep 10;1020(1–2):37–44.
2609. Lee CL, Kuo HC. Long-term efficacy and safety of repeated intravesical onabotulinumtoxinA injections plus hydrodistention in the treatment of interstitial cystitis/bladder pain syndrome. *Toxins (Basel)*. 2015;7(10):4283–93.
2610. Lee DA, Bedont JL, Pak T, Wang H, Song J, Miranda-Angulo A, Takiar V, Charubhumi V, Balordi F, Takebayashi H, Aja S, Ford E, Fishell G, Blackshaw S. Tanyocytes of the hypothalamic median eminence form a diet-responsive neurogenic niche. *Nat Neurosci*. 2012 Mar 25;15(5):700–2.
2611. Lee DJ, Kulubya E, Goldin P, Goodarzi A, Girgis F. Review of the neural oscillations underlying meditation. *Front Neurosci*. 2018 Mar 26;12:178.
2612. Lee HJ, Rye DB, Hallanger AE, Levey AI, Wainer BH. Cholinergic vs. noncholinergic efferents from the mesopontine tegmentum to the extrapyramidal motor system nuclei. *J Comp Neurol*. 1988;275(4):469–92.
2613. Lee HS, Kim MA, Waterhouse BD. Retrograde double-labeling study of common afferent projections to the dorsal raphe and the nuclear core of the locus coeruleus in the rat. *J Comp Neurol*. 2005;481(2):179–93.
2614. Lee IS, Wang H, Chae Y, Preissl H, Enck P. Functional neuroimaging studies in functional dyspepsia patients: a systematic review. *Neurogastroenterol Motil*. 2016;28(6):793–805.

2615. Lee JK, Zheng B. Role of myelin-associated inhibitors in axonal repair after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2012;235(1):33–42.
2616. Lee JW, Jergova S, Furmanski O, Gajavelli S, Sagen J. Predifferentiated GABAergic neural precursor transplants for alleviation of dysesthetic central pain following excitotoxic spinal cord injury. *Front Physiol*. 2012 May 31;3:167.
2617. Lee JW, Jung MW. Separation or binding? Role of the dentate gyrus in hippocampal mnemonic processing. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;75:183–94.
2618. Lee K, Na W, Lee JY, Na J, Cho H, Wu H, Yune TY, Kim WS, Ju BG. Molecular mechanism of Jmjd3-mediated interleukin-6 gene regulation in endothelial cells underlying spinal cord injury. *J Neurochem*. 2012 Jul;122(2):272–82.
2619. Lee KE, Cho KO, Choi YS, Kim SY. The neuroprotective mechanism of ampicillin in a mouse model of transient forebrain ischemia. *Korean J Physiol Pharmacol*. 2016;20(2):185–92.
2620. Lee MH, Siddoway B, Kaeser GE, Segota I, Rivera R, Romanow WJ, Liu CS, Park C, Kennedy G, Long T, Chun J. Somatic APP gene recombination in Alzheimer's disease and normal neurons. *Nature*. 2018 Nov;563(7733):639–45.
2621. Lee SJ, Nam TW, Kim CH, Hwang JM. Knowledge and attitude of nonpsychiatric physicians regarding suicide in spinal cord injury patients and need for structured psychiatric education for suicide prevention: A prospective survey pilot study. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Mar;98(11):e14901.
2622. Lee SR, Cho Y, Cha MJ, Choi EK, Seo JW, Oh S. Atrial innervation patterns of intrinsic cardiac autonomic nerves. *J Korean Med Sci*. 2018 Aug 27;33(39):e253.
2623. Lee TM, Leung MK, Lee TM, Raine A, Chan CC. I want to lie about not knowing you, but my precuneus refuses to cooperate. *Sci Rep*. 2013;3:1636.
2624. Lee WC, Bonin V, Reed M, Graham BJ, Hood G, Glattfelder K, Reid RC. Anatomy and function of an excitatory network in the visual cortex. *Nature*. 2016 Apr 21;532(7599):370–4.
2625. Lee Y, Kim B, Choi S. On-chip cell staining and counting platform for the rapid detection of blood cells in cerebrospinal fluid. *Sensors (Basel)*. 2018 Apr 7;18(4):1124.
2626. Leech R, Sharp DJ. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease. *Brain*. 2014;137(1):12–32.
2627. Leffler SR, Legué E, Aristizábal O, Joyner AL, Peskin CS, Turnbull DH. A mathematical model of granule cell generation during mouse cerebellum development. *Bull Math Biol*. 2016;78(5):859–78.
2628. Legéndy CR. On the “data stirring” role of the dentate gyrus of the hippocampus. *Rev Neurosci*. 2017;28(6):599–615.
2629. Legon W, Ai L, Bansal P, Mueller JK. Neuromodulation with single-element transcranial focused ultrasound in human thalamus. *Hum Brain Mapp*. 2018;39(5):1995–2006.
2630. Lehmann ED, Deutsch T. Application of computers in diabetes care — a review. I. Computers for data collection and interpretation. *Med Inform (Lond)*. 1995 Oct–Dec;20(4):281–302. — не пам'ятаю по змісту
2631. Lehoux S, Jones EA. Shear stress, arterial identity and atherosclerosis. *Thromb Haemost*. 2016 Mar;115(3):467–73.
2632. Lehtinen MK, Zappaterra MW, Chen X, Yang YJ, Hill AD, Lun M, Maynard T, Gonzalez D, Kim S, Ye P, D'Ercole AJ, Wong ET, LaMantia AS, Walsh CA. The cerebrospinal fluid provides a proliferative niche for neural progenitor cells. *Neuron*. 2011 Mar 10;69(5):893–905.
2633. Leibovici L. Effects of remote, retroactive intercessory prayer on outcomes in patients with bloodstream infection: Randomised controlled trial. *Br Med J*. 2001;323(7327):1450–1.
2634. Leija-Salazar M, Piette C, Proukakis C. Review: Somatic mutations in neurodegeneration. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2018 Apr;44(3):267–85.
2635. Leiner HC. Solving the mystery of the human cerebellum. *Neuropsychol Rev*. 2010;20(3):229–35.
2636. Leise EM. Modular construction of nervous systems: a basic principle of design for invertebrates and vertebrates. *Brain Res Brain Res Rev*. 1990 Jan–Apr;15(1):1–23.
2637. Leite J, Carvalho S, Fregni F, Gonçalves ÓF. Task-specific effects of tDCS-induced cortical excitability changes on cognitive and motor sequence set shifting performance. *PLoS One*. 2011;6(9):e24140.
2638. Leite-Almeida H, Valle-Fernandes A, Almeida A. Brain projections from the medullary dorsal reticular nucleus: An anterograde and retrograde tracing study in the rat. *Neuroscience*. 2006;140(2):577–95.
2639. Leitner FC, Melzer S, Lütcke H, Pinna R, Seeburg PH, Helmchen F, Monyer H. Spatially segregated feedforward and feedback neurons support differential odor processing in the lateral entorhinal cortex. *Nat Neurosci*. 2016 Jul;19(7):935–44.
2640. Leloup L, Militch DD, Andriet G, Vandermeeren Y, Samson D. Cathodal transcranial direct current stimulation on the right temporo-parietal junction modulates the use of mitigating circumstances during moral judgments. *Front Hum Neurosci*. 2016 Jul 12;10:355.
2641. Lemmon VP, Ferguson AR, Popovich PG, Xu XM, Snow DM, Igarashi M, Beattie CE, Bixby JL, MIA SCI Consortium. Minimum information about a spinal cord injury experiment: a proposed reporting standard for spinal cord injury experiments. *J Neurotrauma*. 2014 Aug 1;31(15):1354–61.
2642. Lemon N, Manahan-Vaughan D. Dopamine D1/D5 receptors contribute to de novo hippocampal LTD mediated by novel spatial exploration or locus coeruleus activity. *Cereb Cortex*. 2012;22(9):2131–8.
2643. Lemon RN. Descending pathways in motor control. *Annu Rev Neurosci*. 2008;31:195–218.
2644. Lenc T, Keller PE, Varlet M, Nozaradan S. Neural tracking of the musical beat is enhanced by low-frequency sounds. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(32):8221–6.
2645. Lengenhager B, Tadi T, Metzinger T, Blanke O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science*. 2007 Aug 24;317(5841):1096–9.
2646. Lent R, Azevedo FA, Andrade-Moraes CH, Pinto AV. How many neurons do you have? Some dogmas of quantitative neuroscience under revision. *Eur J Neurosci*. 2012 Jan;35(1):1–9.
2647. Leonard CS, Llinás R. Serotonergic and cholinergic inhibition of mesopontine cholinergic neurons controlling rem sleep: an in vitro electrophysiological study. *Neuroscience*. 1994;59(2):309–20.
2648. Lertkiatmongkol P, Liao D, Mei H, Hu Y, Newman PJ. Endothelial functions of PECAM-1 (CD31). *Curr Opin Hematol*. 2016;23(3):253–9.
2649. Leung AK, Sigalet D. Acute abdominal pain in children. *Am Fam Physician*. 2003 Jun 1;67(11):2321–6.
2650. Levinson HN. The cerebellar-vestibular predisposition to anxiety disorders. *Percept Mot Skills*. 1989;68(1):323–38.
2651. Levite M. Glutamate receptor antibodies in neurological diseases: anti-AMPA-GluR3 antibodies, anti-NMDA-NR1 antibodies, anti-NMDA-NR2A/B antibodies, anti-mGluR1 antibodies or anti-mGluR5 antibodies are present in subpopulations of patients with either: epilepsy, encephalitis, cerebellar ataxia, systemic lupus erythematosus (SLE) and neuropsychiatric SLE, Sjogren's syndrome, schizophrenia, mania or stroke. These autoimmune anti-glutamate receptor antibodies can bind neurons in few brain regions, activate glutamate receptors, decrease glutamate receptor's expression, impair glutamate-induced signaling and function, activate blood brain barrier endothelial cells, kill neurons, damage the brain, induce behavioral/psychiatric/cognitive abnormalities and ataxia in animal models, and can be removed or silenced in some patients by immunotherapy. *J Neural Transm (Vienna)*. 2014 Aug;121(8):1029–75.
2652. Levitt M, Levitt JH. The deafferentation syndrome in monkeys: dysesthesias of spinal origin. *Pain*. 1981;10(2):129–47.
2653. Levy DJ, Glimcher PW. The root of all value: a neural common currency for choice. *Curr Opin Neurobiol*. 2012 Dec;22(6):1027–38.
2654. Levy Nogueira M, da Veiga Moreira J, Baronio GF, Dubois B, Steyaert JM, Schwartz L. Mechanical stress as the common denominator between chronic inflammation, cancer, and Alzheimer's disease. *Front Oncol*. 2015 Sep 17;5:197.
2655. Lewin R. Is your brain really necessary? *Science*. 1980 Dec 12;210(4475):1232–4.
2656. Lewis CJ, Pan T, Kalsotra A. RNA modifications and structures cooperate to guide RNA-protein interactions. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2017 Mar;18(3):202–10.
2657. Lewis GJ, Dickie DA, Cox SR, Karama S, Evans AC, Starr JM, Bastin ME, Wardlaw JM, Deary IJ. Widespread associations between trait conscientiousness and thickness of brain cortical regions. *Neuroimage*. 2018 Aug 1;176:22–8.
2658. Lewis KE. How do genes regulate simple behaviours? Understanding how different neurons in the vertebrate spinal cord are genetically specified. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2006;361(1465):45–66.
2659. Li AS, Kelley EA, Evans AD, Lee K. Exploring the ability to deceive in children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*. 2011;41(2):185–95.
2660. Li D, Mabrouk OS, Liu T, Tian F, Xu G, Rengifo S, Choi SJ, Mathur A, Crooks CP, Kennedy RT, Wang MM, Ghanbari H, Borjigin J. Asphyxia-activated corticocardiac signaling accelerates onset of cardiac arrest. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Apr 21;112(16):E2073–82.
2661. Li J, Kritzer E, Ford NC, Arbabi S, Baccei ML. Connectivity of pacemaker neurons in the neonatal rat superficial dorsal horn. *J Comp Neurol*. 2015 May 1;523(7):1038–53.
2662. Li J, Liu X, Yin X, Li S, Wang P, Niu X, Zhu C. Transcranial direct current stimulation of the right lateral prefrontal cortex changes a priori normative beliefs in voluntary cooperation. *Front Neurosci*. 2018 Aug 31;12:606.
2663. Li J, Zhou J, Shi Y. Scanning electron microscopy of human cerebral meningeal stomata. *Ann Anat*. 1996;178(3):259–61.

2664. Li K, Javed E, Scura D, Hala TJ, Seetharam S, Falnikar A, Richard JP, Chorath A, Maragakis NJ, Wright MC, Lepore AC. Human iPSC cell-derived astrocyte transplants preserve respiratory function after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2015 Sep;271:479–92.
2665. Li LS, Yu H, Raynald R, Wang XD, Dai GH, Cheng HB, Liu XB, An YH. Anatomical mechanism of spontaneous recovery in regions caudal to thoracic spinal cord injury lesions in rats. *PeerJ*. 2017 Jan 10;5:e2865.
2666. Li N, Lu D, Yang L, Tao H, Xu Y, Wang C, Fu L, Liu H, Chummm Y, Zhang S. Nuclear spin attenuates the anesthetic potency of xenon isotopes in mice: implications for the mechanisms of anesthesia and consciousness. *Anesthesiology*. 2018 Aug;129(2):271–7.
2667. Li P, Xu Y, Cao Y, Wu T. 3D Digital Anatomic Angioarchitecture of the Rat Spinal Cord: A Synchrotron Radiation Micro-CT Study. *Front Neuroanat*. 2020 Jul 22;14:41.
2668. Li SB, Jones JR, de Lecea L. Hypocretins, neural systems, physiology, and psychiatric disorders. *Curr Psychiatry Rep*. 2016 Jan;18(1):7.
2669. Li T, Tang H, Zhu J, Zhang JH. The finer scale of consciousness: quantum theory. *Ann Transl Med*. 2019 Oct;7(20):585.
2670. Li X, Chen Q, Zheng W, Chen X, Wang L, Qin W, Li K, Lu J, Chen N. Inconsistency between cortical reorganization and functional connectivity alteration in the sensorimotor cortex following incomplete cervical spinal cord injury. *Brain Imaging Behav*. 2020 Dec;14(6):2367–77.
2671. Li X, Chen Z, Zhang H, Zhuang Y, Shen H, Chen Y, Zhao Y, Chen B, Xiao Z, Dai J. Aligned scaffolds with biomolecular gradients for regenerative medicine. *Polymers (Basel)*. 2019 a;11(2):341.
2672. Li X, Kong H, Wu W, Xiao M, Sun X, Hu G. Aquaporin-4 maintains ependymal integrity in adult mice. *Neuroscience*. 2009;162(1):67–77.
2673. Li X, Liu D, Xiao Z, Zhao Y, Han S, Chen B, Dai J. Scaffold-facilitated locomotor improvement post complete spinal cord injury: motor axon regeneration versus endogenous neuronal relay formation. *Biomaterials*. 2019 b;197:20–31.
2674. Li X, Ren C, Huang L, Lin B, Pu M, Pickard GE, So KF. The dorsal raphe nucleus receives afferents from alpha-like retinal ganglion cells and intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in the rat. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Dec;56(13):8373–81.
2675. Li X, Weissman M, Talati A, Svob C, Wickramaratne P, Posner J, Xu D. A diffusion tensor imaging study of brain microstructural changes related to religion and spirituality in families at high risk for depression. *Brain Behav*. 2019 Feb;9(2):e01209.
2676. Li X-G, Somogyi P, Tepper JM, Buzsáki G. Axonal and dendritic arborization of an intracellularly labeled chandelier cell in the CA1 region of rat hippocampus. *Exp Brain Res*. 1992 Sep;90(3):519–25.
2677. Li XG, Somogyi P, Ylinen A, Buzsáki G. The hippocampal CA3 network: an in vivo intracellular labeling study. *J Comp Neurol*. 1994;339(2):181–208.
2678. Li Y, Alam M, Guo S, Ting KH, He J. Electronic bypass of spinal lesions: activation of lower motor neurons directly driven by cortical neural signals. *J Neuroeng Rehabil*. 2014 Jul 3;11:107.
2679. Li Y, Bennett DJ. Persistent sodium and calcium currents cause plateau potentials in motoneurons of chronic spinal rats. *J Neurophysiol*. 2003;90(2):857–69.
2680. Li Y, Gorassini MA, Bennett DJ. Role of persistent sodium and calcium currents in motoneuron firing and spasticity in chronic spinal rats. *J Neurophysiol*. 2004;91(2):767–83.
2681. Li Y, He L, Huang X, Bhaloo SI, Zhao H, Zhang S, Pu W, Tian X, Li Y, Liu Q, Yu W, Zhang L, Liu X, Liu K, Tang J, Zhang H, Cai D, Ralf AH, Xu Q, Lui KO, Zhou B. Genetic lineage tracing of nonmyocyte population by dual recombinases. *Circulation*. 2018 Aug 21;138(8):793–805.
2682. Li Y, Li L, Stephens MJ, Zenner D, Murray KC, Winship IR, Vavrek R, Baker GB, Fouad K, Bennett DJ. Synthesis, transport, and metabolism of serotonin formed from exogenously applied 5-HTP after spinal cord injury in rats. *J Neurophysiol*. 2014 Jan;111(1):145–63.
2683. Li Y, Lucas-Osma AM, Black S, Bandet MV, Stephens MJ, Vavrek R, Sanelli L, Fenrich KK, Di Narzo AF, Dracheva S, Winship IR, Fouad K, Bennett DJ. Pericytes impair capillary blood flow and motor function after chronic spinal cord injury. *Nat Med*. 2017 Jun;23(6):733–41.
2684. Li Y, Oskouian RJ, Day YJ, Kern JA, Linden J. Optimization of a mouse locomotor rating system to evaluate compression-induced spinal cord injury: correlation of locomotor and morphological injury indices. *J Neurosurg Spine*. 2006;4(2):165–73.
2685. Liang H, Watson C, Paxinos G. Terminations of reticulospinal fibers originating from the gigantocellular reticular formation in the mouse spinal cord. *Brain Struct Funct*. 2016;221(3):1623–33.
2686. Liang X, Evans SM, Sun Y. Development of the cardiac pacemaker. *Cell Mol Life Sci*. 2017 Apr 21;74(7):1247–59.
2687. Liberati G, Klöcker A, Safronova MM, Ferrão Santos S, Ribeiro Vaz JG, Raftopoulos C, Mouraux A. Nociceptive local field potentials recorded from the human insula are not specific for nociception. *PLoS Biol*. 2016 Jan 6;14(1):e1002345.
2688. Liddelow SA, Guttenplan KA, Clarke LE, Bennett JC, Bohlen CJ, Schirmer L, Bennett ML, Münch AE, Chung WS, Peterson TC, Wilton DK, Frouin A, Napier BA, Panicker N, Kumar M, Buckwalter MS, Rowitch DH, Dawson VL, Dawson TM, Stevens B, Barres BA. Neurototoxic reactive astrocytes are induced by activated microglia. *Nature*. 2017 Jan 26;541(7638):481–7.
2689. Liesveld JL, Rothberg PG. Mixed chimerism in SCT: conflict or peaceful coexistence? *Bone Marrow Transplant*. 2008;42(5):297–310.
2690. Lifshitz M, van Elk M, Luhrmann TM. Absorption and spiritual experience: a review of evidence and potential mechanisms. *Conscious Cogn*. 2019 Aug;73:102760.
2691. Lim DA, Alvarez-Buylla A. The adult ventricular-subventricular zone (V-SVZ) and olfactory bulb (OB) neurogenesis. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2016 May 2;8(5):a018820.
2692. Lim SW, Shiue YL, Ho CH, Yu SC, Kao PH, Wang JJ, Kuo JR. Anxiety and depression in patients with traumatic spinal cord injury: a nationwide population-based cohort study. *PLoS One*. 2017 Jan 12;12(1):e0169623.
2693. Limanowski J, Hecht H. Where do we stand on locating the self? *Psychology*. 2011;02(04):312–7.
2694. Lin J, Cui X, Dai X, Chen Y, Mo L. Correction: Neural correlates of creative insight: Amplitude of low-frequency fluctuation of resting-state brain activity predicts creative insight. *PLoS One*. 2019 Feb 27;14(2):e0213212.
2695. Lin J, Cui X, Dai X, Chen Y, Mo L. Neural correlates of creative insight: amplitude of low-frequency fluctuation of resting-state brain activity predicts creative insight. *PLoS One*. 2018 Aug 30;13(8):e0203071. Erratum in: *PLoS One*. 2019 Feb 27;14(2):e0213212.
2696. Lin L, Lin H, Bai S, Zheng L, Zhang X. Bone marrow mesenchymal stem cells (BMSCs) improved functional recovery of spinal cord injury partly by promoting axonal regeneration. *Neurochem Int*. 2018;115:80–4.
2697. Lin LC, Nana AL, Hepker M, Hwang JL, Gaus SE, Spina S, Cosme CG, Gan L, Grinberg IT, Geschwind DH, Coppola G, Rosen HJ, Miller BL, Seeley WW. Preferential tau aggregation in von Economo neurons and fork cells in frontotemporal lobar degeneration with specific MAPT variants. *Acta Neuropathol Commun*. 2019 Oct 22;7(1):159.
2698. Lin LH, Moore SA, Jones SY, McGlashan J, Talman WT. Astrocytes in the rat nucleus tractus solitarii are critical for cardiovascular reflex control. *J Neurosci*. 2013;33(47):18608–17.
2699. Lin XY, Lai BQ, Zeng X, Che MT, Ling EA, Wu W, Zeng YS. Cell Transplantation and neuroengineering approach for spinal cord injury treatment: a summary of current laboratory findings and review of literature. *Cell Transplant*. 2016;25(8):1425–38.
2700. Lin Y, Chen J, Wang Z. Meta-analysis of factors which influence delirium following cardiac surgery. *J Card Surg*. 2012;27(4):481–92.
2701. Lin Z, Huang X, Zhou W, Zhang W, Liu Y, Bian T, Niu L, Meng L, Guo Y. Ultrasound stimulation modulates voltage-gated potassium currents associated with action potential shape in hippocampal CA1 pyramidal neurons. *Front Pharmacol*. 2019 May 22;10:544.
2702. Lindenfors P. Divine placebo: health and the evolution of religion. *Hum Ecol*. 2009; 47:157–63.
2703. Lindsay SL, Barnett SC. Are nestin-positive mesenchymal stromal cells a better source of cells for CNS repair? *Neurochem Int*. 2017;106:101–7.
2704. Lindsey BG, Rybak IA, Smith JC. Computational models and emergent properties of respiratory neural networks. *Compr Physiol*. 2012 Jul;2(3):1619–70.
2705. Lindsey DB, Bowden JW, Magoun HW. Effect upon the EEG of acute injury to the brain stem activating system. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1949;1(4):475–86.
2706. Lindvall O, Stenevi U. Dopamine and noradrenaline neurons projecting to the septal area in the rat. *Cell Tissue Res*. 1978;190(3):383–407.
2707. Ling T, Boyle KC, Goetz G, Zhou P, Quan Y, Alfonso FS, Huang TW, Palanker D. Full-field interferometric imaging of propagating action potentials. *Light Sci Appl*. 2018 Dec 12;7:107.
2708. Linninger AA, Xu C, Tangen K, Hartung G. Starling forces drive intracranial water exchange during normal and pathological states. *Croat Med J*. 2017;58(6):384–94.
2709. Lintunen M, Sallinen T, Karlstedt K, Fukui H, Eriksson KS, Panula P. Postnatal expression of H1-receptor mRNA in the rat brain: correlation to L-histidine decarboxylase expression and local upregulation in limbic seizures. *Eur J Neurosci*. 1998;10(7):2287–301.
2710. Lipschitz R, Block J. Stab wounds of the spinal cord. *Lancet*. 1962 Jul;280(7248):169–72.
2711. Lisman J. The challenge of understanding the brain: where we stand in 2015. *Neuron*. 2015 May 20;86(4):864–82.
2712. Lisman J. Working memory: the importance of theta and gamma oscillations. *Curr Biol*. 2010;20(11):R490–2.

- 2713.** Lisman JE, Jensen O. The  $\theta$ - $\gamma$  neural code. *Neuron*. 2013 Mar 20;77(6):1002–16.
- 2714.** Lisman JE. Role of the dual entorhinal inputs to hippocampus: a hypothesis based on cue/action (non-self/self) couplets. *Prog Brain Res*. 2007;163:615–26.
- 2715.** Liszczak TM, Varsos VG, Black PM, Kistler JP, Zervas NT. Cerebral arterial constriction after experimental subarachnoid hemorrhage is associated with blood components within the arterial wall. *J Neurosurg*. 1983;58(1):18–26.
- 2716.** Litt A, Eliasmith C, Kroon FW, Weinstein S, Thagard P. Is the brain a quantum computer? *Cogn Sci*. 2006;30(3):593–603.
- 2717.** Liu AF, Zhao FB, Wang J, Lu YF, Tian J, Zhao Y, Gao Y, Hu XJ, Liu XY, Tan J, Tian YL, Shi J. Effects of vagus nerve stimulation on cognitive functioning in rats with cerebral ischemia reperfusion. *J Transl Med*. 2016 Apr 27;14:101.
- 2718.** Liu AKL, Chang RCC, Pearce RKB, Gentleman SM. Nucleus basalis of Meynert revisited: anatomy, history and differential involvement in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Acta Neuropathol*. 2015;129(4):527–40.
- 2719.** Liu AKL, Lim EJ, Ahmed I, Chang RCC, Pearce RKB, Gentleman SM. Review: revisiting the human cholinergic nucleus of the diagonal band of Broca. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2018;44(7):647–62.
- 2720.** Liu AY, Rajji TK, Blumberger DM, Daskalakis ZJ, Mulsant BH. Brain stimulation in the treatment of late-life severe mental illness other than unipolar nonpsychotic depression. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2014 Mar;22(3):216–40.
- 2721.** Liu C, Abu-Jamous B, Brattico E, Nandi AK. Towards tunable consensus clustering for studying functional brain connectivity during affective processing. *Int J Neural Syst*. 2017 Mar;27(2):1650042.
- 2722.** Liu CY, Lee ML, Yang CS, Chen CM, Min MY, Yang HW. Morphological and physiological evidence of a synaptic connection between the lateral parabrachial nucleus and neurons in the A7 catecholamine cell group in rats. *J Biomed Sci*. 2015 Sep 18;22(1):79.
- 2723.** Liu D, Pavathuparambil Abdul Manaph N, Al-Hawwas M, Zhou XF, Liao H. Small molecules for neural stem cell induction. *Stem Cells Dev*. 2018 Mar 1;27(5):297–312.
- 2724.** Liu F, Chen Q, Liu C, Ao Q, Tian X, Fan J, Tong H, Wang X. Natural polymers for organ 3D bioprinting. *Polymers (Basel)*. 2018 Nov 16;10(11):1278.
- 2725.** Liu J, Li S, Li X, Klein C, Rymer WZ, Zhou P. Suppression of stimulus artifact contaminating electrically evoked electromyography. *NeuroRehabilitation*. 2014;34(2):381–9.
- 2726.** Liu J, Lughofer E, Zeng X. Toward model building for visual aesthetic perception. *Comput Intell Neurosci*. 2017;2017:1292801.
- 2727.** Liu J, Reeves C, Jacques T, McEvoy A, Miserocchi A, Thompson P, Sisodiya S, Thom M. Nestin-expressing cell types in the temporal lobe and hippocampus: morphology, differentiation, and proliferative capacity. *Glia*. 2018 Jan;66(1):62–77.
- 2728.** Liu KY, Howard R. Why has adult hippocampal neurogenesis had so little impact on psychiatry? *Br J Psychiatry*. 2018;212(4):193–4.
- 2729.** Liu P, Peng G, Zhang N, Wang B, Luo B. Crosstalk between the gut microbiota and the brain: an update on neuroimaging findings. *Front Neurol*. 2019 Aug 13;10:883.
- 2730.** Liu P, Wang G, Liu Y, Zeng F, Lin D, Yang X, Liang F, Calhoun VD, Qin W. Disrupted intrinsic connectivity of the periaqueductal gray in patients with functional dyspepsia: a resting-state fMRI study. *Neurogastroenterol Motil*. 2017 Aug;29(8):1–8.
- 2731.** Liu PF, Fang HZ, Yang Y, Zhang QQ, Zhou QQ, Chen SS, Zhou F, Zhang LC. Activation of P2X3 receptors in the cerebrospinal fluid-contacting nucleus neurons reduces formalin-induced pain behavior via PAG in a rat model. *Neuroscience*. 2017 Sep 1;358:93–102.
- 2732.** Liu S, Erkinen MG, Healey ML, Xu Y, Swett KE, Chow HM, Braun AR. Brain activity and connectivity during poetry composition: toward a multidimensional model of the creative process. *Hum Brain Mapp*. 2015 Sep;36(9):3351–72.
- 2733.** Liu S, Schackel T, Weidner N, Puttgunta R. Biomaterial-supported cell transplantation treatments for spinal cord injury: challenges and perspectives. *Front Cell Neurosci*. 2018 Jan 11;11:430.
- 2734.** Liu S, Xie YY, Wang B. Role and prospects of regenerative biomaterials in the repair of spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2019;14(8):1352–63.
- 2735.** Liu SG, Wang YM, Zhang YJ, He XJ, Ma T, Song W, Zhang YM. ZL006 protects spinal cord neurons against ischemia-induced oxidative stress through AMPK-PGC-1 $\alpha$ -Sirt3 pathway. *Neurochem Int*. 2017 Sep;108:230–7.
- 2736.** Liu SJ, Lachamp P, Liu Y, Savtchouk I, Sun L. Long-term synaptic plasticity in cerebellar stellate cells. *Cerebellum*. 2008;7(4):559–62.
- 2737.** Liu SQJ, Cull-Candy SG. Synaptic activity at calcium-permeable AMPA receptors induces a switch in receptor subtype. *Nature*. 2000;405(6785):454–8.
- 2738.** Liu X, Hashimoto M, Horii H, Yamaguchi A, Naito K, Yamashita T. Repulsive guidance molecule b inhibits neurite growth and is increased after spinal cord injury. *Biochem Biophys Res Commun*. 2009;382(4):795–800.
- 2739.** Liu X, Li SJ, Hudetz AG. Increased precuneus connectivity during propofol sedation. *Neurosci Lett*. 2014;561:18–23.
- 2740.** Liu X, Pfaff DW, Calderon DP, Tabansky I, Wang X, Wang Y, Kow LM. Development of electrophysiological properties of nucleus gigantocellularis neurons correlated with increased CNS arousal. *Dev Neurosci*. 2016;38(4):295–310.
- 2741.** Liu Y, Broman J, Zhang M, Edvinsson L. Brainstem and thalamic projections from a craniovascular sensory nervous centre in the rostral cervical spinal dorsal horn of rats. *Cephalalgia*. 2009;29(9):935–48.
- 2742.** Liu Y, Himes BT, Murray M, Tessler A, Fischer I. Grafts of BDNF-producing fibroblasts rescue axotomized rubrospinal neurons and prevent their atrophy. *Exp Neurol*. 2002;178(2):150–64.
- 2743.** Liu Y, González-Porta M, Santos S, Brazma A, Marioni JC, Aebersold R, Venkitaraman AR, Wickramasinghe VO. Impact of Alternative Splicing on the Human Proteome. *Cell Rep*. 2017 Aug 1;20(5):1229–41.
- 2744.** Liu Y, Sumpter DJT. Is the golden ratio a universal constant for self-replication? *PLoS One*. 2018 Jul 16;13(7):e0200601.
- 2745.** Liu Y, Wang X, Lu CC, Kerman R, Steward O, Xu XM, Zou Y. Repulsive Wnt signaling inhibits axon regeneration after CNS injury. *J Neurosci*. 2008 Aug 13;28(33):8376–82.
- 2746.** Liu YC, Sachs BD. Erectle function in male rats after lesions in the lateral paraventricular nucleus. *Neurosci Lett*. 1999;262(3):203–6.
- 2747.** Liu ZH. Mechanisms and novel therapies in cervical spinal cord injury. 2015. Thesis submitted to the Queen Mary University of London in candidature for the degree of Doctor of Philosophy. 285 p. Available from: <http://qmro.qmul.ac.uk/xmlui/handle/123456789/12862>. Див. також: Liu ZH, Yip PK, Adams L, Davies M, Lee JW, Michael GJ, Priestley JV, Michael-Titus AT. A single bolus of docosahexaenoic acid promotes neuroplastic changes in the innervation of spinal cord interneurons and motor neurons and improves functional recovery after spinal cord injury. *J Neurosci*. 2015 Sep 16;35(37):12733–52.
- 2748.** Livak KJ, Schmittgen TD. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta$ CT method. *Methods*. 2001;25(4):402–8.
- 2749.** Livesey AC, Wall MB, Smith AT. Time perception: manipulation of task difficulty dissociates clock functions from other cognitive demands. *Neuropsychologia*. 2007;45(2):321–31.
- 2750.** Livesey MR, Magnani D, Cleary EM, Vasishta NA, James OT, Selvaraj BT, Burr K, Story D, Shaw CE, Kind PC, Hardingham GE, Wyllie DJ, Chandran S. Maturation and electrophysiological properties of human pluripotent stem cell-derived oligodendrocytes. *Stem Cells*. 2016 Apr;34(4):1040–53.
- 2751.** Lledo PM, Valley M. Adult olfactory bulb neurogenesis. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2016 Aug 1;8(8):a018945.
- 2752.** Llewellyn-Smith IJ, Gnanamanickam GJ, Reimann F, Gribble FM, Trapp S. Preproglucagon (PPG) neurons innervate neurochemically identified autonomic neurons in the mouse brainstem. *Neuroscience*. 2013 Jan 15;229:130–43.
- 2753.** Llewellyn-Smith IJ, Reimann F, Gribble FM, Trapp S. Preproglucagon neurons project widely to autonomic control areas in the mouse brain. *Neuroscience*. 2011 Apr;180(0):111–21.
- 2754.** Lo Giudice C, Silvestris DA, Roth SH, Eisenberg E, Pesole G, Gallo A, Picardi E. Quantifying RNA Editing in Deep Transcriptome Datasets. *Front Genet*. 2020 Mar 6;11:194.
- 2755.** Lobier M, Palva JM, Palva S. High-alpha band synchronization across frontal, parietal and visual cortex mediates behavioral and neuronal effects of visuospatial attention. *NeuroImage*. 2018;165:222–37.
- 2756.** Locatelli P, Giménez CS, Vega MU, Crottogini A, Belaich MN. Targeting the cardiomyocyte cell cycle for heart regeneration. *Curr Drug Targets*. 2018;20(2):241–54.
- 2757.** Lockmann ALV, Laplagne DA, Leão RN, Tort ABL. A respiration-coupled rhythm in the rat hippocampus independent of theta and slow oscillations. *J Neurosci*. 2016;36(19):5338–52.
- 2758.** Lockwood PL. The anatomy of empathy: vicarious experience and disorders of social cognition. *Behav Brain Res*. 2016;311:255–66.
- 2759.** Loewy AD, Wallach JH, McKellar S. Efferent connections of the ventral medulla oblongata in the rat. *Brain Res Rev*. 1981;3(1):63–80.
- 2760.** Loffredo F, Lee RT. Therapeutic vasculogenesis: it takes two. *Circ Res*. 2008;103(2):128–30.
- 2761.** Logue SF, Gould TJ. The neural and genetic basis of executive function. *Pharmacol Biochem Behav*. 2014;123:45–54.
- 2762.** Lohmeier TE, Iliescu R. The baroreflex as a long-term controller of arterial pressure. *Physiology*. 2015;30(2):148–58.
- 2763.** Lohrberg M, Wilting J. The lymphatic vascular system of the mouse head. *Cell Tissue Res*. 2016;366(3):667–77.

2764. Lohse MJ. The ins and outs of adrenergic signaling. *J Mol Med.* 2015;93(9):955–62.
2765. Lokmic Z. Isolation, identification, and culture of human lymphatic endothelial cells. *Methods Mol Biol.* 2016;1430:77–90.
2766. Lomo T. Discovering long-term potentiation (LTP) — recollections and reflections on what came after. *Acta Physiol (Oxf).* 2018 Feb;222(2):e12921.
2767. Long KR, Huttner WB. How the extracellular matrix shapes neural development. *Open Biol.* 2019 Jan 31;9(1):180216.
2768. Long LL, Bunce JG, Chrobak JJ. Theta variation and spatiotemporal scaling along the septotemporal axis of the hippocampus. *Front Syst Neurosci.* 2015 Mar 16;9:37.
2769. López-Barneo J, Ortega-Sáenz P, González-Rodríguez P, Fernández-Agüera MC, Macías D, Pardal R, Gao L. Oxygen-sensing by arterial chemoreceptors: mechanisms and medical translation. *Mol Aspects Med.* 2016 Feb–Mar;47–48:90–108.
2770. López-Barneo J, Pardal R, Ortega-Sáenz P, Durán R, Villadiego J, Toledo-Aral JJ. The neurogenic niche in the carotid body and its applicability to antiparkinsonian cell therapy. *J Neural Transm.* 2009;116(8):975–82.
2771. López-Hidalgo M, Schummers J. Cortical maps: a role for astrocytes? *Curr Opin Neurobiol.* 2014 Feb;24(1):176–89.
2772. López-Larraz E, Trincado-Alonso F, Rajasekaran V, Pérez-Nombela S, Del-Ama AJ, Aranda J, Minguez J, Gil-Agudo A, Montesano L. Control of an ambulatory exoskeleton with a brain-machine interface for spinal cord injury gait rehabilitation. *Front Neurosci.* 2016 Aug 3;10:359.
2773. López-Muñoz F, Rubio G, Molina JD, Alamo C. La glándula pineal como instrumento físico de las facultades del alma: una conexión histórica persistente [The pineal gland as physical tool of the soul faculties: a persistent historical connection]. *Neurología.* 2012 Apr;27(3):161–8.
2774. López-Muñoz F, Rubio G, Molina JD, Alamo C. Sadness as a passion of the soul: a psychopathological consideration of the Cartesian concept of melancholy. *Brain Res Bull.* 2011;85(1–2):42–53.
2775. Lopez-Rojas J, Kreuzt MR. Mature granule cells of the dentate gyrus — passive bystanders or principal performers in hippocampal function? *Neurosci Biobehav Rev.* 2016 May;64:167–74.
2776. Lorber J. Is your brain really necessary? *Nurs Mirror.* 1981;152(18):29–30.
2777. Lorente de No R. Architectonics and structure of the cerebral cortex. *Physiol Nerv Syst.* 1938;291–330.
2778. Lorenz L, Doherty A, Casey P. The role of religion in buffering the impact of stressful life events on depressive symptoms in patients with depressive episodes or adjustment disorder. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Apr 8;16(7):1238.
2779. Lorincz A, Nusser Z. Cell-type-dependent molecular composition of the axon initial segment. *J Neurosci.* 2008;28(53):14329–40.
2780. Lou HC, Changeux JP, Rosenstand A. Towards a cognitive neuroscience of self-awareness. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;83:765–73.
2781. Lou HC, Lubner B, Crupain M, Keenan JP, Nowak M, Kjaer TW, Sackeim HA, Lisanby SH. Parietal cortex and representation of the mental Self. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004 Apr 27;101(17):6827–32.
2782. Louie DR, Eng JJ, Lam T; Spinal Cord Injury Research Evidence (SCIRE) Research Team. Gait speed using powered robotic exoskeletons after spinal cord injury: a systematic review and correlational study. *J Neuroeng Rehabil.* 2015 Oct 14;12:82.
2783. Loukas M, Shea M, Shea C, Lutter-Hoppenheim M, Zand P, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. Jean Baptiste Paulin Trolard (1842-1910): his life and contributions to neuroanatomy. *J Neurosurg.* 2010 Jun;112(6):1192–6.
2784. Louveau A, Harris TH, Kipnis J. Revisiting the mechanisms of CNS immune privilege. *Trends Immunol.* 2015 a;36(10):569–77.
2785. Louveau A, Plog BA, Antila S, Alitalo K, Nedergaard M, Kipnis J. Understanding the functions and relationships of the lymphatic system and meningeal lymphatics. *J Clin Invest.* 2017;127(9):3210–9.
2786. Louveau A, Smirnov I, Keyes TJ, Eccles JD, Rouhani SJ, Peske JD, Derecki NC, Castle D, Mandell JW, Lee KS, Harris TH, Kipnis J. Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels. *Nature.* 2015 b;523(7560):337–41. Erratum in: *Nature.* 2016 May 12;533(7602):278.
2787. Louveau A, Smirnov I, Keyes TJ, Eccles JD, Rouhani SJ, Peske JD, Derecki NC, Castle D, Mandell JW, Lee KS, Harris TH, Kipnis J. Corrigendum: Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels. *Nature.* 2016 May 12;533(7602):278.
2788. Love JA, Leslie RA. The effects of raised ICP on lymph flow in the cervical lymphatic trunks in cats. *J Neurosurg.* 1984;60(3):577–81.
2789. Loverro G, Di Naro E, Caringella AM, De Robertis AL, Loconsole D, Chironna M. Prevalence of human papillomavirus infection in a clinic sample of transsexuals in Italy. *Sex Transm Infect.* 2016;92(1):67–9.
2790. Löw K, Culbertson M, Bradke F, Tessier-Lavigne M, Tuszynski MH. Netrin-1 is a novel myelin-associated inhibitor to axon growth. *J Neurosci.* 2008;28(5):1099–108.
2791. Lowen AC. It's in the mix: reassignment of segmented viral genomes. *PLoS Pathog.* 2018 Sep 13;14(9):e1007200.
2792. Lowry CA, Hollis JH, de Vries A, Pan B, Brunet LR, Hunt JR, Paton JF, van Kampen E, Knight DM, Evans AK, Rook GA, Lightman SL. Identification of an immune-responsive mesolimbocortical serotonergic system: potential role in regulation of emotional behavior. *Neuroscience.* 2007 May 11;146(2):756–72.
2793. Loynd DR, Murphy AZ. The neuroanatomy of sexual dimorphism in opioid analgesia. *Exp Neurol.* 2014 Sep;259(1):57–63.
2794. Lozano R, Naghavi M, Foreman K, Lim S, Shibuya K, Aboyans V, Abraham J, Adair T, Aggarwal R, Ahn SY, Alvarado M, Anderson HR, Anderson LM, Andrews KG, Atkinson C, Baddour LM, Barker-Collo S, Bartels DH, Bell ML, Benjamin EJ, Bennett D, Bhalla K, Bikbov B, Bin Abdulhak A, Birbeck G, Blyth F, Bolliger I, Boufous S, Bucello C, Burch M, Burney P, Carapetis J, Chen H, Chou D, Chugh SS, Coffeng LE, Colan SD, Colquhoun S, Colson KE, Condon J, Connor MD, Cooper LT, Corriere M, Cortinovis M, de Vaccaro KC, Cousler W, Cowie BC, Criqui MH, Cross M, Dabhadkar KC, Dahodwala N, De Leo D, Degenhardt L, Delossantos A, Denenberg J, Des Jarlais DC, Dharmaratne SD, Dorsey ER, Driscoll T, Duber H, Ebel B, Erwin PJ, Espindola P, Ezatti M, Feigin V, Flaxman AD, Forouzanfar MH, Fowkes FG, Franklin R, Fransen M, Freeman MK, Gabriel SE, Gakidou E, Gaspari F, Gillum RF, Gonzalez-Medina D, Halasa YA, Haring D, Harrison JE, Havmoeller R, Hay RJ, Hoen B, Hotez PJ, Hoy D, Jacobsen KH, James SL, Jasrasaria R, Jayaraman S, Johns N, Karthikeyan G, Kassebaum N, Keren A, Khoo JP, Knowlton LM, Kobusingye O, Koranteng A, Krishnamurthi R, Lipnick M, Lipshultz SE, Ohno SL, Mabweijano J, MacIntyre MF, Mallinger L, March L, Marks GB, Marks R, Matsumori A, Matzopoulos R, Mayosi BM, McAnulty JH, McDermott MM, McGrath J, Mensah GA, Merriman LR, Michaud C, Miller M, Miller TR, Mock C, Mocumbi AO, Mokdad AA, Moran A, Mullholland K, Nair MN, Naldi L, Narayan KM, Nasseri K, Norman P, O'Donnell M, Ormerod S, Osborne R, Ozgediz D, Pahari B, Pandian JD, Rivero AP, Padilla RP, Perez-Ruiz F, Perico N, Phillips D, Pierce K, Pope CA 3rd, Porrini E, Pourmalek F, Raju M, Ranganathan D, Rehm JT, Rein DB, Remuzzi G, Rivara FP, Roberts T, De León FR, Rosenfeld LC, Rushton L, Sacco RL, Salomon JA, Sampson U, Sanman E, Schwebel DC, Segui-Gomez M, Shepard DS, Singh D, Singleton J, Sliwa K, Smith E, Steer A, Taylor JA, Thomas B, Tleyjeh IM, Towbin JA, Truelsen T, Undurraga EA, Venketasubramanian N, Vijayakumar L, Vos T, Wagner GR, Wang M, Wang W, Watt K, Weinstock MA, Weintraub R, Wilkinson JD, Woolf AD, Wulf S, Yeh PH, Yip P, Zabetian A, Zheng ZJ, Lopez AD, Murray CJ, AlMazroa MA, Memish ZA. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012 Dec 15;380(9859):2095–128.
2795. Lu D, Liao Y, Zhu SH, Chen QC, Xie DM, Liao JJ, Feng X, Jiang MH, He W. Bone-derived Nestin-positive mesenchymal stem cells improve cardiac function via recruiting cardiac endothelial cells after myocardial infarction. *Stem Cell Res Ther.* 2019 Apr 27;10(1):127.
2796. Lu J, Bjorkum AA, Xu M, Gaus SE, Shiromani PJ, Saper CB. Selective activation of the extended ventrolateral preoptic nucleus during rapid eye movement sleep. *J Neurosci.* 2002;22(11):4568–76.
2797. Lu J, Greco MA, Shiromani P, Saper CB. Effect of lesions of the ventrolateral preoptic nucleus on NREM and REM sleep. *J Neurosci.* 2000;20(10):3830–42.
2798. Lu J, Sherman D, Devor M, Saper CB. A putative flip-flop switch for control of REM sleep. *Nature.* 2006;441(7093):589–94.
2799. Lu L, Igarashi KM, Witter MP, Moser EI, Moser MB. Topography of place maps along the CA3-to-CA2 axis of the hippocampus. *Neuron.* 2015;87(5):1078–92.
2800. Lu P, Blesch A, Tuszynski MH. Induction of bone marrow stromal cells to neurons: differentiation, transdifferentiation, or artifact? *J Neurosci Res.* 2004;77(2):174–91.
2801. Lu X, Perera TH, Aria AB, Callahan LAS. Polyethylene glycol in spinal cord injury repair: a critical review. *J Exp Pharmacol.* 2018;10:37–49.
2802. Lu Y, Perl ER. Selective action of noradrenaline and serotonin on neurons of the spinal superficial dorsal horn in the rat. *J Physiol.* 2007;582(1):127–36.
2803. Lu YB, Franze K, Seifert G, Steinhäuser C, Kirchhoff F, Wollburg H, Guck J, Janmey P, Wei EQ, Käs J, Reichenbach A. Viscoelastic properties of individual glial cells and neurons in the CNS. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2006 Nov 21;103(47):17759–64.
2804. Lucas-Neto L, Mourato B, Neto D, Oliveira E, Martins H, Correia F, Gonçalves-Ferreira A. The nucleus accumbens beyond the anterior commissure: implications for psychosurgery. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2014;92(5):291–9.
2805. Lucas-Neto L, Neto D, Oliveira E, Martins H, Mourato B, Correia F, Rainha-Campos A, Gonçalves-Ferreira A. Three dimensional anatomy of the human nucleus accumbens. *Acta Neurochir (Wien).* 2013 Dec;155(12):2389–98.
2806. Lucassen PJ, Fitzsimons CP, Salta E, Maletic-Savatic M. Adult neurogenesis, human after all (again): classic, optimized, and future approaches. *Behav Brain Res.* 2020;381:112458.
2807. Lucchiari C, Sala PM, Vanutelli ME. Promoting creativity through transcranial direct current stimulation (tDCS). A critical review. *Front Behav Neurosci.* 2018 Aug 2;12:167.

- 2808.** Luders E, Kurth F, Mayer EA, Toga AW, Narr KL, Gaser C. The unique brain anatomy of meditation practitioners: alterations in cortical gyration. *Front Hum Neurosci.* 2012 Feb 29;6:34.
- 2809.** Luders E, Kurth F. The neuroanatomy of long-term meditators. *Curr Opin Psychol.* 2019;28:172–8.
- 2810.** Ludwig M, Leng G. Dendritic peptide release and peptide-dependent behaviours. *Nat Rev Neurosci.* 2006;7(2):126–36.
- 2811.** Luft CD, Bhattacharya J. Aroused with heart: modulation of heartbeat evoked potential by arosal induction and its oscillatory correlates. *Sci Rep.* 2015 Oct 27;5:15717.
- 2812.** Lugert S, Kremer T, Jagasia R, Herrmann A, Aigner S, Giachino C, Mendez-David I, Gardier AM, Carralot JP, Meistermann H, Augustin A, Saxe MD, Lamerz J, Duran-Pacheco G, Ducret A, Taylor V, David DJ, Czech C. Glypican-2 levels in cerebrospinal fluid predict the status of adult hippocampal neurogenesis. *Sci Rep.* 2017 Apr 25;7:46543.
- 2813.** Lui J, Sarai M, Mills PB. Chemodenervation for treatment of limb spasticity following spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord.* 2015;53(4):252–64.
- 2814.** Lukić IK, Glunčić V, Ivkić G, Hubenstorf M, Marušić A. Virtual dissection: a lesson from the 18th century. *Lancet.* 2003 Dec;362(9401):2110–3.
- 2815.** Lund JS. Anatomical substrates for functional columns in macaque monkey primary visual cortex. *Cereb Cortex.* 2003 Jan 1;13(1):15–24.
- 2816.** Lundgaard I, Lu ML, Yang E, Peng W, Mestre H, Hitomi E, Deane R, Nedergaard M. Glymphatic clearance controls state-dependent changes in brain lactate concentration. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2017 Jun;37(6):2112–24.
- 2817.** Luo Q, Nakic M, Wheatley T, Richell R, Martin A, Blair RJ. The neural basis of implicit moral attitude — an IAT study using event-related fMRI. *Neuroimage.* 2006 May 1;30(4):1449–57.
- 2818.** Luo Q, Yu M, Li Y, Mo L. The neural correlates of integrated aesthetics between moral and facial beauty. *Sci Rep.* 2019 Feb 13;9(1):1980.
- 2819.** Luo X, Chen G, Jia Y, Gong J, Qiu S, Zhong S, Zhao L, Chen F, Lai S, Qi Z, Huang L, Wang Y. Disrupted cerebellar connectivity with the central executive network and the default-mode network in unmedicated bipolar II disorder. *Front Psychiatry.* 2018 Dec 18;9:705.
- 2820.** Luo Y, Sugihara I. Cerebellar afferents originating from the medullary reticular formation that are different from mossy, climbing or monoaminergic fibers in the rat. *Brain Res.* 2014;1566:31–46.
- 2821.** Luo Y, Zou Y, Yang L, Liu J, Liu S, Liu J, Zhou X, Zhang W, Wang T. Transplantation of NSCs with OECs alleviates neuropathic pain associated with NGF downregulation in rats following spinal cord injury. *Neurosci Lett.* 2013 Aug 9;549:103–8.
- 2822.** Luoto S. Commentary: beauty requires thought. *Front Psychol.* 2017 Aug 2;8:1281.
- 2823.** Luppi PH, Clément O, Fort P. Paradoxical (REM) sleep genesis by the brainstem is under hypothalamic control. *Curr Opin Neurobiol.* 2013 a;23(5):786–92.
- 2824.** Luppi PH, Clément O, Sapin E, Peyron C, Gervasoni D, Léger L, Fort P. Brainstem mechanisms of paradoxical (REM) sleep generation. *Pflugers Arch.* 2012 Jan;463(1):43–52.
- 2825.** Luppi PH, Clément O, Valencia Garcia S, Brischoux F, Fort P. New aspects in the pathophysiology of rapid eye movement sleep behavior disorder: the potential role of glutamate, gamma-aminobutyric acid, and glycine. *Sleep Med.* 2013 b;14(8):714–8.
- 2826.** Luppi PH, Peyron C, Fort P. Not a single but multiple populations of GABAergic neurons control sleep. *Sleep Med Rev.* 2017;32:85–94.
- 2827.** Luppi PH, Sakai K, Fort P, Salvert D, Jouvet M. The nuclei of origin of monoaminergic, peptidergic, and cholinergic afferents to the cat nucleus reticularis magnocellularis: a double-labeling study with cholera toxin as a retrograde tracer. *J Comp Neurol.* 1988 Nov 1;277(1):1–20.
- 2828.** Lush P, Dienes Z. Time perception and the experience of agency in meditation and hypnosis. *Psych J.* 2019;8(1):36–50.
- 2829.** Lushnikova I, Skibo G, Muller D, Nikonenko I. Synaptic potentiation induces increased glial coverage of excitatory synapses in CA1 hippocampus. *Hippocampus.* 2009;19(8):753–62.
- 2830.** Lustig C, Matell MS, Meck WH. Not “just” a coincidence: frontal-striatal interactions in working memory and interval timing. *Memory.* 2005;13(3–4):441–8.
- 2831.** Lüthi A, Lüscher C. Pathological circuit function underlying addiction and anxiety disorders. *Nat Neurosci.* 2014;17(12):1635–43.
- 2832.** Lutterschmidt DI, Lucas AR, Karam RA, Nguyen VT, Rasmussen MR. Sexually dimorphic patterns of cell proliferation in the brain are linked to seasonal life-history transitions in red-sided garter snakes. *Front Neurosci.* 2018 Jun 1;12:364.
- 2833.** Lutz A, Greischar LL, Rawlings NB, Ricard M, Davidson RJ. Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004 Nov 16;101(46):16369–73.
- 2834.** Lutz APC, Schulz A, Voderholzer U, Koch S, van Dyck Z, Vögele C. Enhanced cortical processing of cardio-afferent signals in anorexia nervosa. *Clin Neurophysiol.* 2019;130(9):1620–7.
- 2835.** Luz LL, Szucs P, Safronov B V. Peripherally driven low-threshold inhibitory inputs to lamina I local-circuit and projection neurones: a new circuit for gating pain responses. *J Physiol.* 2014;592(7):1519–34.
- 2836.** Luzardo A, Ludvig EA, Rivest F. An adaptive drift-diffusion model of interval timing dynamics. *Behav Processes.* 2013 May;95(1):90–9.
- 2837.** Lv H, Zhao YH, Chen JG, Wang DY, Chen H. Vagus nerve stimulation for depression: a systematic review. *Front Psychol.* 2019 Jan 31;10:64.
- 2838.** Lv X, Wu Z, Li Y. Innervation of the cerebral dura mater. *Neuroradiol J.* 2014 Jun;27(3):293–8.
- 2839.** Lynn BO, Erwin A, Guy M, Herman B, Davide M, Ellen J, Anne C, Kaat D. Comprehensive quantification of the spastic catch in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2013 Jan;34(1):386–96.
- 2840.** Ma M, Wu W, Li Q, Li J, Sheng Z, Shi J, Zhang M, Yang H, Wang Z, Sun R, Fei J. N-myc is a key switch regulating the proliferation cycle of postnatal cerebellar granule cell progenitors. *Sci Rep.* 2015 Aug 4;5:12740.
- 2841.** Ma Q, Ries M, Decker Y, Müller A, Riner C, Bücken A, Fassbender K, Detmar M, Proulx ST. Rapid lymphatic efflux limits cerebrospinal fluid flow to the brain. *Acta Neuropathol.* 2019 Jan;137(1):151–65.
- 2842.** Ma Q, Xing C, Long W, Wang HY, Liu Q, Wang RF. Impact of microbiota on central nervous system and neurological diseases: the gut-brain axis. *J Neuroinflammation.* 2019 Mar 1;16(1):53.
- 2843.** Ma S, Gundlach AL. Ascending control of arousal and motivation: role of nucleus incertus and its peptide neuromodulators in behavioural responses to stress. *J Neuroendocrinol.* 2015 Jun;27(6):457–67.
- 2844.** Ma WL, Zhang W Bin, Xiong KH, Guo F. Visceral and orofacial somatic afferent fiber terminals converge onto the same neuron in paratrigeminal nucleus: an electron microscopic study in rats. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2007;131(1–2):45–9.
- 2845.** Maass A, Berron D, Libby LA, Ranganath C, Düzel E. Functional subregions of the human entorhinal cortex. *Elife.* 2015 Jun 8;4:e06426.
- 2846.** Maass A, Schütze H, Speck O, Yonelinas A, Tempelmann C, Heinze HJ, Berron D, Cardenas-Blanco A, Brodersen KH, Stephan KE, Düzel E. Laminar activity in the hippocampus and entorhinal cortex related to novelty and episodic encoding. *Nat Commun.* 2014 Nov 26;5:5547.
- 2847.** Maccaferri G. Stratum oriens horizontal interneurone diversity and hippocampal network dynamics. *J Physiol.* 2005;562(1):73–80.
- 2848.** MacDonald CJ, Carrow S, Place R, Eichenbaum H. Distinct hippocampal time cell sequences represent odor memories in immobilized rats. *J Neurosci.* 2013;33(36):14607–16.
- 2849.** MacDonald CJ. Prospective and retrospective duration memory in the hippocampus: is time in the foreground or background? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2014 Jan 20;369(1637):20120463.
- 2850.** Macdonald K, Germaine L, Anderson A, Christodoulou J, McGrath LM. Dispelling the myth: training in education or neuroscience decreases but does not eliminate beliefs in neuromyths. *Front Psychol.* 2017 Aug 10;8:1314.
- 2851.** MacDorman KF, Chattopadhyay D. Reducing consistency in human realism increases the uncanny valley effect; increasing category uncertainty does not. *Cognition.* 2016;146:190–205.
- 2852.** Macey PM, Kumar R, Woo MA, Valladares EM, Yan-Go FL, Harper RM. Brain structural changes in obstructive sleep apnea. *Sleep.* 2008 Jul;31(7):967–77.
- 2853.** MacFarlane MP, Glenn TC. Neurochemical cascade of concussion. *Brain Inj.* 2015;29(2):139–53.
- 2854.** Machado A, Malheiro MT, Erlhagen W. Learning to time: a perspective. *J Exp Anal Behav.* 2009;92(3):423–58.
- 2855.** Machado A. Learning the temporal dynamics of behavior. *Psychol Rev.* 1997;104(2):241–65.
- 2856.** Macias M, Dwornik A, Ziemlinska E, Fehr S, Schachner M, Czarkowska-Bauch J, Skup M. Locomotor exercise alters expression of pro-brain-derived neurotrophic factor, brain-derived neurotrophic factor and its receptor TrkB in the spinal cord of adult rats. *Eur J Neurosci.* 2007 Apr;25(8):2425–44.
- 2857.** Macias MY, Syring MB, Pizzi MA, Crowe MJ, Alexanian AR, Kurpad SN. Pain with no gain: allodynia following neural stem cell transplantation in spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2006;201(2):335–48.

2858. Mack J, Squier W, Eastman JT. Anatomy and development of the meninges: implications for subdural collections and CSF circulation. *Pediatr Radiol*. 2009 Mar;39(3):200–10.
2859. Mack ML, Love BC, Preston AR. Building concepts one episode at a time: the hippocampus and concept formation. *Neurosci Lett*. 2018 Jul;680:31–8.
2860. Mack ML, Love BC, Preston AR. Dynamic updating of hippocampal object representations reflects new conceptual knowledge. *Proc Natl Acad Sci*. 2016 Nov 15;113(46):13203–8.
2861. MacManus DB, Pierrat B, Murphy JG, Gilchrist MD. Region and species dependent mechanical properties of adolescent and young adult brain tissue. *Sci Rep*. 2017 Oct 23;7(1):13729.
2862. Macpherson T, Hikida T. Role of basal ganglia neurocircuitry in the pathology of psychiatric disorders. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2019;73(6):289–301.
2863. MacQueen R, Fisher P, Williams D. A qualitative investigation of masculine identity after traumatic brain injury. *Neuropsychol Rehabil*. 2020;30(2):298–314.
2864. MacVicar BA, Newnan EA. Astrocyte regulation of blood flow in the brain. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2015 Mar 27;7(5):a020388.
2865. Madden CJ, Morrison SF. Central nervous system circuits that control body temperature. *Neurosci Lett*. 2019;696:225–32.
2866. Madden CJ, Santos da Conceicao EP, Morrison SF. Vagal afferent activation decreases brown adipose tissue (BAT) sympathetic nerve activity and BAT thermogenesis. *Temperature*. 2017;4(1):89–96.
2867. Madhavan M, Graff-Radford J, Piccini JP, Gersh BJ. Cognitive dysfunction in atrial fibrillation. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(12):744–56.
2868. Madroñal N, Delgado-García JM, Fernández-Guizán A, Chatterjee J, Köhn M, Mattucci C, Jain A, Tsetsenis T, Illarionova A, Grinevich V, Gross CT, Gruart A. Rapid erasure of hippocampal memory following inhibition of dentate gyrus granule cells. *Nat Commun*. 2016 Mar 18;7:10923.
2869. Maekawa F, Tsukahara S, Kawashima T, Nohara K, Ohki-Hamazaki H. The mechanisms underlying sexual differentiation of behavior and physiology in mammals and birds: relative contributions of sex steroids and sex chromosomes. *Front Neurosci*. 2014 Aug 14;8:242.
2870. Magee JC. Dendritic mechanisms of phase precession in hippocampal CA1 pyramidal neurons. *J Neurophysiol*. 2001;86(1):528–32.
2871. Maggi R, Zasso J, Conti L. Neurodevelopmental origin and adult neurogenesis of the neuroendocrine hypothalamus. *Front Cell Neurosci*. 2015 Jan 6;8:440.
2872. Magnusson T. Effect of chronic transection on dopamine, noradrenaline and 5-hydroxytryptamine in the rat spinal cord. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol*. 1973;278(1):13–22.
2873. Maher BJ, Westbrook GL. Co-transmission of dopamine and GABA in periglomerular cells. *J Neurophysiol*. 2008;99(3):1559–64.
2874. Mahmoud R, Wainwright SR, Galea LA. Sex hormones and adult hippocampal neurogenesis: regulation, implications, and potential mechanisms. *Front Neuroendocrinol*. 2016 Apr;41:129–52.
2875. Mahoney JS, Engebretson JC, Cook KF, Hart KA, Robinson-Whelen S, Sherwood AM. Spasticity experience domains in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(3):287–94.
2876. Mahony AA, Donnan EJ, Lester RA, Doyle JS, Knox J, Tracy SL, Bowden S, Sasadeusz JJ. Beyond injecting drug use: investigation of a Victorian cluster of hepatitis C among HIV-infected men who have sex with men. *Med J Aust*. 2013 Mar 4;198(4):210–4.
2877. Mai X, Zhang W, Hu X, Zhen Z, Xu Z, Zhang J, Liu C. Using tDCS to explore the role of the right temporo-parietal junction in theory of mind and cognitive empathy. *Front Psychol*. 2016 Mar 15;7:380.
2878. Maidenbaum S, Miller J, Stein JM, Jacobs J. Grid-like hexadirectional modulation of human entorhinal theta oscillations. *Proc Natl Acad Sci*. 2018 Oct 16;115(42):10798–803.
2879. Maier IC. The influence of physical activity on plastic processes within the injured spinal cord. A dissertation submitted to ETH Zurich for the degree of Doctor of Sciences. 2008. 186 p. Available from: <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005694173>.
2880. Maier LJ, Wunderli MD, Vonmoos M, Römmelt AT, Baumgartner MR, Seifritz E, Schaub MP, Quednow BB. Pharmacological cognitive enhancement in healthy individuals: a compensation for cognitive deficits or a question of personality? *PLoS One*. 2015 Jun 24;10(6):e0129805.
2881. Maier MA, Dechamps MC, Pflitsch M. Intentional observer effects on quantum randomness: a Bayesian analysis reveals evidence against micro-psychokinesis. *Front Psychol*. 2018 Mar 21;9:379.
2882. Majczyński H, Sławimska U. Locomotor recovery after thoracic spinal cord lesions in cats, rats and humans. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2007;67(3):235–57.
2883. Makarenko VV, Ahmed GU, Peng YJ, Khan SA, Nanduri J, Kumar GK, Fox AP, Prabhakar NR. CaV3.2 T-type Ca<sup>2+</sup> channels mediate the augmented calcium influx in carotid body glomus cells by chronic intermittent hypoxia. *J Neurophysiol*. 2016 Jan 1;115(1):345–54.
2884. Ma-Kellams C. Cross-cultural differences in somatic awareness and interoceptive accuracy: a review of the literature and directions for future research. *Front Psychol*. 2014 Dec 3;5:1379.
2885. Makovac E, Garfinkel S, Bassi A, Basile B, Macaluso E, Cercignani M, Calcagnini G, Mattei E, Mancini M, Agalliu D, Cortelli P, Caltagirone C, Critchley H, Bazzali M. Fear processing is differentially affected by lateralized stimulation of carotid baroreceptors. *Cortex*. 2018 Feb;99:200–12.
2886. Malek AM, Gibbons GH, Dzau VJ, Izumo S. Fluid shear stress differentially modulates expression of genes encoding basic fibroblast growth factor and platelet-derived growth factor B chain in vascular endothelium. *J Clin Invest*. 1993 Oct 1;92(4):2013–21.
2887. Maley CT, Becker JE, Shultz EKB. Electroconvulsive therapy and other neuromodulation techniques for the treatment of psychosis. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am*. 2019;28(1):91–100.
2888. Malfliet A, Coppieters I, Van Wilgen P, Kregel J, De Pauw R, Dolphens M, Ickmans K. Brain changes associated with cognitive and emotional factors in chronic pain: a systematic review. *Eur J Pain*. 2017 May;21(5):769–86.
2889. Malhotra S, Pandyan AD, Day CR, Jones PW, Hermens H. Spasticity, an impairment that is poorly defined and poorly measured. *Clin Rehabil*. 2009;23(7):651–8.
2890. Mălița MD, Donos C, Barborica A, Popa I, Ciurea J, Cinatti S, Mîndruță I. Functional mapping and effective connectivity of the human operculum. *Cortex*. 2018 Dec;109:303–21.
2891. Malik VA, Di Benedetto B. The blood-brain barrier and the EphR/ephrin system: perspectives on a link between neurovascular and neuropsychiatric disorders. *Front Mol Neurosci*. 2018 Apr 12;11:127.
2892. Maliken BD, Molkenin JD. Undeniable evidence that the adult mammalian heart lacks an endogenous regenerative stem cell. *Circulation*. 2018;138(8):806–8.
2893. Malloch S, Trevarthen C. The human nature of music. *Front Psychol*. 2018 Oct 4;9:1680.
2894. Maloney KJ, Mainville L, Jones BE. c-Fos expression in dopaminergic and GABAergic neurons of the ventral mesencephalic tegmentum after paradoxical sleep deprivation and recovery. *Eur J Neurosci*. 2002;15(4):774–8.
2895. Maloney KJ, Mainville L, Jones BE. Differential c-Fos expression in cholinergic, monoaminergic, and GABAergic cell groups of the pontomesencephalic tegmentum after paradoxical sleep deprivation and recovery. *J Neurosci*. 1999;19(8):3057–72.
2896. Maloveska M, Danko J, Petrovova E, Kresakova L, Vdoviakova K, Michalicova A, Kovac A, Cubinkova V, Cizkova D. Dynamics of Evans blue clearance from cerebrospinal fluid into meningeal lymphatic vessels and deep cervical lymph nodes. *Neuro Res*. 2018 May;40(5):372–80.
2897. Mamelì F, Mrakic-Sposta S, Vergari M, Fumagalli M, Macis M, Ferrucci R, Nordio F, Consonni D, Sartori G, Priori A. Dorsolateral prefrontal cortex specifically processes general — but not personal — knowledge deception: multiple brain networks for lying. *Behav Brain Res*. 2010 Aug 25;211(2):164–8.
2898. Mamelì F, Scarpa T, Tomasini E, Ferrucci R, Ruggiero F, Sartori G, Priori A. The guilty brain: the utility of neuroimaging and neurostimulation studies in forensic field. *Rev Neurosci*. 2017 Feb 1;28(2):161–72.
2899. Mamelì F, Tomasini E, Scelzo E, Fumagalli M, Ferrucci R, Bertolasi L, Priori A. Lies tell the truth about cognitive dysfunction in essential tremor: an experimental deception study with the guilty knowledge task. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2013 Sep;84(9):1008–13.
2900. Manaye KF, Zweig R, Wu D, Hersh LB, De Lacalle S, Saper CB, German DC. Quantification of cholinergic and select non-cholinergic mesopontine neuronal populations in the human brain. *Neuroscience*. 1999 Mar;89(3):759–70.
2901. Maneshi MM, Maki B, Gnanasambandam R, Belin S, Popescu GK, Sachs F, Hua SZ. Mechanical stress activates NMDA receptors in the absence of agonists. *Sci Rep*. 2017 Jan 3;7:39610.
2902. Maneshi MM, Sachs F, Hua SZ. A threshold shear force for calcium influx in an astrocyte model of traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2015;32(13):1020–9.
2903. Maneshi MM, Sachs F, Hua SZ. Heterogeneous cytoskeletal force distribution delineates the onset Ca<sup>2+</sup> influx under fluid shear stress in astrocytes. *Front Cell Neurosci*. 2018 Mar 16;12:69.
2904. Manger P, Sum M, Szymanski M, Ridgway S, Krubitzer L. Modular subdivisions of dolphin insular cortex: does evolutionary history repeat itself? *J Cogn Neurosci*. 1998 Mar;10(2):153–66.

- 2905.** Mangin JF, Leibenberg J, Lefranc S, Labra N, Auzias G, Labit M, Guevara M, Mohlberg H, Roca P, Guevara P, Dubois J, Leroy F, Dehaene-Lambertz G, Cachia A, Dickscheid T, Coulon O, Poupon C, Rivière D, Amunts K, Sun ZY. Spatial normalization of brain images and beyond. *Med Image Anal.* 2016 Oct;33:127–33.
- 2906.** Mangoni ME, Nargeot J. Genesis and regulation of the heart automaticity. *Physiol Rev.* 2008;88(3):919–82.
- 2907.** Manickam V, Dhakshinamoorthy V, Perumal E. Iron oxide nanoparticles induces cell cycle-dependent neuronal apoptosis in mice. *J Mol Neurosci.* 2018;64(3):352–62.
- 2908.** Manjila S, Alambyan V, Singh G, Satish P, Geertman RT. From hypothermia to cephalosomatic anastomoses: the legacy of Robert White (1926–2010) at case Western Reserve University of Cleveland. *World Neurosurg.* 2018;113:14–25.
- 2909.** Mankin EA, Diehl GW, Sparks FT, Leutgeb S, Leutgeb JK. Hippocampal CA2 activity patterns change over time to a larger extent than between spatial contexts. *Neuron.* 2015 Jan;85(1):190–201.
- 2910.** Mann JJ. The serotonergic system in mood disorders and suicidal behaviour. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2013 Feb 25;368(1615):20120537.
- 2911.** Mannion N, Arieti F, Gallo A, Keegan LP, O'Connell MA. New insights into the biological role of mammalian ADARs; the RNA editing proteins. *Biomolecules.* 2015;5(4):2338–62.
- 2912.** Manns JR, Howard MW, Eichenbaum H. Gradual changes in hippocampal activity support remembering the order of events. *Neuron.* 2007;56(3):530–40.
- 2913.** Manohar A, Foffani G, Ganzer PD, Bethea JR, Moxon KA. Cortex-dependent recovery of unassisted hindlimb locomotion after complete spinal cord injury in adult rats. *Elife.* 2017 Jun 29;6:e23532.
- 2914.** Mansi L, Tangaro MA, Lo Giudice C, Flati T, Kopel E, Schaffer AA, Castrignano T, Chillemi G, Pesole G, Picardi E. REDportal: millions of novel A-to-I RNA editing events from thousands of RNAseq experiments. *Nucleic Acids Res.* 2021 Jan 8;49(D1):D1012–D1019.
- 2915.** Mantilla CB, Bailey JP, Zhan WZ, Sieck GC. Phrenic motoneuron expression of serotonergic and glutamatergic receptors following upper cervical spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2012;234(1):191–9.
- 2916.** Manto M, Mariën P. Schmahmann's syndrome — identification of the third cornerstone of clinical ataxiology. *Cerebellum Ataxias.* 2015 Feb 27;2:2.
- 2917.** Mantovani G, Menegatti M, Scerrati A, Cavallo MA, De Bonis P. Controversies and misconceptions related to cerebrospinal fluid circulation: a review of the literature from the historical pioneers' theories to current models. *Biomed Res Int.* 2018 Nov 26;2018:2928378.
- 2918.** Manuella J, Vercelli U, Nani A, Costa T, Cauda F. Mindfulness meditation and consciousness: an integrative neuroscientific perspective. *Conscious Cogn.* 2016;40:67–78.
- 2919.** Manzo RP, Gomez DG, Potts DG. Cerebrospinal fluid absorption in the rabbit: inner ear pathways. *Acta Otolaryngol.* 1990;109(5–6):389–96.
- 2920.** Mao D, Hinds PW. p35 is required for CDK5 activation in cellular senescence. *J Biol Chem.* 2010;285(19):14671–80.
- 2921.** Marais A, Adams B, Ringsmuth AK, Ferretti M, Gruber JM, Hendriks R, Schuld M, Smith SL, Sinayskiy I, Krüger TPJ, Petruccione F, van Grondelle R. The future of quantum biology. *J R Soc Interface.* 2018 Nov 14;15(148):20180640.
- 2922.** Marazziti D, Baroni S, Landi P, Ceresoli D, Dell'osso L. The neurobiology of moral sense: facts or hypotheses? *Ann Gen Psychiatry.* 2013 Mar 6;12(1):6.
- 2923.** Marblestone AH, Zamft BM, Maguire YG, Shapiro MG, Cybulski TR, Glaser JI, Amodei D, Stranges PB, Kalhor R, Dalrymple DA, Seo D, Alon E, Maharbiz MM, Carmona JM, Rabaey JM, Boyden ES, Church GM, Kording KP. Physical principles for scalable neural recording. *Front Comput Neurosci.* 2013 Oct 21;7:137.
- 2924.** Marburg O. The structure and fiber connections of the human habenua. *J Comp Neurol.* 1944;80(2):211–33.
- 2925.** Marcus JN, Aschkenasi CJ, Lee CE, Chemelli RM, Saper CB, Yanagisawa M, Elmquist JK. Differential expression of orexin receptors 1 and 2 in the rat brain. *J Comp Neurol.* 2001 Jun 18;435(1):6–25.
- 2926.** Marei HE, Althani A, Rezk S, Farag A, Lashen S, Afifi N, Abd-Elmaksoud A, Pallini R, Casalbore P, Cenciarelli C, Caceci T. Therapeutic potential of human olfactory bulb neural stem cells for spinal cord injury in rats. *Spinal Cord.* 2016 Oct;54(10):785–97.
- 2927.** Maresca G, Maggio MG, Buda A, La Rosa G, Manuli A, Bramanti P, De Luca R, Calabrò RS. A novel use of virtual reality in the treatment of cognitive and motor deficit in spinal cord injury: a case report. *Medicine (Baltimore).* 2018 Dec;97(50):e13559.
- 2928.** Margulies DS, Vincent JL, Kelly C, Lohmann G, Uddin LQ, Biswal BB, Villringer A, Castellanos FX, Milham MP, Petrides M. Precuneus shares intrinsic functional architecture in humans and monkeys. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009 Nov 24;106(47):20069–74.
- 2929.** Marian V, Hayakawa S. Neuroergonomics: at the intersection of ontogeny and phylogeny. *J Neurolinguistics.* 2019 Feb;49:252–4.
- 2930.** Marina N, Turovsky E, Christie IN, Hosford PS, Hadjihambi A, Korsak A, Ang R, Mastitskaya S, Sheikhabaehi S, Theparambil SM, Gourine AV. Brain metabolic sensing and metabolic signaling at the level of an astrocyte. *Glia.* 2018 Jun;66(6):1185–99.
- 2931.** Marion S, Weiner DM, Caron MG. RNA editing induces variation in desensitization and trafficking of 5-hydroxytryptamine 2c receptor isoforms. *J Biol Chem.* 2004;279(4):2945–54.
- 2932.** Markov AV, Kaznatcheev IS. Evolutionary consequences of polyploidy in prokaryotes and the origin of mitosis and meiosis. *Biol Direct.* 2016 Jun 8;11:28.
- 2933.** Markova O, Stepanyuk A, Tsugorka T, Drebot V, Cherkas V, Belan P. Applicability of peak-scaled nonstationary fluctuation analysis to the study of inhibitory synaptic transmission in hippocampal cultures. *Neurofiziologiya/Neurophysiology.* 2004;37(4):379–88.
- 2934.** Markram H, Müller E, Ramaswamy S, Reimann MW, Abdellah M, Sanchez A, Ailamaki A, Alonso-Nanclares L, Antille N, Arsever S, Kahou GA, Berger TK, Bilgili A, Buncic N, Chalmourda A, Chindemi G, Courcol JD, Delalandre F, Delattre V, Druckmann S, Dumusc R, Dynes J, Eilemann S, Gal E, Gevaert ME, Ghobril JP, Gidon A, Graham JW, Gupta A, Haenel V, Hay E, Heinis T, Hernandez JB, Hines M, Kanari I, Keller D, Kenyon J, Khazen G, Kim Y, King JG, Kisvarday Z, Kumbhar P, Lasserre S, Le Bé JV, Magalhães BR, Merchán-Pérez A, Meystre J, Morrice BR, Müller J, Muñoz-Céspedes A, Muralidhar S, Muthurasa K, Nachbaur D, Newton TH, Nolte M, Ovcharenko A, Palacios J, Pastor L, Perin R, Ranjan R, Riachi I, Rodriguez JR, Riquelme JL, Rössert C, Sfyrakis K, Shi Y, Shillcock JC, Silberberg G, Silva R, Tauheed F, Telefont M, Toledo-Rodriguez M, Tränkle T, Van Geit W, Díaz JV, Walker R, Wang Y, Zaninetta SM, DeFelipe J, Hill SL, Segev I, Schürmann F. Reconstruction and simulation of neocortical microcircuitry. *Cell.* 2015 Oct 8;163(2):456–92.
- 2935.** Marks PW, Witten CM, Califf RM. Clarifying stem-cell therapy's benefits and risks. *N Engl J Med.* 2017 Mar 16;376(11):1007–9.
- 2936.** Marmarou A, Shulman K, LaMorgese J. Compartmental analysis of compliance and outflow resistance of the cerebrospinal fluid system. *J Neurosurg.* 1975;43(5):523–34.
- 2937.** Marmarou A, Shulman K, Rosende RM. A nonlinear analysis of the cerebrospinal fluid system and intracranial pressure dynamics. *J Neurosurg.* 1978;48(3):332–44.
- 2938.** Marotta M, Fernández-Martín A, Oria M, Fontecha CG, Giné C, Martínez-Ibáñez V, Carreras E, Belfort MA, Pelizzo G, Peiró JL. Isolation, characterization, and differentiation of multipotent neural progenitor cells from human cerebrospinal fluid in fetal cystic myelomeningocele. *Stem Cell Res.* 2017 Jul;22:33–42.
- 2939.** Marque P, Brassat D. Physiopathologie de la spasticité [Pathophysiology of spasticity]. *Revue Neurologique.* 2012;168 (Suppl 3):S36–S44.
- 2940.** Marrocco J, McEwen BS. Sex in the brain: hormones and sex differences. *Dialogues Clin Neurosci.* 2016;18(4):373–83.
- 2941.** Marshall AC, Gentsch A, Jelinić V, Schütz-Bosbach S. Exteroceptive expectations modulate interoceptive processing: repetition-suppression effects for visual and heartbeat evoked potentials. *Sci Rep.* 2017 Nov 28;7(1):16525.
- 2942.** Marshall AC, Gentsch A, Schröder L, Schütz-Bosbach S. Cardiac interoceptive learning is modulated by emotional valence perceived from facial expressions. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2018;13(7):677–86.
- 2943.** Marshall AC, Gentsch A, Schütz-Bosbach S. Interoceptive cardiac expectations to emotional stimuli predict visual perception. *Emotion.* 2019 Jul 1. [Доступне лише резюме].
- 2944.** Marshall AC, Gentsch A, Schütz-Bosbach S. The interaction between interoceptive and action states within a framework of predictive coding. *Front Psychol.* 2018 Feb 20;9:180.
- 2945.** Marshall E, Claes L, Bouman WP, Witcomb GL, Arcelus J. Non-suicidal self-injury and suicidality in trans people: a systematic review of the literature. *Int Rev Psychiatry.* 2016;28(1):58–69.
- 2946.** Martelli D, McKinley MJ, McAllen RM. The cholinergic anti-inflammatory pathway: a critical review. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2014;182:65–9.
- 2947.** Martelli D, Stanić D, Dutschmann M. The emerging role of the parabrachial complex in the generation of wakefulness drive and its implication for respiratory control. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013;188(3):318–23.
- 2948.** Martin EM, Devidze N, Shelley DN, Westberg L, Fontaine C, Pfaff DW. Molecular and neuroanatomical characterization of single neurons in the mouse medullary gigantocellular reticular nucleus. *J Comp Neurol.* 2011;519(13):2574–93.
- 2949.** Martin EM, Pavlides C, Pfaff D. Multimodal sensory responses of nucleus reticularis gigantocellularis and the responses' relation to cortical and motor activation. *J Neurophysiol.* 2010;103(5):2326–38.
- 2950.** Martin K, Groves AK. Competence of cranial ectoderm to respond to Fgf signaling suggests a two-step model of otic placode induction. *Development.* 2006;133(5):877–87.



2951. Martin LJ, Al-Abdulla NA, Brambrink AM, Kiesch JR, Sieber FE, Portera-Cailliau C. Neurodegeneration in excitotoxicity, global cerebral ischemia, and target deprivation: a perspective on the contributions of apoptosis and necrosis. *Brain Res Bull.* 1998;46(4):281–309.
2952. Martinac B. Mechanosensitive ion channels: molecules of mechanotransduction. *J Cell Sci.* 2004;117(12):2449–60.
2953. Martínez JJ, Rahsepar B, White JA. Anatomical and electrophysiological clustering of superficial medial entorhinal cortex interneurons. *eNeuro.* 2017 Oct 16;4(5):ENEURO.0263-16.2017.
2954. Martínez-Cerdeño V, Noctor SC. Neural progenitor cell terminology. *Front Neuroanat.* 2018 Dec 6;12:104.
2955. Martínez-González C, Bolam JP, Mena-Segovia J. Topographical organization of the pedunculopontine nucleus. *Front Neuroanat.* 2011 Apr 5;5:22.
2956. Martínez-Martin E, del Pobal AP, Chessa M, Solari F, Sabatini SP. An active system for visually-guided reaching in 3D across binocular fixations. *ScientificWorldJournal.* 2014 Feb 4;2014:179391.
2957. Martínez-Molina N, Mas-Herrero E, Rodríguez-Fornells A, Zatorre RJ, Marco-Pallarés J. Neural correlates of specific musical anhedonia. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016 Nov 15;113(46):E7337–E7345.
2958. Martínez-Vargas D, Valdés-Cruz A, Magdaleno-Madrugal VM, Fernández-Mas R, Almazán-Alvarado S. Effect of electrical stimulation of the nucleus of the solitary tract on electroencephalographic spectral power and the sleep–wake cycle in freely moving cats. *Brain Stimul.* 2017;10(1):116–25.
2959. Martins I, Tavares I. Reticular formation and pain: the past and the future. *Front Neuroanat.* 2017 Jul 5;11:51.
2960. Marvel CL, Desmond JE. Functional topography of the cerebellum in verbal working memory. *Neuropsychol Rev.* 2010;20(3):271–9.
2961. Maryniak A, Bielawska A, Bieganska K, Miszczak-Knecht M, Walczak F, Szumowski L. Does atrioventricular reentry tachycardia (AVRT) or atrioventricular nodal reentry tachycardia (AVNRT) in children affect their cognitive and emotional development? *Pediatr Cardiol.* 2013;34(4):893–7.
2962. Marzban H, Del Bigio MR, Alizadeh J, Ghavami S, Zachariah RM, Rastegar M. Cellular commitment in the developing cerebellum. *Front Cell Neurosci.* 2015 Jan 12;8:450.
2963. Mason P. Contributions of the medullary raphe and ventromedial reticular region to pain modulation and other homeostatic functions. *Annu Rev Neurosci.* 2001;24:737–77.
2964. Mason P. Ventromedial medulla: pain modulation and beyond. *J Comp Neurol.* 2005;493(1):2–8.
2965. Massari VJ, Tizabi Y, Jacobowitz DM. Potential noradrenergic regulation of serotonergic neurons in the median raphe nucleus. *Exp Brain Res.* 1979;34(1):177–82.
2966. Masters KJ, Spielmanns G, Goodson JT. Are there demonstrable effects of distant intercessory prayer? A meta-analytic review. *Ann Behav Med.* 2006;32(1):21–6.
2967. Matell MS, Meck WH. Cortico-striatal circuits and interval timing: coincidence detection of oscillatory processes. *Cogn Brain Res.* 2004;21(2):139–70.
2968. Matheny M, Strehler KYE, King M, Tümer N, Scarpace PJ. Targeted leptin receptor blockade: Role of ventral tegmental area and nucleus of the solitary tract leptin receptors in body weight homeostasis. *J Endocrinol.* 2014;222(1):27–41.
2969. Mather M, Clewett D, Sakaki M, Harley CW. Norepinephrine ignites local hotspots of neuronal excitation: how arousal amplifies selectivity in perception and memory. *Behav Brain Sci.* 2016 Jan;39:e200.
2970. Matheus Gauy M, Lengler J, Einarsson H, Meier F, Weissenberger F, Yanik MF, Steger A. A hippocampal model for behavioral time acquisition and fast bidirectional replay of spatio-temporal memory sequences. *Front Neurosci.* 2018 Dec 19;12:961.
2971. Mathieu E, Gupta N, Macdonald RL, Ai J, Yücel YH. In vivo imaging of lymphatic drainage of cerebrospinal fluid in mouse. *Fluids Barriers CNS.* 2013 Dec 21;10(1):35.
2972. Mathis V, Barbelivien A, Majchrzak M, Mathis C, Cassel JC, Lecourtier L. The lateral habenula as a relay of cortical information to process working memory. *Cereb Cortex.* 2017;27(12):5485–95.
2973. Mathur SN, Chu SK, McCormick Z, Chang Chien GC, Marciniak CM. Long-term intrathecal baclofen: outcomes after more than 10 years of treatment. *PM R.* 2014 Jun;6(6):506–513.e1.
2974. Mato M, Ookawara S. A simple method for observation of capillary nets in rat brain cortex. *Experientia.* 1979 Apr 15;35(4):501–3.
2975. Matsubara Y, Miyazaki O, Kosuga M, Okuyama T, Nosaka S. Cerebral magnetic resonance findings during enzyme replacement therapy in mucopolysaccharidosis. *Pediatr Radiol.* 2017;47(12):1659–69.
2976. Matsuda YT, Okamoto Y, Ida M, Okanoya K, Myowa-Yamakoshi M. Infants prefer the faces of strangers or mothers to morphed faces: An uncanny valley between social novelty and familiarity. *Biol Lett.* 2012;8(5):725–8.
2977. Matsui K, Jahr CE, Rubio ME. High-concentration rapid transients of glutamate mediate neural-glia communication via ectopic release. *J Neurosci.* 2005;25(33):7538–47.
2978. Matsui K, Jahr CE. Differential control of synaptic and ectopic vesicular release of glutamate. *J Neurosci.* 2004;24(41):8932–9.
2979. Matsumae M, Kuroda K, Yatsushiro S, Hirayama A, Hayashi N, Takizawa K, Atsumi H, Sorimachi T. Changing the currently held concept of cerebrospinal fluid dynamics based on shared findings of cerebrospinal fluid motion in the cranial cavity using various types of magnetic resonance imaging techniques. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2019 Apr 15;59(4):133–46.
2980. Matsumae M, Sato O, Hirayama A, Hayashi N, Takizawa K, Atsumi H, Sorimachi T. Research into the physiology of cerebrospinal fluid reaches a new horizon: intimate exchange between cerebrospinal fluid and interstitial fluid may contribute to maintenance of homeostasis in the central nervous system. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2016 Jul 15;56(7):416–41.
2981. Matsumoto M, Hikosaka O. Representation of negative motivational value in the primate lateral habenula. *Nat Neurosci.* 2009;12(1):77–84.
2982. Matsumoto N, Kitanishi T, Mizuseki K. The subiculum: unique hippocampal hub and more. *Neurosci Res.* 2019 Jun;143:1–12.
2983. Matsumura M, Nambu A, Yamaji Y, Watanabe K, Imai H, Inase M, Tokuno H, Takada M. Organization of somatic motor inputs from the frontal lobe to the pedunculopontine tegmental nucleus in the macaque monkey. *Neuroscience.* 2000;98(1):97–110.
2984. Matsuura I, Taniguchi J, Hata K, Saeki N, Yamashita T. BMP inhibition enhances axonal growth and functional recovery after spinal cord injury. *J Neurochem.* 2008;105(4):1471–9.
2985. Matsuyama K, Drew T. Vestibulospinal and reticulospinal neuronal activity during locomotion in the intact cat. I. Walking on a level surface. *J Neurophysiol.* 2000 Nov 1;84(5):2237–56.
2986. Matsuyama K, Kobayashi Y, Takakusaki K, Mori S, Kimura H. Termination mode and branching patterns of reticuloreticular and reticulospinal fibers of the nucleus reticularis pontis oralis in the cat: an anterograde PHA-L tracing study. *Neurosci Res.* 1993;17(1):9–21.
2987. Matsuyama K, Ohta Y, Mori S. Ascending and descending projections of the nucleus reticularis gigantocellularis in the cat demonstrated by the anterograde neural tracer, Phaseolus vulgaris leucoagglutinin (PHA-L). *Brain Res.* 1988;460(1):124–41.
2988. Mau W, Sullivan DW, Kinsky NR, Hasselmo ME, Howard MW, Eichenbaum H. The same hippocampal CA1 population simultaneously codes temporal information over multiple timescales. *Curr Biol.* 2018;28(10):1499–1508.e4.
2989. Mauk MD, Donegan NH. A model of pavlovian eyelid conditioning based on the synaptic organization of the cerebellum. *Learn Mem.* 1997;4(1):130–58.
2990. Maung HH. Dualism and its place in a philosophical structure for psychiatry. *Med Heal Care Philos.* 2019;22(1):59–69.
2991. Mauretti A, Spaans S, Bax NAM, Sahlgren C, Bouten CVC. Cardiac Progenitor Cells and the Interplay with Their Microenvironment. *Stem Cells Int.* 2017;2017:7471582.
2992. Mavaddat N, Roalfe A, Fletcher K, Lip GY, Hobbs FD, Fitzmaurice D, Mant J. Warfarin versus aspirin for prevention of cognitive decline in atrial fibrillation: randomized controlled trial (Birmingham Atrial Fibrillation Treatment of the Aged Study). *Stroke.* 2014 May;45(5):1381–6.
2993. Mayer EA, Naliboff BD, Craig AD. Neuroimaging of the brain-gut axis: from basic understanding to treatment of functional GI disorders. *Gastroenterology.* 2006 Dec;131(6):1925–42.
2994. Mayeur A, Ducloux C, Honoré A, Gauberti M, Drouot L, do Rego JC, Bon-Mardion N, Jean L, Vérin E, Emery E, Lemarchant S, Vivien D, Boyer O, Marie JP, Guérout N. Potential of olfactory ensheathing cells from different sources for spinal cord repair. *PLoS One.* 2013 Apr 24;8(4):e62860.
2995. Mayne RG, Armstrong WE, Crowley WR, Bealer SL. Cytoarchitectonic analysis of Fos-immunoreactivity in brainstem neurones following visceral stimuli in conscious rats. *J Neuroendocrinol.* 1998;10(11):839–47.
2996. Mayseless N, Shamay-Tsoory SG. Enhancing verbal creativity: modulating creativity by altering the balance between right and left inferior frontal gyrus with tDCS. *Neuroscience.* 2015 Apr 16;291:167–76.
2997. Mazensky D, Flesarova S, Sulla I. Arterial Blood Supply to the Spinal Cord in Animal Models of Spinal Cord Injury. A Review. *Anat Rec (Hoboken).* 2017 Dec;300(12):2091–2106.

- 2998.** Mazzatenta A, Marconi GD, Zara S, Cataldi A, Porzionato A, Di Giulio C. In the carotid body, galanin is a signal for neurogenesis in young, and for neurodegeneration in the old and in drug-addicted subjects. *Front Physiol.* 2014 Oct 31;5:427.
- 2999.** Mazzola L, Lopez C, Faillenot I, Chouchou F, Mauguière F, Isnard J. Vestibular responses to direct stimulation of the human insular cortex. *Ann Neurol.* 2014;76(4):609–19.
- 3000.** Mazzola L, Mauguière F, Isnard J. Electrical stimulations of the human insula: their contribution to the ictal semiology of insular seizures. *J Clin Neurophysiol.* 2017;34(4):307–14.
- 3001.** Mazzone SB, Undem BJ. Vagal afferent innervation of the airways in health and disease. *Physiol Rev.* 2016;96(3):975–1024.
- 3002.** McAllen RM. Identification and properties of sub-retrofacial bulbospinal neurones: a descending cardiovascular pathway in the cat. *J Auton Nerv Syst.* 1986;17(2):151–64.
- 3003.** McAllen RM. Mediation of the fastigial pressor response and a somatosympathetic reflex by ventral medullary neurones in the cat. *J Physiol.* 1985;368(1):423–33.
- 3004.** McAllister JP, Wagshul ME, Rashid S, Li J. Measurement of capillary pulsations in the rat neocortex with two-photon laser scanning confocal microscopy. *Fluids Barriers CNS.* 2009;6:S10.
- 3005.** McBain CJ, Traynelis SF, Dingledine R. Regional variation of extracellular space in the hippocampus. *Science.* 1990 Aug 10;249(4969):674–7.
- 3006.** McBride RL, Feringa ER, Garver MK, Williams JK. Pre-labeled red nucleus and sensorimotor cortex neurons of the rat survive 10 and 20 weeks after spinal cord transection. *J Neuropathol Exp Neurol.* 1989 Sep 1;48(5):568–76.
- 3007.** McCaughey EJ, Purcell M, Barnett SC, Allan DB. Spinal cord injury caused by stab wounds: incidence, natural history, and relevance for future research. *J Neurotrauma.* 2016 Aug;33(15):1416–21.
- 3008.** McClain Z, Peebles R. Body image and eating disorders among lesbian, gay, bisexual, and transgender youth. *Pediatr Clin North Am.* 2016;63(6):1079–90.
- 3009.** McClelland T. Can self-representationalism explain away the apparent irreducibility of consciousness? *Synthese.* 2016;193:1755–76.
- 3010.** McComb JG. Recent research into the nature of cerebrospinal fluid formation and absorption. *J Neurosurg.* 1983;59(3):369–83.
- 3011.** McConnell MJ, Moran JV, Abyzov A, Akbarian S, Bae T, Cortes-Ciriano I, Erwin JA, Fasching L, Flasch DA, Freed D, Ganz J, Jaffe AE, Kwan KY, Kwon M, Lodato MA, Mills RE, Paquola ACM, Rodin RE, Rosenbluh C, Sestan N, Sherman MA, Shin JH, Song S, Straub RE, Thorpe J, Weinberger DR, Urban AE, Zhou B, Gage FH, Lehner T, Senthil G, Walsh CA, Chess A, Courchesne E, Gleeson JG, Kidd JM, Park PJ, Pevsner J, Vaccarino FM; Brain Somatic Mosaicism Network. Intersection of diverse neuronal genomes and neuropsychiatric disease: the brain somatic mosaicism network. *Science.* 2017 Apr 28;356(6336):eaal1641.
- 3012.** McCraty R, Atkinson M, Bradley RT. Electrophysiological evidence of intuition: Part 1. The surprising role of the heart. *J Altern Complement Med.* 2004;10(1):133–43.
- 3013.** McCreia RA, Baker R. Anatomical connections of the nucleus prepositus of the cat. *J Comp Neurol.* 1985;237(3):377–407.
- 3014.** McCutcheon RA, Abi-Dargham A, Howes OD. Schizophrenia, dopamine and the striatum: from biology to symptoms. *Trends Neurosci.* 2019;42(3):205–20.
- 3015.** McDonald K. Social support and mental health in LGBTQ adolescents: a review of the literature. *Issues Ment Health Nurs.* 2018;39(1):16–29.
- 3016.** McDonald WM. Neuromodulation treatments for geriatric mood and cognitive disorders. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2016;24(12):1130–41.
- 3017.** McFadden JT. Tissue reactions to standard neurosurgical metallic implants. *J Neurosurg.* 1972;36(5):598–603.
- 3018.** McFarland JL, Fuchs AF. Discharge patterns in nucleus prepositus hypoglossi and adjacent medial vestibular nucleus during horizontal eye movement in behaving macaques. *J Neurophysiol.* 1992;68(1):319–32.
- 3019.** McGeough BL, Sterzing PR. A systematic review of family victimization experiences among sexual minority youth. *J Prim Prev.* 2018 Oct;39(5):491–528.
- 3020.** McGinty DJ, Sterman MB. Sleep suppression after basal forebrain lesions in the cat. *Science.* 1968 Jun 14;160(3833):1253–5.
- 3021.** McGovern AE, Davis-Poynter N, Yang SK, Simmons DG, Farrell MJ, Mazzone SB. Evidence for multiple sensory circuits in the brain arising from the respiratory system: an anterograde viral tract tracing study in rodents. *Brain Struct Funct.* 2015 a;220(6):3683–99.
- 3022.** McGovern AE, Driessen AK, Simmons DG, Powell J, Davis-Poynter N, Farrell MJ, Mazzone SB. Distinct brainstem and forebrain circuits receiving tracheal sensory neuron inputs revealed using a novel conditional anterograde transsynaptic viral tracing system. *J Neurosci.* 2015 b;35(18):7041–55.
- 3023.** McGrew L, Price RD, Hackler E, Chang MSS, Sanders-Bush E. RNA editing of the human serotonin 5-HT<sub>2C</sub> receptor disrupts transactivation of the small G-protein RhoA. *Mol Pharmacol.* 2004;65(1):252–6.
- 3024.** McKemish LK, Reimers JR, McKenzie RH, Mark AE, Hush NS. Penrose-Hameroff orchestrated objective-reduction proposal for human consciousness is not biologically feasible. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys.* 2009 Aug;80(2 Pt 1):021912.
- 3025.** McKenna MC. Glutamate pays its own way in astrocytes. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2013 Dec 16;4:191.
- 3026.** McKim DB, Niraula A, Tarr AJ, Wohleb ES, Sheridan JF, Godbout JP. Neuroinflammatory dynamics underlie memory impairments after repeated social defeat. *J Neurosci.* 2016;36(9):2590–604.
- 3027.** McKinley MJ, Denton DA, Ryan PJ, Yao ST, Stefanidis A, Oldfield BJ. From sensory circumventricular organs to cerebral cortex: neural pathways controlling thirst and hunger. *J Neuroendocrinol.* 2019 Mar;31(3):e12689.
- 3028.** McMahan J. Infanticide and moral consistency. *J Med Ethics.* 2013;39(5):273–80.
- 3029.** McMahan BG, Spriet M, Sisó S, Manzer MD, Mitchell G, McGee J, Garcia TC, Borjesson DL, Sieber-Blum M, Nolte JA, Sturges BK. Feasibility study of canine epidermal neural crest stem cell transplantation in the spinal cords of dogs. *Stem Cells Transl Med.* 2015 Oct;4(10):1173–86.
- 3030.** McMahan AP. Development of the mammalian kidney. *Curr Top Dev Biol.* 2016;117:31–64.
- 3031.** McMullan S, Pilowsky PM. The effects of baroreceptor stimulation on central respiratory drive: a review. *Respir Physiol Neurobiol.* 2010;174(1–2):37–42.
- 3032.** McNaughton BL, Barnes CA, O'Keefe J. The contributions of position, direction, and velocity to single unit activity in the hippocampus of freely-moving rats. *Exp Brain Res.* 1983 Sep;52(1):72–86.
- 3033.** McNaughton BL, Battaglia FP, Jensen O, Moser EI, Moser MB. Path integration and the neural basis of the 'cognitive map'. *Nat Rev Neurosci.* 2006 Aug;7(8):663–78.
- 3034.** McNaughton BL, Chen LL, Markus EJ. "Dead reckoning", landmark learning, and the sense of direction: a neurophysiological and computational hypothesis. *J Cogn Neurosci.* 1991 Spring;3(2):190–202.
- 3035.** McPherson T, Berger D, Alagapan S, Fröhlich F. Intrinsic rhythmicity predicts synchronization-continuation entrainment performance. *Sci Rep.* 2018 Aug 6;8(1):11782.
- 3036.** Meaney DF, Smith DH. Cellular biomechanics of central nervous system injury. *Handb Clin Neurol.* 2015;127:105–14.
- 3037.** Meck WH, Penney TB, Pouthas V. Cortico-striatal representation of time in animals and humans. *Curr Opin Neurobiol.* 2008;18(2):145–52.
- 3038.** Medaglia JD, Lynall M-E, Bassett DS. Cognitive network neuroscience. *J Cogn Neurosci.* 2015 Aug;27(8):1471–91.
- 3039.** Medawar PB. Immunity to homologous grafted skin; the relationship between the antigens of blood and skin. *Br J Exp Pathol.* 1946;27(1944):15–24.
- 3040.** Medina J, Workman JL. Maternal experience and adult neurogenesis in mammals: Implications for maternal care, cognition, and mental health. *J Neurosci Res.* 2020;98(7):1293–308.
- 3041.** Meek TH, Nelson JT, Matsen ME, Dorfman MD, Guyenet SJ, Damian V, Allison MB, Scarlett JM, Nguyen HT, Thaler JP, Olson DP, Myers MG Jr, Schwartz MW, Morton GI. Functional identification of a neurocircuit regulating blood glucose. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016 Apr 5;113(14):E2073–82.
- 3042.** Meeks JP, Mennerick S. Action potential initiation and propagation in CA3 pyramidal axons. *J Neurophysiol.* 2007;97(5):3460–72.
- 3043.** Megias M, Álvarez-Otero R, Pombal MA. Calbindin and calretinin immunoreactivities identify different types of neurons in the adult lamprey spinal cord. *J Comp Neurol.* 2003;455(1):72–85.
- 3044.** Megias M, Emri Z, Freund TF, Gulyás AI. Total number and distribution of inhibitory and excitatory synapses on hippocampal CA1 pyramidal cells. *Neuroscience.* 2001;102(3):527–40.
- 3045.** Mehling W. Differentiating attention styles and regulatory aspects of self-reported interoceptive sensibility. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016 Nov 19;371(1708):20160013.
- 3046.** Mehnert J, Schulte L, Timmann D, May A. Activity and connectivity of the cerebellum in trigeminal nociception. *Neuroimage.* 2017;150:112–8.
- 3047.** Mei N, Condamine M, Boyer A. The composition of the vagus nerve of the cat. *Cell Tissue Res.* 1980;209(3):423–31.
- 3048.** Meinig G, Deisenroth K. Dose- and time-dependent effects of dexamethasone on rat brain following cold-injury oedema. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1990;51:100–3.
- 3049.** Meixner JB Jr. Applications of neuroscience in criminal law: legal and methodological issues. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2015;15(2):513.
- 3050.** Mejias-Aponte CA, Drouin C, Aston-Jones G. Adrenergic and noradrenergic innervation of the midbrain ventral tegmental area and retrorubral field: Prominent inputs from medullary homeostatic centers. *J Neurosci.* 2009;29(11):3613–26.

3051. Mekki M, Delgado AD, Fry A, Putrino D, Huang V. Robotic rehabilitation and spinal cord injury: a narrative review. *Neurotherapeutics*. 2018;15(3):604–17.
3052. Melani A, Corti F, Stephan H, Müller CE, Donati C, Bruni P, Vannucchi MG, Pedata F. Ecto-ATPase inhibition: ATP and adenosine release under physiological and ischemic in vivo conditions in the rat striatum. *Exp Neurol*. 2012 Jan;233(1):193–204.
3053. Melcher T, Falkai P, Gruber O. Functional brain abnormalities in psychiatric disorders: neural mechanisms to detect and resolve cognitive conflict and interference. *Brain Res Rev*. 2008;59(1):96–124.
3054. Melkonian D, Blumenthal T, Barin E. Quantum theory of mass potentials. *PLoS One*. 2018 Jul 5;13(7):e0198929.
3055. Mello GBM, Soares S, Paton JJ. A scalable population code for time in the striatum. *Curr Biol*. 2015;25(9):1113–22.
3056. Mello-Carpes PB, da Silva de Vargas L, Gayer MC, Roehrs R, Izquierdo I. Hippocampal noradrenergic activation is necessary for object recognition memory consolidation and can promote BDNF increase and memory persistence. *Neurobiol Learn Mem*. 2016 Jan;127:84–92.
3057. Mello-Carpes PB, Izquierdo I. The nucleus of the solitary tract → nucleus paragigantocellularis → locus coeruleus → CA1 region of dorsal hippocampus pathway is important for consolidation of object recognition memory. *Neurobiol Learn Mem*. 2013 Feb;100:56–63.
3058. Melzer S, Michael M, Caputi A, Eliava M, Fuchs EC, Whittington MA, Monyer H. Long-range-projecting GABAergic neurons modulate inhibition in hippocampus and entorhinal cortex. *Science*. 2012 Mar 23;335(6075):1506–10.
3059. Menant O, Andersson F, Zelena D, Chaillou E. The benefits of magnetic resonance imaging methods to extend the knowledge of the anatomical organisation of the periaqueductal gray in mammals. *J Chem Neuroanat*. 2016;77:110–20.
3060. Mena-Segovia J, Bolam JP. Rethinking the pedunculo-pontine nucleus: from cellular organization to function. *Neuron*. 2017;94(1):7–18.
3061. Mena-Segovia J, Micklem BR, Nair-Roberts RG, Ungless MA, Bolam JP. GABAergic neuron distribution in the pedunculo-pontine nucleus defines functional subterritories. *J Comp Neurol*. 2009;515(4):397–408.
3062. Mena-Segovia J, Sims HM, Magill PJ, Bolam JP. Cholinergic brainstem neurons modulate cortical gamma activity during slow oscillations. *J Physiol*. 2008;586(12):2947–60.
3063. Mena-Segovia J. Structural and functional considerations of the cholinergic brainstem. *J Neural Transm*. 2016;123(7):731–6.
3064. Mencke I, Omigie D, Wald-Fuhrmann M, Brattico E. Atonal music: can uncertainty lead to pleasure? *Front Neurosci*. 2019 Jan 8;12:979.
3065. Mendelowitz D. C1 Neurons in the RVLM: are they catecholaminergic in name only? (Commentary on Abbott et al.). *Eur J Neurosci*. 2014 Jan;39(1):97.
3066. Mendelsohn AR, Larrick JW. Inflammation, stem cells, and the aging hypothalamus. *Rejuvenation Res*. 2017 Aug;20(4):346–9.
3067. Mendonça MV, Larocca TF, de Freitas Souza BS, Villarreal CF, Silva LF, Matos AC, Novaes MA, Bahia CM, de Oliveira Melo Martinez AC, Kaneto CM, Furtado SB, Sampaio GP, Soares MB, dos Santos RR. Safety and neurological assessments after autologous transplantation of bone marrow mesenchymal stem cells in subjects with chronic spinal cord injury. *Stem Cell Res Ther*. 2014 Nov 17;5(6):126.
3068. Mendoza J. Circadian neurons in the lateral habenula: clocking motivated behaviors. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017 Nov;162:55–61.
3069. Meneses A. 5-HT systems: emergent targets for memory formation and memory alterations. *Rev Neurosci*. 2013;24(6):629–64.
3070. Meneses A. Memory formation and memory alterations: 5-HT6 and 5-HT7 receptors, novel alternative. *Rev Neurosci*. 2014;25(3):325–56.
3071. Menétrey D, Leah J, de Pommery J. Efferent projections of the paratrigeminal nucleus in the rat. *Neurosci Lett*. 1987 Jan;73(1):48–52.
3072. Mentink RA, Rella L, Radaszkiewicz TW, Gybel T, Betist MC, Bryja V, Korswagen HC. The planar cell polarity protein VANG-1/Vangl negatively regulates Wnt/ $\beta$ -catenin signaling through a Dvl dependent mechanism. *PLoS Genet*. 2018 Dec 7;14(12):e1007840.
3073. Mercer A, Thomson AM. Cornu Ammonis regions-antecedents of cortical layers? *Front Neuroanat*. 2017 Sep 26;11:83.
3074. Mercer A. Electrically coupled excitatory neurones in cortical regions. *Brain Res*. 2012;1487:192–7.
3075. Merchant H, Grahn J, Trainor L, Rohrmeier M, Fitch WT. Finding the beat: a neural perspective across humans and non-human primates. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2015 Mar 19;370(1664):20140093.
3076. Merchant H, Harrington DL, Meck WH. Neural basis of the perception and estimation of time. *Annu Rev Neurosci*. 2013;36:313–36.
3077. Merchant H, Luciana M, Hooper C, Majestic S, Tuite P. Interval timing and Parkinson's disease: heterogeneity in temporal performance. *Exp Brain Res*. 2008;184(2):233–48.
3078. Merline M, Kalil K. Cell death of corticospinal neurons is induced by axotomy before but not after innervation of spinal targets. *J Comp Neurol*. 1990 Jun 15;296(3):506–16.
3079. Merrill DA, Chiba AA, Tuszynski MH. Conservation of neuronal number and size in the entorhinal cortex of behaviorally characterized aged rats. *J Comp Neurol*. 2001 Oct 1;438(4):445–56.
3080. Mertelsmann R. Plasticity of bone marrow-derived stem cells. *J Hematother Stem Cell Res*. 2000 Dec;9(6):957–60.
3081. Mesirca P, Torrente AG, Mangoni ME. Functional role of voltage gated Ca(2+) channels in heart automaticity. *Front Physiol*. 2015 Feb 2;6:19.
3082. Mesirca P, Torrente AG, Mangoni ME. T-type channels in the sino-atrial and atrioventricular pacemaker mechanism. *Pflugers Arch Eur J Physiol*. 2014;466(4):791–9.
3083. Mestre H, Hablitz LM, Xavier AL, Feng W, Zou W, Pu T, Monai H, Murlidharan G, Castellanos Rivera RM, Simon MJ, Pike MM, Plá V, Du T, Kress BT, Wang X, Plog BA, Thrane AS, Lundgaard I, Abe Y, Yasui M, Thomas JH, Xiao M, Hirase H, Asokan A, Iliff JJ, Nedergaard M. Aquaporin-4-dependent glymphatic solute transport in the rodent brain. *Elife*. 2018 Dec 18;7:e40070.
3084. Mesulam MM, Mufson EJ, Levey AI, Wainer BH. Cholinergic innervation of cortex by the basal forebrain: cytochemistry and cortical connections of the septal area, diagonal band nuclei, nucleus basalis (Substantia innominata), and hypothalamus in the rhesus monkey. *J Comp Neurol*. 1983 a;214(2):170–97.
3085. Mesulam MM, Mufson EJ, Levey AI, Wainer BH. Atlas of cholinergic neurons in the forebrain and upper brainstem of the macaque based on monoclonal choline acetyltransferase immunohistochemistry and acetylcholinesterase histochemistry. *Neuroscience*. 1984 Jul;12(3):669–86.
3086. Mesulam MM, Mufson EJ, Wainer BH, Levey AI. Central cholinergic pathways in the rat: an overview based on an alternative nomenclature (Ch1–Ch6). *Neuroscience*. 1983 b;10(4):1185–201.
3087. Metz GA, Merkler D, Dietz V, Schwab ME, Fouad K. Efficient testing of motor function in spinal cord injured rats. *Brain Res*. 2000 Nov 17;883(2):165–77.
3088. Metzger M, Bueno D, Lima LB. The lateral habenula and the serotonergic system. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017;162:22–8.
3089. Mezei FJ, Lecca S, Valentinova K, Mameli M. Synaptic and cellular profile of neurons in the lateral habenula. *Front Hum Neurosci*. 2013 Dec 16;7:860.
3090. Meyer G, Galindo-Mireles D, Gonzalez-Hernandez T, Castañeyra-Perdomo A, Ferrer-Torres R. Direct projections from the reticular formation of the medulla oblongata to the anterior cingulate cortex in the mouse and the rat. *Brain Res*. 1986;398(1):207–11.
3091. Meyer G. Forms and spatial arrangement of neurons in the primary motor cortex of man. *J Comp Neurol*. 1987 Aug 15;262(3):402–28.
3092. Meyer-Luehmann M, Stalder M, Herzog MC, Kaeser SA, Kohler E, Pfeifer M, Boncristiano S, Mathews PM, Mercken M, Abramowski D, Staufenbiel M, Jucker M. Extracellular amyloid formation and associated pathology in neural grafts. *Nat Neurosci*. 2003 Apr;6(4):370–7.
3093. Meyer-Schwesinger C. The role of renal progenitors in renal regeneration. *Nephron*. 2016;132(2):101–9.
3094. Meyfour A, Pooyan P, Pahlavan S, Rezaei-Tavirani M, Gourabi H, Baharvand H, Salekdeh GH. Chromosome-centric human proteome project allies with developmental biology: a case study of the role of Y chromosome genes in organ development. *J Proteome Res*. 2017 Dec 1;16(12):4259–72.
3095. Meysami S, Raji CA, Merrill DA, Porter VR, Mendez MF. MRI volumetric quantification in persons with a history of traumatic brain injury and cognitive impairment. *J Alzheimers Dis*. 2019;72(1):293–300.
3096. Mezey É, Palkovits M. Neuroanatomy: Forgotten findings of brain lymphatics. *Nature*. 2015 Aug 27;524(7566):415.
3097. Miall C. The storage of time intervals using oscillating neurons. *Neural Comput*. 1989 Sep;1(3):359–71.
3098. Miao C, Cao Q, Moser M-B, Moser EI. Parvalbumin and somatostatin interneurons control different space-coding networks in the medial entorhinal cortex. *Cell*. 2017 Oct;171(3):507–521.e17.
3099. Middleton JW, Dayton A, Walsh J, Rutkowski SB, Leong G, Duong S. Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study. *Spinal Cord*. 2012;50(11):803–11.
3100. Miettinen R, Hajszan T, Riedel A, Szigeti-Buck K, Leranth C. Estimation of the total number of hippocampal CA1 pyramidal neurons: new methodology applied to helpless rats. *J Neurosci Methods*. 2012;205(1):130–8.
3101. Migaud M, Buttrill L, Batailler M. Seasonal regulation of structural plasticity and neurogenesis in the adult mammalian brain: focus on the sheep hypothalamus. *Front Neuroendocrinol*. 2015 Apr;37:146–57.
3102. Migaud M, Buttrill L, Duittoz A, Pillon D, Batailler M. Adult neurogenesis and reproductive functions in mammals. *Theriogenology*. 2016;86(1):313–23.
3103. Mikkonen M, Pitkänen A, Soininen H, Alafuzoff I, Miettinen R. Morphology of spiny neurons in the human entorhinal cortex: intracellular filling with Lucifer Yellow. *Neuroscience*. 2000 Mar;96(3):515–22.

- 3104.** Mikkonen M, Soininen H, Pitkanen A. Distribution of parvalbumin-, calretinin-, and calbindin-D28k-immunoreactive neurons and fibers in the human entorhinal cortex. *J Comp Neurol.* 1997 Nov 10;388(1):64–88.
- 3105.** Miles R, Wong RK. Excitatory synaptic interactions between CA3 neurones in the guinea-pig hippocampus. *J Physiol.* 1986 Apr 1;373(1):397–418.
- 3106.** Milevskiy BY, Kiyashchenko LI, Kodama T, Lai YY, Siegel JM. Activation of pontine and medullary motor inhibitory regions reduces discharge in neurons located in the locus coeruleus and the anatomical equivalent of the midbrain locomotor region. *J Neurosci.* 2000;20(22):8551–8.
- 3107.** Milhorat TH. The third circulation revisited. *J Neurosurg.* 1975;42(6):628–45.
- 3108.** Milinik S, Young CA. Systematic review of the influence of spasticity on quality of life in adults with chronic neurological conditions. *Disabil Rehabil.* 2016;38(15):1431–41.
- 3109.** Mill RD, Ito T, Cole MW. From connectome to cognition: The search for mechanism in human functional brain networks. *Neuroimage.* 2017 Oct;160(3):124–39.
- 3110.** Millán AP, Torres JJ, Bianconi G. Complex network geometry and frustrated synchronization. *Sci Rep.* 2018 Jul 2;8(1):9910.
- 3111.** Millen JW, Woollam DHM. The reticular perivascular tissue of the central nervous system. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1954 Nov 1;17(4):286–94.
- 3112.** Miller BR, Hen R. The current state of the neurogenic theory of depression and anxiety. *Curr Opin Neurobiol.* 2015 Feb;30:51–8.
- 3113.** Miller DJ, Duka T, Stimpson CD, Schapiro SJ, Baze WB, McArthur MJ, Fobbs AJ, Sousa AM, Sestan N, Wildman DE, Lipovich L, Kuzawa CW, Hof PR, Sherwood CC. Prolonged myelination in human neocortical evolution. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2012 Oct 9;109(41):16480–5.
- 3114.** Miller EK, Erickson CA, Desimone R. Neural mechanisms of visual working memory in prefrontal cortex of the macaque. *J Neurosci.* 1996;16(16):5154–67.
- 3115.** Miller GA. Mistreating psychology in the decades of the brain. *Perspect Psychol Sci.* 2010 Nov;5(6):716–43.
- 3116.** Miller L, Balodis IM, McClintock CH, Xu J, Lacadie CM, Sinha R, Potenza MN. Neural correlates of personalized spiritual experiences. *Cereb Cortex.* 2019 Jun 1;29(6):2331–8.
- 3117.** Miller L, Bansal R, Wickramaratne P, Hao X, Tenke CE, Weissman MM, Peterson BS. Neuroanatomical correlates of religiosity and spirituality: a study in adults at high and low familial risk for depression. *JAMA Psychiatry.* 2014 Feb;71(2):128–35.
- 3118.** Miller LE, Zimmermann AK, Herbert WG. Clinical effectiveness and safety of powered exoskeleton-assisted walking on SCI patients. *Med Devices Evid Res.* 2016;4:55–66.
- 3119.** Millet GY, Martin V, Martin A, Vergès S. Electrical stimulation for testing neuromuscular function: from sport to pathology. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(10):2489–500.
- 3120.** Millhouse OE. Granule cells of the olfactory tubercle and the question of the islands of Calleja. *J Comp Neurol.* 1987 Nov 1;265(1):1–24.
- 3121.** Mills CD, Hains BC, Johnson KM, Hulsebosch CE, Hulsebosch CE. Strain and model differences in behavioral outcomes after spinal cord injury in rat. *J Neurotrauma.* 2001;18(8):743–56.
- 3122.** Mills MC. How do genes affect same-sex behavior? *Science.* 2019 Aug 30;365(6456):869–70.
- 3123.** Mills NP, DelBello MP, Adler CM, Strakowski SM. MRI analysis of cerebellar vermal abnormalities in bipolar disorder. *Am J Psychiatry.* 2005;162(8):1530–2.
- 3124.** Mimeo A, Ferguson AV. Glycemic state regulates melanocortin, but not nesfatin-1, responsiveness of glucose-sensing neurons in the nucleus of the solitary tract. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2015 Apr 15;308(8):R690–9.
- 3125.** Minson J, Llewellyn-Smith I, Neville A, Somogyi P, Chalmers J. Quantitative analysis of spinally projecting adrenaline-synthesising neurons of C1, C2 and C3 groups in rat medulla oblongata. *J Auton Nerv Syst.* 1990;30(3):209–20.
- 3126.** Minuth WW, Denk L. Special morphological features at the interface of the renal stem/progenitor cell niche force to reinvestigate transport of morphogens during nephron induction. *Biores Open Access.* 2016;5(1):49–60.
- 3127.** Miranda-Mendizábal A, Castellví P, Parés-Badell O, Almenara J, Alonso I, Blasco MJ, Cebrià A, Gabilondo A, Gili M, Lagares C, Piqueras JA, Roca M, Rodríguez-Marín J, Rodríguez-Jiménez T, Soto-Sanz V, Vilagut G, Alonso J. Sexual orientation and suicidal behaviour in adolescents and young adults: systematic review and meta-analysis. *Br J Psychiatry.* 2017 Aug;211(2):77–87.
- 3128.** Misra S, Mohanty D. Psychobiotics: a new approach for treating mental illness? *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019;59(8):1230–6.
- 3129.** Missig G, Roman CW, Vizzard MA, Braas KM, Hammack SE, May V. Parabrachial nucleus (PbN) pituitary adenylate cyclase activating polypeptide (PACAP) signaling in the amygdala: implication for the sensory and behavioral effects of pain. *Neuropharmacology.* 2014 Nov;86(1):38–48.
- 3130.** Missios S. Hippocrates, Galen, and the uses of trepanation in the ancient classical world. *Neurosurg Focus.* 2007;23(1):E11.
- 3131.** Mitani A, Ito K, Mitani Y, McCarley RW. Descending projections from the gigantocellular tegmental field in the cat: Cells of origin and their brainstem and spinal cord trajectories. *J Comp Neurol.* 1988;268(4):546–66.
- 3132.** Mitchell SJ, Silver RA. GABA spillover from single inhibitory axons suppresses low-frequency excitatory transmission at the cerebellar glomerulus. *J Neurosci.* 2000;20(23):8651–8.
- 3133.** Mitler MM, Dement WC. Cataleptic-like behavior in cats after micro-injections of carbachol in pontine reticular formation. *Brain Res.* 1974;68(2):335–43.
- 3134.** Mitrofanis J. Why and how does light therapy offer neuroprotection in Parkinson's disease? *Neural Regen Res.* 2017 Apr;12(4):574–5.
- 3135.** Mittelstaedt H. Origin and processing of postural information. *Neurosci Biobehav Rev.* 1998;22(4):473–8.
- 3136.** Mittleman BE, Pott S, Warland S, Barr K, Cuevas C, Gilad Y. Divergence in alternative polyadenylation contributes to gene regulatory differences between humans and chimpanzees. *Elife.* 2021 Feb 17;10:e62548.
- 3137.** Mittleman G, Goldowitz D, Heck DH, Blaha CD. Cerebellar modulation of frontal cortex dopamine efflux in mice: relevance to autism and schizophrenia. *Synapse.* 2008;62(7):544–50.
- 3138.** Miura M, Kato S, von Lüdinghausen M. Lymphatic drainage of the cerebrospinal fluid from monkey spinal meninges with special reference to the distribution of the epidural lymphatics. *Arch Histol Cytol.* 1998 Aug;61(3):277–86.
- 3139.** Miura M, Reis DJ. The paramedian reticular nucleus: a site of inhibitory interaction between projections from fastigial nucleus and carotid sinus nerve acting on blood pressure. *J Physiol.* 1971 Jul 1;216(2):441–60.
- 3140.** Miura M, Reis DJ. The role of the solitary and paramedian reticular nuclei in mediating cardiovascular reflex responses from carotid baro- and chemoreceptors. *J Physiol.* 1972 Jun 1;223(2):525–48.
- 3141.** Miura N, Watanabe T. Potential of M-wave elicited by double pulse for muscle fatigue evaluation in intermittent muscle activation by functional electrical stimulation for motor rehabilitation. *J Med Eng.* 2016;2016:1–12.
- 3142.** Miyayama JA, Zeng M, Mashayekhi F, Owen-Lynch PJ. Cerebrospinal fluid supports viability and proliferation of cortical cells in vitro, mirroring in vivo development. *Cerebrospinal Fluid Res.* 2006 Mar 20;3:2.
- 3143.** Miyashita T, Williams CL. Glutamatergic transmission in the nucleus of the solitary tract modulates memory through influences on amygdala noradrenergic systems. *Behav Neurosci.* 2002;116(1):13–21.
- 3144.** Miyawaki T, Morikawa S, Susaki EA, Nakashima A, Takeuchi H, Yamaguchi S, Ueda HR, Ikegaya Y. Visualization and molecular characterization of whole-brain vascular networks with capillary resolution. *Nat Commun.* 2020 Feb 27;11(1):1104.
- 3145.** Miyazato M, Oshiro T, Chancellor MB, De Groat WC, Yoshimura N, Saito S. An alpha1-adrenoceptor blocker terazosin improves urine storage function in the spinal cord in spinal cord injured rats. *Life Sci.* 2013;92(2):125–30.
- 3146.** Mizuhashi S, Nishiyama N, Matsuki N, Ikegaya Y. Cyclic nucleotide-mediated regulation of hippocampal mossy fiber development: a target-specific guidance. *J Neurosci.* 2001;21(16):6181–94.
- 3147.** Mizumori S, Williams J. Directionally selective mnemonic properties of neurons in the lateral dorsal nucleus of the thalamus of rats. *J Neurosci.* 1993 Sep 1;13(9):4015–28.
- 3148.** Mizuseki K, Sirota A, Pastalkova E, Buzsáki G. Theta oscillations provide temporal windows for local circuit computation in the entorhinal-hippocampal loop. *Neuron.* 2009 Oct;64(2):267–80.
- 3149.** Moalem G, Grafe P, Tracey DJ. Chemical mediators enhance the excitability of unmyelinated sensory axons in normal and injured peripheral nerve of the rat. *Neuroscience.* 2005;134(4):1399–411.
- 3150.** Moayedi-Nia S, Taheri L, Hosseini Rouzbahani N, Rasoolinejad M, Nikzad R, Eftekhari Ardebili M, Mohraz M. HIV prevalence and sexual behaviors among transgender women in Tehran, Iran. *AIDS Behav.* 2019 Jun;23(6):1590–3.
- 3151.** Modinos G, Ormel J, Aleman A. Activation of anterior insula during self-reflection. *PLoS One.* 2009;4(2):e4618.
- 3152.** Modirrousta M, Fellows LK. Dorsal medial prefrontal cortex plays a necessary role in rapid error prediction in humans. *J Neurosci.* 2008;28(51):14000–5.
- 3153.** Mödöl L, Mancuso R, Alé A, Francos-Quijorna I, Navarro X. Differential effects on KCC2 expression and spasticity of ALS and traumatic injuries to motoneurons. *Front Cell Neurosci.* 2014 Jan 24;8:7.

3154. Moeendarbary E, Weber IP, Sheridan GK, Koser DE, Soleman S, Haenzi B, Bradbury EJ, Fawcett J, Franze K. The soft mechanical signature of glial scars in the central nervous system. *Nat Commun*. 2017 Mar 20;8:14787.
3155. Moga MM, Herbert H, Hurley KM, Yasui Y, Gray TS, Saper CB. Organization of cortical, basal forebrain, and hypothalamic afferents to the parabrachial nucleus in the rat. *J Comp Neurol*. 1990;295(4):624–61.
3156. Moghaddam A, Child C, Bruckner T, Gerner HJ, Daniel V, Biglari B. Posttraumatic inflammation as a key to neuroregeneration after traumatic spinal cord injury. *Int J Mol Sci*. 2015;16(4):7900–16.
3157. Mohamed FB, Faro SH, Gordon NJ, Platek SM, Ahmad H, Williams JM. Brain mapping of deception and truth telling about an ecologically valid situation: functional MR imaging and polygraph investigation — initial experience. *Radiology*. 2006;238(2):679–88.
3158. Mohammadi MR, Khaleghi A. Transsexualism: a different viewpoint to brain changes. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 2018;16(2):136–43.
3159. Mohan RA, Boukens BJ, Christoffels VM. Developmental origin of the cardiac conduction system: insight from lineage tracing. *Pediatr Cardiol*. 2018;39(6):1107–14.
3160. Mohanty CB, Bhat D, Indira Devi B. Role of central plasticity in the outcome of peripheral nerve regeneration. *Neurosurgery*. 2015;77(3):418–23.
3161. Mohanty V, McKinnon ET, Helpert JA, Jensen JH. Comparison of cumulant expansion and q-space imaging estimates for diffusional kurtosis in brain. *Magn Reson Imaging*. 2018;48:80–8.
3162. Mohedano-Moriano A, Pro-Sistiaga P, Arroyo-Jimenez MM, Artacho-Pérua E, Insausti AM, Marcos P, Cebada-Sánchez S, Martínez-Ruiz J, Muñoz M, Blaizot X, Martínez-Marcos A, Amaral DG, Insausti R. Topographical and laminar distribution of cortical input to the monkey entorhinal cortex. *J Anat*. 2007 Aug;211(2):250–60.
3163. Möhle L, Mattei D, Heimesaat MM, Bereswill S, Fischer A, Alutis M, French T, Hambardzumyan D, Matzinger P, Dunay IR, Wolf SA. Ly6C(hi) Monocytes provide a link between antibiotic-induced changes in gut microbiota and adult hippocampal neurogenesis. *Cell Rep*. 2016 May 31;15(9):1945–56.
3164. Mole TB, Maciver K, Sluming V, Ridgway GR, Nurmikko TJ. Specific brain morphometric changes in spinal cord injury with and without neuropathic pain. *NeuroImage Clin*. 2014;5:28–35.
3165. Molenberghs P, Cunnington R, Mattingley JB. Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2009;33(7):975–80.
3166. Molina B, Segura A, Serrano JP, Alonso FJ, Molina L, Pérez-Borrego YA, Ugarte MI, Oliviero A. Cognitive performance of people with traumatic spinal cord injury: a cross-sectional study comparing people with subacute and chronic injuries. *Spinal Cord*. 2018 Aug;56(8):796–805.
3167. Molinari E, Baraldi P, Campanella M, Duzzi D, Nocetti L, Pagnoni G, Porro CA. Human parietofrontal networks related to action observation detected at rest. *Cereb Cortex*. 2013 Jan;23(1):178–86.
3168. Moll J, de Oliveira-Souza R, Garrido GJ, Bramati IE, Caparelli-Daquer EM, Paiva ML, Zahn R, Grafman J. The self as a moral agent: linking the neural bases of social agency and moral sensibility. *Soc Neurosci*. 2007;2(3–4):336–52.
3169. Moll J, Krueger F, Zahn R, Pardini M, de Oliveira-Souza R, Grafman J. Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about charitable donation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Oct 17;103(42):15623–8.
3170. Moll J, Zahn R, de Oliveira-Souza R, Krueger F, Grafman J. The neural basis of human moral cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2005 Oct;6(10):799–809.
3171. Monday HR, Younts TJ, Castillo PE. Long-term plasticity of neurotransmitter release: emerging mechanisms and contributions to brain function and disease. *Annu Rev Neurosci*. 2018 Jul 8;41:299–322.
3172. Montchal ME, Reagh ZM, Yassa MA. Precise temporal memories are supported by the lateral entorhinal cortex in humans. *Nat Neurosci*. 2019 Feb 14;22(2):284–8.
3173. Montgomery JE, Wiggin TD, Rivera-Perez LM, Lillesaar C, Masino MA. Intraspinous serotonergic neurons consist of two, temporally distinct populations in developing zebrafish. *Dev Neurobiol*. 2016;76(6):673–87.
3174. Monti JM, Lagos P, Jantos H, Tortorolo P. Increased REM sleep after intra-locus coeruleus nucleus microinjection of melanin-concentrating hormone (MCH) in the rat. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2015;56:185–8.
3175. Monti JM, Tortorolo P, Lagos P. Melanin-concentrating hormone control of sleep-wake behavior. *Sleep Med Rev*. 2013;17(4):293–8.
3176. Monti MM, Schnakers C, Korb AS, Bystritsky A, Vespa PM. Non-invasive ultrasonic thalamic stimulation in disorders of consciousness after severe brain injury: a first-in-man report. *Brain Stimul*. 2016;9(6):940–1.
3177. Montiel JF, Aboitiz F. Pallial patterning and the origin of the isocortex. *Front Neurosci*. 2015 Oct 14;9:377.
3178. Montoya P, Schandry R, Müller A. Heartbeat evoked potentials (HEP): topography and influence of cardiac awareness and focus of attention. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1993;88(3):163–72.
3179. Moonen G, Satkunendrarajah K, Wilcox JT, Badner A, Mothe A, Foltz W, Fehlings MG, Tator CH. A New acute impact-compression lumbar spinal cord injury model in the rodent. *J Neurotrauma*. 2016 Feb 1;33(3):278–89.
3180. Moore CI, Cao R. The hemo-neural hypothesis: on the role of blood flow in information processing. *J Neurophysiol*. 2008 May;99(5):2035–47.
3181. Moraes LJ, Miranda MB, Loures LF, Mainieri AG, Marmorá CHC. A systematic review of psychoneuroimmunology-based interventions. *Psychol Heal Med*. 2018;23(6):635–52.
3182. Morairty SR, Dittrich L, Pasumarthi RK, Valladao D, Heiss JE, Gerashchenko D, Kilduff TS. A role for cortical nNOS/NK1 neurons in coupling homeostatic sleep drive to EEG slow wave activity. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Dec 10;110(50):20272–7.
3183. Morales FR, Sampogna S, Rampon C, Luppi PH, Chase MH. Brainstem glycinergic neurons and their activation during active (rapid eye movement) sleep in the cat. *Neuroscience*. 2006;142(1):37–47.
3184. Morales M, Bloom FE. The 5-HT3 receptor is present in different subpopulations of GABAergic neurons in the rat telencephalon. *J Neurosci*. 1997 May 1;17(9):3157–67.
3185. Morales M, Margolis EB. Ventral tegmental area: Cellular heterogeneity, connectivity and behaviour. *Nat Rev Neurosci*. 2017;18(2):73–85.
3186. Moraru E, Onose G. Data condensed synthesis regarding kinesiotherapeutic procedures used in spasticity therapy. *J Med Life*. 2014;7(3):317–21.
3187. Morawietz G, Ruehl-Fehlert C, Kittel B, Bube A, Keane K, Halm S, Heuser A, Hellmann J; RITA Group; NACAD Group. Revised guides for organ sampling and trimming in rats and mice – Part 3. A joint publication of the RITA and NACAD groups. *Exp Toxicol Pathol*. 2004 Jul;55(6):433–49.
3188. Moreau-Fauvarque C, Kumanogoh A, Camand E, Jaillard C, Barbin G, Boquet I, Love C, Jones EY, Kikutani H, Lubetzki C, Dusart I, Chédotal A. The transmembrane semaphorin Sema4D/CD100, an inhibitor of axonal growth, is expressed on oligodendrocytes and upregulated after CNS lesion. *J Neurosci*. 2003 Oct 8;23(27):9229–39.
3189. Moreira TS, Takakura AC, Damasceno RS, Falquetto B, Totola LT, Sobrinho CR, Ragioto DT, Zolezi FP. Central chemoreceptors and neural mechanisms of cardiorespiratory control. *Braz J Med Biol Res*. 2011 Sep;44(9):883–9.
3190. Moreira TS, Wenker IC, Sobrinho CR, Barna BF, Takakura AC, Mulkey DK. Independent purinergic mechanisms of central and peripheral chemoreception in the rostral ventrolateral medulla. *J Physiol*. 2015;593(5):1067–74.
3191. Morelli SA, Sacchet MD, Zaki J. Common and distinct neural correlates of personal and vicarious reward: a quantitative meta-analysis. *Neuroimage*. 2015 May;112(3):244–53.
3192. Moreno A, Jego P, de la Cruz F, Canals S. Neurophysiological, metabolic and cellular compartments that drive neurovascular coupling and neuroimaging signals. *Front Neuroenergetics*. 2013 Mar 28;5:3.
3193. Morgado-Valle C, Baca SM, Feldman JL. Glycinergic pacemaker neurons in preBötzinger complex of neonatal mouse. *J Neurosci*. 2010;30(10):3634–9.
3194. Morgan JL, Lichtman JW. Why not connectomics? *Nat Methods*. 2013;10(6):494–500.
3195. Mori F, Himes BT, Kowada M, Murray M, Tessler A. Fetal spinal cord transplants rescue some axotomized rubrospinal neurons from retrograde cell death in adult rats. *Exp Neurol*. 1997;143(1):45–60.
3196. Mori F, Okada KI, Nomura T, Kobayashi Y. The pedunculopontine tegmental nucleus as a motor and cognitive interface between the cerebellum and basal ganglia. *Front Neuroanat*. 2016 Nov 7;10:109.
3197. Mori M, MacDorman KF, Kageki N. The uncanny valley. *IEEE Robot Autom Mag*. 2012 June;19(2):98–100.
3198. Mori S, Matsui T, Mori F, Nakajima K, Matsuyama K. Instigation and control of treadmill locomotion in high decerebrate cats by stimulation of the hook bundle of Russell in the cerebellum. *Can J Physiol Pharmacol*. 2000;78(11):945–57.
3199. Mori Y, Takahashi N, Kurokawa T, Kiyonaka S. TRP channels in oxygen physiology: distinctive functional properties and roles of TRPA1 in O<sub>2</sub> sensing. *Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci*. 2017;93(7):464–82.
3200. Morishita M, Maejima S, Tsukahara S. Gonadal hormone-dependent sexual differentiation of a female-biased sexually dimorphic cell group in the principal nucleus of the bed nucleus of the stria terminalis in mice. *Endocrinology*. 2017;158(10):3512–25.

- 3201.** Morita H, Hass CJ, Moro E, Sudhyadhom A, Kumar R, Okun MS. Pedunculopontine nucleus stimulation: where are we now and what needs to be done to move the field forward? *Front Neurol*. 2014 Dec 4;5:243.
- 3202.** Morita S, Furube E, Mannari T, Okuda H, Tatsumi K, Wanaka A, Miyata S. Heterogeneous vascular permeability and alternative diffusion barrier in sensory circumventricular organs of adult mouse brain. *Cell Tissue Res*. 2016 Feb;363(2):497–511.
- 3203.** Morita S, Miyata S. Different vascular permeability between the sensory and secretory circumventricular organs of adult mouse brain. *Cell Tissue Res*. 2012;349(2):589–603.
- 3204.** Morita T, Yoshizumi M, Kurihara H, Maemura K, Nagai R, Yazaki Y. Shear stress increases heparin-binding epidermal growth factor-like growth factor mRNA levels in human vascular endothelial cells. *Biochem Biophys Res Commun*. 1993 Nov;197(1):256–62.
- 3205.** Morley JE. Cognition and nutrition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2014 Jan;17(1):1–4.
- 3206.** Morris AW, Sharp MM, Albargothy NJ, Fernandes R, Hawkes CA, Verma A, Weller RO, Carare RO. Vascular basement membranes as pathways for the passage of fluid into and out of the brain. *Acta Neuropathol*. 2016 May;131(5):725–36.
- 3207.** Morrison JH, Hof PR. Life and death of neurons in the aging brain. *Science*. 1997 Oct 17;278(5337):412–9.
- 3208.** Morrison SF, Callaway J, Milner TA, Reis DJ. Glutamate in the spinal sympathetic intermediolateral nucleus: localization by light and electron microscopy. *Brain Res*. 1989;503(1):5–15.
- 3209.** Morrison SF, Nakamura K. Central mechanisms for thermoregulation. *Annu Rev Physiol*. 2019 Feb 10;81:285–308.
- 3210.** Morrison SF. Central neural control of thermoregulation and brown adipose tissue. *Auton Neurosci*. 2016 Apr;196(503):14–24.
- 3211.** Morrison SF. Efferent neural pathways for the control of brown adipose tissue thermogenesis and shivering. *Handb Clin Neurol*. 2018;156:281–303.
- 3212.** Morrison SJ, White PM, Zock C, Anderson DJ. Prospective identification, isolation by flow cytometry, and in vivo self-renewal of multipotent mammalian neural crest stem cells. *Cell*. 1999 Mar;96(5):737–49.
- 3213.** Mortensen OA, Sullivan WE. The cerebrospinal fluid and the cervical lymph nodes. *Anat Rec*. 1933 Jul;56(4):359–63.
- 3214.** Moruzzi G, Magoun HW. Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 1995 May;7(2):251–67.
- 3215.** Moser EI, Kropff E, Moser MB. Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. *Annu Rev Neurosci*. 2008 Jul;31(1):69–89.
- 3216.** Moser EI, Moser MB, McNoughton BL. Spatial representation in the hippocampal formation: a history. *Nat Neurosci*. 2017 Nov 1;20(11):1448–64.
- 3217.** Moser EI, Moser MB. Grid cells and neural coding in high-end cortices. *Neuron*. 2013 Oct 30;80(3):765–74.
- 3218.** Moser EI, Roudi Y, Witter MP, Kentros C, Bonhoeffer T, Moser MB. Grid cells and cortical representation. *Nat Rev Neurosci*. 2014 Jul 11;15(7):466–81.
- 3219.** Moshayedi P, Costa Lda F, Christ A, Lacour SP, Fawcett J, Guck J, Franke K. Mechanosensitivity of astrocytes on optimized polyacrylamide gels analyzed by quantitative morphometry. *J Phys Condens Matter*. 2010 May 19;22(19):194114.
- 3220.** Moshayedi P, Ng G, Kwok JC, Yeo GS, Bryant CE, Fawcett JW, Franke K, Guck J. The relationship between glial cell mechanosensitivity and foreign body reactions in the central nervous system. *Biomaterials*. 2014 Apr;35(13):3919–25.
- 3221.** Moss J, Gebara E, Bushong EA, Sánchez-Pascual I, O'Laoui R, El M'Ghari I, Kocher-Braissant J, Ellisman MH, Toni N. Fine processes of Nestin-GFP-positive radial glia-like stem cells in the adult dentate gyrus ensheath the local synapses and vasculature. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 May 3;113(18):E2536–45.
- 3222.** Mossbridge J, Tressoldi P, Utts J. Predictive physiological anticipation preceding seemingly unpredictable stimuli: a meta-analysis. *Front Psychol*. 2012 Oct 17;3:390.
- 3223.** Mossbridge JA, Tressoldi P, Utts J, Ives JA, Radin D, Jonas WB. Predicting the unpredictable: critical analysis and practical implications of predictive anticipatory activity. *Front Hum Neurosci*. 2014 Mar 25;8:146.
- 3224.** Mota B, Herculano-Houzel S. All brains are made of this: a fundamental building block of brain matter with matching neuronal and glial masses. *Front Neuroanat*. 2014 Nov 12;8:127.
- 3225.** Motta SC, Carobrez AP, Canteras NS. The periaqueductal gray and primal emotional processing critical to influence complex defensive responses, fear learning and reward seeking. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;76:39–47.
- 3226.** Mouchet P, Manier M, Dietl M, Feuerstein C, Berod A, Arluison M, Denoroy L, Thibault J. Immunohistochemical study of catecholaminergic cell bodies in the rat spinal cord. *Brain Res Bull*. 1986 Mar;16(3):341–53.
- 3227.** Moulton EA, Schmahmann JD, Becerra L, Borsook D. The cerebellum and pain: passive integrator or active participator? *Brain Res Rev*. 2010;65(1):14–27.
- 3228.** Mountcastle V. The columnar organization of the neocortex. *Brain*. 1997 Apr 1;120(4):701–22.
- 3229.** Mountcastle VB. Introduction. Computation in cortical columns. *Cereb Cortex*. 2003;13(1):2–4.
- 3230.** Mountcastle VB. Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *J Neurophysiol*. 1957 Jul 1;20(4):408–34.
- 3231.** Mouton PR, Pakkenberg B, Gundersen HJG, Price DL. Absolute number and size of pigmented locus coeruleus neurons in young and aged individuals. *J Chem Neuroanat*. 1994;7(3):185–90.
- 3232.** Moxon KA, Foffani G. Brain-machine interfaces beyond neuroprosthetics. *Neuron*. 2015;86(1):55–67.
- 3233.** Moyed S, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Bethel A, Rothman M. MR imaging of penetrating spinal trauma. *Am J Roentgenol*. 1999 Nov;173(5):1387–91.
- 3234.** Mueggler T, Meyer-Luehmann M, Rausch M, Staufenbiel M, Jucker M, Rudin M. Restricted diffusion in the brain of transgenic mice with cerebral amyloidosis. *Eur J Neurosci*. 2004;20(3):811–7.
- 3235.** Mueller JK, Tyler WJ. A quantitative overview of biophysical forces impinging on neural function. *Phys Biol*. 2014 Aug 26;11(5):051001. **Цитати у тексті за преприятком: Mueller J, Tyler WJ. A quantitative overview of biophysical forces governing neural function. arXiv:1309.6277 [q-bio.NC].**
- 3236.** Mueller LE, Kausch MA, Markovic T, MacLaren DA, Dietz DM, Park J, Clark SD. Intra-ventral tegmental area microinjections of urotensin II modulate the effects of cocaine. *Behav Brain Res*. 2015 Feb 1;278:271–9.
- 3237.** Mueller PS, Plevak DJ, Rummans TA. Religious involvement, spirituality, and medicine: implications for clinical practice. *Mayo Clin Proc*. 2001;76(12):1225–35.
- 3238.** Mueller S, Keeser D, Samson AC, Kirsch V, Blautzik J, Grothe M, Erat O, Hegenloh M, Coates U, Reiser MF, Hennig-Fast K, Meindl T. Convergent findings of altered functional and structural brain connectivity in individuals with high functioning autism: a multimodal MRI study. *PLoS One*. 2013 Jun 18;8(6):e67329.
- 3239.** Mufson EJ, Kroin JS, Sendera TJ, Sobreviela T. Distribution and retrograde transport of trophic factors in the central nervous system: Functional implications for the treatment of neurodegenerative diseases. *Prog Neurobiol*. 1999;57(4):451–84.
- 3240.** Muheremu A, Peng J, Ao Q. Stem cell based therapies for spinal cord injury. *Tissue Cell*. 2016 Aug;48(4):328–33.
- 3241.** Muhl L, Moessinger C, Adzemovic MZ, Dijkstra MH, Nilsson I, Zeitelhofer M, Hagberg CE, Huusko J, Falkevall A, Ylä-Herttuala S, Eriksson U. Expression of vascular endothelial growth factor (VEGF)-B and its receptor (VEGFR1) in murine heart, lung and kidney. *Cell Tissue Res*. 2016 Jul;365(1):51–63.
- 3242.** Muir GM, Brown JE, Carey JP, Hirvonen TP, Della Santina CC, Minor LB, Taube JS. Disruption of the head direction cell signal after occlusion of the semicircular canals in the freely moving chinchilla. *J Neurosci*. 2009 Nov 18;29(46):14521–33.
- 3243.** Muir K, Madill A, Brown C. Individual differences in emotional processing and autobiographical memory: interoceptive awareness and alexithymia in the fading affect bias. *Cogn Emot*. 2017;31(7):1392–404.
- 3244.** Mulcahy JS, Larsson DEO, Garfinkel SN, Critchley HD. Heart rate variability as a biomarker in health and affective disorders: a perspective on neuroimaging studies. *Neuroimage*. 2019;202:116072.
- 3245.** Mulders WHAM, West MJ, Slomianka L. Neuron numbers in the presubiculum, parasubiculum, and entorhinal area of the rat. *J Comp Neurol*. 1997 Aug 18;385(1):83–94.
- 3246.** Müller C, Remy S. Septo-hippocampal interaction. *Cell Tissue Res*. 2018 Sep 18;373(3):565–75.
- 3247.** Müller-Pinzler L, Czekalla N, Mayer AV, Stolz DS, Gazzola V, Keyser C, Paulus FM, Krach S. Negativity-bias in forming beliefs about own abilities. *Sci Rep*. 2019 Oct 8;9(1):14416.
- 3248.** Mumaw CL, Levesque S, McGraw C, Robertson S, Lucas S, Stafflinger JE, Campen MJ, Hall P, Norenberg JP, Anderson T, Lund AK, McDonald JD, Ottens AK, Block ML. Microglial priming through the lung-brain axis: the role of air pollution-induced circulating factors. *FASEB J*. 2016 May;30(5):1880–91.
- 3249.** Munoz F, Aupur C, Konofagou EE, Ferrera VP. Modulation of brain function and behavior by focused ultrasound. *Curr Behav Neurosci Reports*. 2018 Jun 9;5(2):153–64.
- 3250.** Muñoz MF, Puebla M, Figueroa XF. Control of the neurovascular coupling by nitric oxide-dependent regulation of astrocytic Ca(2+) signaling. *Front Cell Neurosci*. 2015 Mar 10;9:59.
- 3251.** Muñoz RI, Kähne T, Herrera H, Rodríguez S, Guerra MM, Vío K, Hennig R, Rapp E, Rodríguez E. The subcommissural organ and the Reissner fiber: old friends revisited. *Cell Tissue Res*. 2019 Feb;375(2):507–29.

3252. Münster-Wandowski A, Gómez-Lira G, Gutiérrez R. Mixed neurotransmission in the hippocampal mossy fibers. *Front Cell Neurosci.* 2013 Nov 22;7:210.
3253. Muqtadar H, Testai FD, Gorelick PB. The dementia of cardiac disease. *Curr Cardiol Rep.* 2012;14(6):732–40.
3254. Muramatsu R, Nakahara S, Ichikawa J, Watanabe K, Matsuki N, Koyama R. The ratio of 'deleted in colorectal cancer' to 'uncoordinated-5A' netrin-1 receptors on the growth cone regulates mossy fibre directionality. *Brain.* 2010 Jan;133(Pt 1):60–75.
3255. Murphy C, Lazzara R. Current concepts of anatomy and electrophysiology of the sinus node. *J Interv Card Electrophysiol.* 2016;46(1):9–18.
3256. Murphy J, Brewer R, Catmur C, Bird G. Interception and psychopathology: a developmental neuroscience perspective. *Dev Cogn Neurosci.* 2017;23:45–56.
3257. Murphy MA, Mun S, Horstemeyer MF, Baskes MI, Bakhtiyari A, LaPlaca MC, Gwaltney SR, Williams LN, Prabhu RK. Molecular dynamics simulations showing 1-palmitoyl-2-oleoyl-phosphatidylcholine (POPC) membrane mechanoporation damage under different strain paths. *J Biomol Struct Dyn.* 2019 Mar;37(5):1346–59.
3258. Murphy SJ, Lusardi TA, Phillips JJ, Saugstad JA. Sex differences in microRNA expression during development in rat cortex. *Neurochem Int.* 2014 Nov;77(1):24–32.
3259. Murray KC, Nakae A, Stephens MJ, Rank M, D'Amico J, Harvey PJ, Li X, Harris RL, Ballou EW, Anelli R, Heckman CJ, Mashimo T, Vavrek R, Sanelli L, Gorassini MA, Bennett DJ, Fouad K. Recovery of motoneuron and locomotor function after spinal cord injury depends on constitutive activity in 5-HT<sub>2C</sub> receptors. *Nat Med.* 2010 Jun;16(6):694–700.
3260. Murray KC, Stephens MJ, Rank M, D'Amico J, Gorassini MA, Bennett DJ. Polysynaptic excitatory potentials that trigger spasms after spinal cord injury in rats are inhibited by 5-HT<sub>1B</sub> and 5-HT<sub>1F</sub> receptors. *J Neurophysiol.* 2011 Aug;106(2):925–43.
3261. Musi N, Valentine JM, Sicking KR, Baeuerle E, Thompson CS, Shen Q, Orr ME. Tau protein aggregation is associated with cellular senescence in the brain. *Aging Cell.* 2018 Dec;17(6):e12840.
3262. Musienko P, Heutschi J, Friedli L, den Brand R van, Courtine G. Multi-system neurorehabilitative strategies to restore motor functions following severe spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2012;235(1):100–9.
3263. Mussel M, Schneider MF. It sounds like an action potential: unification of electrical, chemical and mechanical aspects of acoustic pulses in lipids. *J R Soc Interface.* 2019 a;16(151):20180743.
3264. Mussel M, Schneider MF. Similarities between action potentials and acoustic pulses in a van der Waals fluid. *Sci Rep.* 2019 b;9(1):2467.
3265. Myers B, Scheimann JR, Franco-Villanueva A, Herman JP. Ascending mechanisms of stress integration: Implications for brainstem regulation of neuroendocrine and behavioral stress responses. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017 Mar;74:366–75.
3266. Myers PZ, Eisen JS, Westerfield M. Development and axonal outgrowth of identified motoneurons in the zebrafish. *J Neurosci.* 1986;6(8):2278–89.
3267. Myers SA, Bankston AN, Burke DA, Ohri SS, Whittemore SR. Does the preclinical evidence for functional remyelination following myelinating cell engraftment into the injured spinal cord support progression to clinical trials? *Exp Neurol.* 2016;283:560–72.
3268. Na YR, Jung D, Gu GJ, Jang AR, Suh YH, Seok SH. The early synthesis of p35 and activation of CDK5 in LPS-stimulated macrophages suppresses interleukin-10 production. *Sci Signal.* 2015 Nov 24;8(404):ra121.
3269. Nadal M, Chatterjee A. Neuroaesthetics and art's diversity and universality. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 2019 May;10(3):e1487.
3270. Nadeem R, Agarwal S, Jawed S, Yasser A, Altafmody K. Impact of cardiopulmonary bypass time on postoperative duration of mechanical ventilation in patients undergoing cardiovascular surgeries: a systemic review and regression of metadata. *Cureus.* 2019 Nov 6;11(11):e6088.
3271. Nag S, Manias JL, Stewart DJ. Pathology and new players in the pathogenesis of brain edema. *Acta Neuropathol.* 2009;118(2):197–217.
3272. Nagai M, Hoshida S, Kario K. The insular cortex and cardiovascular system: a new insight into the brain-heart axis. *J Am Soc Hypertens.* 2010;4(4):174–82.
3273. Nagatsu I, Sakai M, Yoshida M, Nagatsu T. Aromatic L-amino acid decarboxylase-immunoreactive neurons in and around the cerebrospinal fluid-contacting neurons of the central canal do not contain dopamine or serotonin in the mouse and rat spinal cord. *Brain Res.* 1988;475(1):91–102.
3274. Nagayama S, Homma R, Imamura F. Neuronal organization of olfactory bulb circuits. *Front Neural Circuits.* 2014 Sep 3;8:98.
3275. Nagelhus EA, Ottersen OP. Physiological roles of aquaporin-4 in brain. *Physiol Rev.* 2013;93(4):1543–62.
3276. Nairn JG, Bedi KS, Mayhew TM, Campbell LF. On the number of Purkinje cells in the human cerebellum: unbiased estimates obtained by using the "fractionator". *J Comp Neurol.* 1989 Dec 22;290(4):527–32.
3277. Najafzadeh N, Nobakht M, Pourheydar B, Golmohammadi MG. Rat hair follicle stem cells differentiate and promote recovery following spinal cord injury. *Neural Regen Res.* 2013;8(36):3365–72.
3278. Nakagawa K, Bergquist AJ, Yamashita T, Yoshida T, Masani K. Motor point stimulation primarily activates motor nerve. *Neurosci Lett.* 2020 Sep 25;736:135246.
3279. Nakagomi T, Kubo S, Nakano-Doi A, Sakuma R, Lu S, Narita A, Kawahara M, Taguchi A, Matsuyama T. Brain vascular pericytes following ischemia have multipotential stem cell activity to differentiate into neural and vascular lineage cells. *Stem Cells.* 2015 Jun;33(6):1962–74.
3280. Nakahara S, Matsumoto M, van Erp TGM. Hippocampal subregion abnormalities in schizophrenia: a systematic review of structural and physiological imaging studies. *Neuropsychopharmacol Reports.* 2018 Dec;38(4):156–66.
3281. Nakamura K, Kawabata H. Transcranial direct current stimulation over the medial prefrontal cortex and left primary motor cortex (mPFC-IPMC) affects subjective beauty but not ugliness. *Front Hum Neurosci.* 2015 Dec 8;9:654.
3282. Nakamura K, Kawakami T, Yamamoto N, Tomizawa M, Fujiwara T, Ishii T, Harigae H, Ogasawara K. Activation of the NLRP3 inflammasome by cellular labile iron. *Exp Hematol.* 2016 Feb;44(2):116–24.
3283. Nakamura K, Matsumura K, Hübschle T, Nakamura Y, Hioki H, Fujiyama F, Boldogkői Z, König M, Thiel HJ, Gerstberger R, Kobayashi S, Kaneko T. Identification of sympathetic premotor neurons in medullary raphe regions mediating fever and other thermoregulatory functions. *J Neurosci.* 2004 Jun 9;24(23):5370–80.
3284. Nakamura K, Morrison SF. A thermosensory pathway that controls body temperature. *Nat Neurosci.* 2008;11(1):62–71.
3285. Nakamura K, Morrison SF. Central efferent pathways for cold-defensive and febrile shivering. *J Physiol.* 2011;589(14):3641–58.
3286. Nakamura K. Afferent pathways for autonomic and shivering thermoeffector. *Handb Clin Neurol.* 2018;156:263–79.
3287. Nakane Y, Shimmura T, Abe H, Yoshimura T. Intrinsic photosensitivity of a deep brain photoreceptor. *Curr Biol.* 2014 Jul 7;24(13):R596–7.
3288. Nakashima K, Rothwell JC, Day BL, Thompson PD, Shannon K, Marsden CD. Reciprocal inhibition between forearm muscles in patients with writer's cramp and other occupational cramps, symptomatic hemidystonia and hemiparesis due to stroke. *Brain.* 1989;112(3):681–97.
3289. Nakasone H, Remberger M, Tian L, Brodin P, Sahaf B, Wu F, Mattsson J, Lowsky R, Negrin R, Miklos DB, Meyer E. Risks and benefits of sex-mismatched hematopoietic cell transplantation differ according to conditioning strategy. *Haematologica.* 2015 Nov;100(11):1477–85.
3290. Nakazawa K. Dentate mossy cell and pattern separation. *Neuron.* 2017 Feb 8;93(3):465–7. Erratum in: *Neuron.* 2017 Mar 8;93(5):1236.
3291. Nalepa I, Kreiner G, Bielawski A, Rafa-Zablocka K, Roman A.  $\alpha$ 1-Adrenergic receptor subtypes in the central nervous system: insights from genetically engineered mouse models. *Pharmacol Rep.* 2013;65(6):1489–97.
3292. Nam H, Kerman IA. Distribution of catecholaminergic presympathetic-premotor neurons in the rat lower brainstem. *Neuroscience.* 2016 Jun 2;324:430–45.
3293. Nambodiri VM, Rodriguez-Romaguera J, Stuber GD. The habenula. *Curr Biol.* 2016 Oct 10;26(19):R873–R877.
3294. Nambu T, Sakurai T, Mizukami K, Hosoya Y, Yanagisawa M, Goto K. Distribution of orexin neurons in the adult rat brain. *Brain Res.* 1999;827(1–2):243–60.
3295. Namkung H, Kim S-H, Sawa A. The insula: an understudied brain area in clinical neuroscience, psychiatry, and neurology. *Trends Neurosci.* 2017 Apr;40(4):200–7.
3296. Nan J, Liu J, Mu J, Dun W, Zhang M, Gong Q, Qin W, Tian J, Liang F, Zeng F. Brain-based correlations between psychological factors and functional dyspepsia. *J Neurogastroenterol Motil.* 2015 Jan 1;21(1):103–10.
3297. Nana AL, Sidhu M, Gaus SE, Hwang JL, Li L, Park Y, Kim EJ, Pasquini L, Allen IE, Rankin KP, Toller G, Kramer JH, Geschwind DH, Coppola G, Huang EJ, Grinberg LT, Miller BL, Seeley WW. Neurons selectively targeted in frontotemporal dementia reveal early stage TDP-43 pathobiology. *Acta Neuropathol.* 2019 Jan;137(1):27–46.
3298. Narayana PA. White matter changes in patients with mild traumatic brain injury: MRI perspective. *Concussion.* 2017 Mar 22;2(2):CNC35.
3299. Nardone R, Höller Y, Sebastianelli L, Versace V, Saltuari L, Brigo F, Lochner P, Trinka E. Cortical morphometric changes after spinal cord injury. *Brain Res Bull.* 2018 Mar;137:107–19.
3300. Nardone R, Höller Y, Thomschewski A, Höller P, Lochner P, Golaszewski S, Brigo F, Trinka E. Serotonergic transmission after spinal cord injury. *J Neural Transm (Vienna).* 2015 Feb;122(2):279–95.
3301. Nascimento SS, Oliveira LR, DeSantana JM. Correlations between brain changes and pain management after cognitive and meditative therapies: a systematic review of neuroimaging studies. *Complement Ther Med.* 2018 Aug;39:137–45.
3302. Nasimi A, Shafei MN, Alaei H. Glutamate injection into the cuneiform nucleus in rat, produces correlated single unit activities in the Kolliker-Fuse nucleus and cardiovascular responses. *Neuroscience.* 2012 Oct 25;223:439–46.
3303. Nategh M, Nikseresh S, Khodagholfi F, Motamedi F. Inactivation of nucleus incertus impairs passive avoidance learning and long term potentiation of the population spike in the perforant path-dentate gyrus evoked field potentials in rats. *Neurobiol Learn Mem.* 2016;130:185–93.

3304. Nattie E, Li A. Central chemoreceptors: locations and functions. *Compr Physiol.* 2012;2(1):221–54.
3305. Nau M, Navarro Schröder T, Bellmund JLS, Doeller CF. Hexadirectional coding of visual space in human entorhinal cortex. *Nat Neurosci.* 2018 Feb 8;21(2):188–90.
3306. Naumann RK, Preston-Ferrer P, Brecht M, Burgalossi A. Structural modularity and grid activity in the medial entorhinal cortex. *J Neurophysiol.* 2018 Jun 1;119(6):2129–44.
3307. Naumann RK, Ray S, Prokop S, Las L, Heppner FL, Brecht M. Conserved size and periodicity of pyramidal patches in layer 2 of medial/caudal entorhinal cortex. *J Comp Neurol.* 2016 Mar 9;524(4):783–806.
3308. Nauta WJ. Hippocampal projections and related neural pathways to the midbrain in the cat. *Brain.* 1958 Sep;81(3):319–40.
3309. Nauta WJ. Hypothalamic regulation of sleep in rats; an experimental study. *J Neurophysiol.* 1946 Jul;9:285–316.
3310. Navarro Schröder T, Haak KV, Zaragoza Jimenez NI, Beckmann CF, Doeller CF. Functional topography of the human entorhinal cortex. *Elife.* 2015 Jun 8;4:e06738.
3311. Navarro-Lobato I, Genzel L. The up and down of sleep: from molecules to electrophysiology. *Neurobiol Learn Mem.* 2019 Apr;160:3–10.
3312. Navarro-Sanchis C, Brock O, Winsky-Sommerer R, Thuret S. Modulation of adult hippocampal neurogenesis by sleep: impact on mental health. *Front Neural Circuits.* 2017 Oct 12;11:74.
3313. Navratilova E, Xie JY, Meske D, Qu C, Morimura K, Okun A, Arakawa N, Ossipov M, Fields HL, Porreca F. Endogenous opioid activity in the anterior cingulate cortex is required for relief of pain. *J Neurosci.* 2015 May 6;35(18):7264–71.
3314. Naylor RM, Baker DJ, Van Deursen JM. Senescent cells: a novel therapeutic target for aging and age-related diseases. *Clin Pharmacol Ther.* 2013;93(1):105–16.
3315. Nedergaard M, Verkhratsky A. Artifact versus reality — how astrocytes contribute to synaptic events. *Glia.* 2012 Jul;60(7):1013–23.
3316. Nedergaard M. Neuroscience. Garbage truck of the brain. *Science.* 2013 Jun 28;340(6140):1529–30.
3317. Nedoboy PE, Mohammed S, Kapoor K, Bhandare AM, Farnham M, Pilowsky PM. pSer40 tyrosine hydroxylase immunohistochemistry identifies the anatomical location of C1 neurons in rat RVLM that are activated by hypotension. *Neuroscience.* 2016;317:162–72.
3318. Negami M, Maruta T, Takeda C, Adachi Y, Yoshikawa H. Sympathetic skin response and heart rate variability as diagnostic tools for the differential diagnosis of Lewy body dementia and Alzheimer's disease: a diagnostic test study. *BMJ Open.* 2013 Mar 1;3(3):e001796.
3319. Negi N, Das BK. CNS: Not an immunoprivileged site anymore but a virtual secondary lymphoid organ. *Int Rev Immunol.* 2018;37(1):57–68.
3320. Negro A, Curto M, Lionetto L, Giamberardino MA, Martelletti P. Chronic migraine treatment: from OnabotulinumtoxinA onwards. *Expert Rev Neurother.* 2016;16(10):1217–27.
3321. Neirinckx V, Agirman G, Coste C, Marquet A, Dion V, Rogister B, Franzen R, Wislet S. Adult bone marrow mesenchymal and neural crest stem cells are chemoattractive and accelerate motor recovery in a mouse model of spinal cord injury. *Stem Cell Res Ther.* 2015 Nov 4;6:211.
3322. Neirinckx V, Cantinieux D, Coste C, Rogister B, Franzen R, Wislet-Gendebien S. Concise review: Spinal cord injuries: how could adult mesenchymal and neural crest stem cells take up the challenge. *Stem Cells.* 2014;32(4):829–43.
3323. Neisser J. Neural correlates of consciousness reconsidered. *Conscious Cogn.* 2012;21(2):681–90.
3324. Nelson AR, Sweeney MD, Sagare AP, Zlokovic BV. Neurovascular dysfunction and neurodegeneration in dementia and Alzheimer's disease. *Biochim Biophys Acta.* 2016 May;1862(5):887–900.
3325. Nemeroff CB, Mayberg HS, Krahl SE, McNamara J, Frazer A, Henry TR, George MS, Charney DS, Brannan SK. VNS therapy in treatment-resistant depression: clinical evidence and putative neurobiological mechanisms. *Neuropsychopharmacology.* 2006 Jul;31(7):1345–55.
3326. Németh A, Orgovan N, Sódar BW, Osteikoetxea X, Pálóczi K, Szabó-Taylor KE, Vukman KV, Kittel Á, Turiák L, Wiener Z, Tóth S, Drahos L, Vékey K, Horvath R, Buzás EI. Antibiotic-induced release of small extracellular vesicles (exosomes) with surface-associated DNA. *Sci Rep.* 2017 Aug 15;7(1):8202.
3327. Nencioviči L, Allaire-Duquette G, Masson S. Brain activations associated with scientific reasoning: a literature review. *Cogn Process.* 2019;20(2):139–61.
3328. Neo P, Carter D, Zheng Y, Smith P, Darlington C, Mcnaughton N. Septal elicitation of hippocampal theta rhythm did not repair cognitive and emotional deficits resulting from vestibular lesions. *Hippocampus.* 2012;22(5):1176–87.
3329. Neto LL, Oliveira E, Correia F, Ferreira AG. The human nucleus accumbens: where is it? A stereotactic, anatomical and magnetic resonance imaging study. *Neuro-modulation.* 2008 Jan;11(1):13–22.
3330. Neves G, Cooke SF, Bliss TVP. Synaptic plasticity, memory and the hippocampus: a neural network approach to causality. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(1):65–75.
3331. New PW, Currie KE. Development of a comprehensive survey of sexuality issues including a self-report version of the International Spinal Cord Injury sexual function basic data sets. *Spinal Cord.* 2016;54(8):584–91.
3332. Newberg AB, Iversen J. The neural basis of the complex mental task of meditation: neurotransmitter and neurochemical considerations. *Med Hypotheses.* 2003;61(2):282–91.
3333. Newman DB, Ginsberg CY. Brainstem reticular nuclei that project to the cerebellum in rats a retrograde tracer study. *Brain Behav Evol.* 1992;39(1):24–38.
3334. Newman EL, Climer JR, Hasselmo ME. Grid cell spatial tuning reduced following systemic muscarinic receptor blockade. *Hippocampus.* 2014 Jun;24(6):643–55.
3335. Newton BW, Hamill RW. The morphology and distribution of rat serotonergic intraspinal neurons: an immunohistochemical study. *Brain Res Bull.* 1988;20(3):349–60.
3336. Ng CK, Kim HL, Gavande N, Yamamoto I, Kumar RJ, Mewett KN, Johnston GA, Hanrahan JR, Chebib M. Medicinal chemistry of p GABAC receptors. *Future Med Chem.* 2011 Feb;3(2):197–209.
3337. Ng MTL, Stammers AT, Kwon BK. Vascular disruption and the role of angiogenic proteins after spinal cord injury. *Transl Stroke Res.* 2011;2(4):474–91.
3338. Ng SK, Urquhart DM, Fitzgerald PB, Cicuttini FM, Hussain SM, Fitzgibbon BM. The relationship between structural and functional brain changes and altered emotion and cognition in chronic low back pain brain changes: a systematic review of MRI and fMRI Studies. *Clin J Pain.* 2018 Mar;34(3):237–61.
3339. Ng YS, Rohan R, Sunday ME, Demello DE, D'Amore PA. Differential expression of VEGF isoforms in mouse during development and in the adult. *Dev Dyn.* 2001 Feb;220(2):112–21.
3340. Ngun TC, Vilain E. The biological basis of human sexual orientation: is there a role for epigenetics? *Adv Genet.* 2014;86:167–84.
3341. Nguyen Chi V, Müller C, Wolfenstetter T, Yanovsky Y, Draguhn A, Tort AB, Brankač J. Hippocampal respiration-driven rhythm distinct from theta oscillations in awake mice. *J Neurosci.* 2016 Jan 6;36(1):162–77.
3342. Nguyen TT, Kosciok T, Eyler LT, Knight R, Jeste DV. Overview and systematic review of studies of microbiome in schizophrenia and bipolar disorder. *J Psychiatr Res.* 2018 Apr;99:50–61.
3343. Ngwenya LB, Danzer SC. Impact of traumatic brain injury on neurogenesis. *Front Neurosci.* 2019 Jan 9;12:1014.
3344. Ni RJ, Luo PH, Shu YM, Chen JT, Zhou JN. Whole-brain mapping of afferent projections to the bed nucleus of the stria terminalis in tree shrews. *Neuroscience.* 2016 Oct 1;333:162–80.
3345. Nichols NL, Hartzler LK, Conrad SC, Dean JB, Putnam RW. Intrinsic chemosensitivity of individual nucleus tractus solitarius (NTS) and locus coeruleus (LC) neurons from neonatal rats. *Adv Exp Med Biol.* 2008;605:348–52.
3346. Nicholson C, Hrabětová S. Brain extracellular space: the final frontier of neuroscience. *Biophys J.* 2017;113(10):2133–42.
3347. Nicholson C, Kamali-Zare P, Tao L. Brain extracellular space as a diffusion barrier. *Comput Vis Sci.* 2011;14(7):309–25.
3348. Nicholson C. Signals that go with the flow. *Trends Neurosci.* 1999;22(4):143–5.
3349. Nickolls P, Collins DF, Gorman RB, Burke D, Gandevia SC. Forces consistent with plateau-like behaviour of spinal neurons evoked in patients with spinal cord injuries. *Brain.* 2004;127(3):660–70.
3350. Nicolini P, Ciulla MM, Malfatto G, Abbate C, Mari D, Rossi PD, Pettenuzzo E, Magrini F, Consonni D, Lombardi F. Autonomic dysfunction in mild cognitive impairment: evidence from power spectral analysis of heart rate variability in a cross-sectional case-control study. *PLoS One.* 2014 May 6;9(5):e96656.
3351. Niedermeyer E. Hippocampic theta rhythm. *Clin EEG Neurosci.* 2008;39(4):191–3.
3352. Nielsen JB, Crone C, Hultborn H. The spinal pathophysiology of spasticity — from a basic science point of view. *Acta Physiol.* 2007;189(2):171–80.
3353. Nielsen JS, Dyrby TB, Lundell H. Magnetic resonance temporal diffusion tensor spectroscopy of disordered anisotropic tissue. *Sci Rep.* 2018 Feb 13;8(1):2930.
3354. Nielson JL, Sears-Kraxberger I, Strong MK, Wong JK, Willenberg R, Steward O. Unexpected survival of neurons of origin of the pyramidal tract after spinal cord injury. *J Neurosci.* 2010;30(34):11516–28.
3355. Nielson JL, Strong MK, Steward O. A reassessment of whether cortical motor neurons die following spinal cord injury. *J Comp Neurol.* 2011 Oct 1;519(14):2852–69.
3356. Nieto-Bona MP, García-Segura LM, Torres-Alemán I. Transsynaptic modulation by insulin-like growth factor I of dendritic spines in Purkinje cells. *Int J Dev Neurosci.* 1997 Oct;15(6):749–54.



3357. Nieuwenhuys R. The insular cortex: a review. *Prog Brain Res.* 2012;195:123–63.
3358. Nikitina V, Astrelina T, Nugis V, Ostashkin A, Karaseva T, Dobrovolskaya E, Usupzhanova D, Suchkova Y, Lomonosova E, Rodin S, Brunchukov V, Lauk-Dubitskiy S, Brumberg V, Machova A, Kobzeva I, Bushmanov A, Samoilov A. Clonal chromosomal and genomic instability during human multipotent mesenchymal stromal cells long-term culture. *PLoS One.* 2018 Feb 12;13(2):e0192445.
3359. Nikolaev YA, Dosen PJ, Laver DR, Van Helden DF, Hamill OP. Single mechanically-gated cation channel currents can trigger action potentials in neocortical and hippocampal pyramidal neurons. *Brain Res.* 2015;1608:1–13.
3360. Nilssen ES, Doan TP, Nigro MJ, Ohara S, Witter MP. Neurons and networks in the entorhinal cortex: a reappraisal of the lateral and medial entorhinal subdivisions mediating parallel cortical pathways. *Hippocampus.* 2019 Dec 13;29(12):1238–54.
3361. Nilssen ES, Jacobsen B, Bjeld G, Nair RR, Blankvoort S, Kentros C, Witter MP. Inhibitory connectivity dominates the fan cell network in layer II of lateral entorhinal cortex. *J Neurosci.* 2018 Nov 7;38(45):9712–27.
3362. Nilsson C, Ståhlberg F, Thomsen C, Henriksen O, Herning M, Owman C. Circadian variation in human cerebrospinal fluid production measured by magnetic resonance imaging. *Am J Physiol.* 1992 Jan;262(1 Pt 2):R20–4.
3363. Nimchinsky EA, Gilissen E, Allman JM, Perl DP, Erwin JM, Hof PR. A neuronal morphologic type unique to humans and great apes. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1999 Apr 27;96(9):5268–73.
3364. Nimchinsky EA, Vogt BA, Morrison JH, Hof PR. Spindle neurons of the human anterior cingulate cortex. *J Comp Neurol.* 1995 Apr 24;355(1):27–37.
3365. Ninaus M, Kober SE, Witte M, Koschutnik K, Stangl M, Neuper C, Wood G. Neural substrates of cognitive control under the belief of getting neurofeedback training. *Front Hum Neurosci.* 2013 Dec 26;7:914.
3366. Nirgudkar P, Taylor DH, Yanagawa Y, Valenzuela CF. Ethanol exposure during development reduces GABAergic/glycinergic neuron numbers and lobule volumes in the mouse cerebellar vermis. *Neurosci Lett.* 2016;632:86–91.
3367. Nishimura Y, Isa T. Cortical and subcortical compensatory mechanisms after spinal cord injury in monkeys. *Exp Neurol.* 2012;235(1):152–61.
3368. Nishino S, Mignot E. Pharmacological aspects of human and canine narcolepsy. *Prog Neurobiol.* 1997;52(1):27–78.
3369. Nisimaru N, Mittal C, Shirai Y, Sooksawate T, Anandaraj P, Hashikawa T, Nagao S, Arata A, Sakurai T, Yamamoto M, Ito M. Orexin-neuromodulated cerebellar circuit controls redistribution of arterial blood flows for defense behavior in rabbits. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013 Aug 27;110(35):14124–31.
3370. Nisimaru N. Cardiovascular modules in the cerebellum. *Jpn J Physiol.* 2004;54(5):431–48.
3371. Nissilä J, Mänttari S, Särkiöja T, Tuominen H, Takala T, Timonen M, Saarela S. Enkephalopsin (OPN3) protein abundance in the adult mouse brain. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol.* 2012 Nov;198(11):833–9.
3372. Niswender CM, Copeland SC, Herrick-Davis K, Emeson RB, Sanders-Bush E. RNA editing of the human serotonin 5-hydroxytryptamine 2C receptor silences constitutive activity. *J Biol Chem.* 1999;274(14):9472–8.
3373. Nitz D, Siegel J. GABA release in the dorsal raphe nucleus: role in the control of REM sleep. *Am J Physiol.* 1997 a;273(1 Pt 2):R451–5.
3374. Nitz D, Siegel JM. GABA release in the locus coeruleus as a function of sleep/wake state. *Neuroscience.* 1997 b;78(3):795–801.
3375. Noctor SC, Flint AC, Weissman TA, Dammerman RS, Kriegstein AR. Neurons derived from radial glial cells establish radial units in neocortex. *Nature.* 2001;409(6821):714–20.
3376. Noguchi Y, Oizumi R. Electric stimulation of the right temporo-parietal junction induces a task-specific effect in deceptive behaviors. *Neurosci Res.* 2018;128:33–9.
3377. Nogueira AB, Nogueira AB, Veiga JCE, Teixeira MJ. Letter: Human hippocampal neurogenesis drops sharply in children to undetectable levels in adults. *Neurosurgery.* 2018 Sep 1;83(3):E133–E137.
3378. Noiseux N, Gnechhi M, Lopez-Illasaca M, Zhang L, Solomon SD, Deb A, Dzau VJ, Pratt RE. Mesenchymal stem cells overexpressing Akt dramatically repair infarcted myocardium and improve cardiac function despite infrequent cellular fusion or differentiation. *Mol Ther.* 2006 Dec;14(6):840–50.
3379. Nolan CR, Wyeth G, Milford M, Wiles J. The race to learn: spike timing and STDP can coordinate learning and recall in CA3. *Hippocampus.* 2011;21(6):647–60.
3380. Normandin JJ, Murphy AZ. Nucleus paragigantocellularis afferents in male and female rats: organization, gonadal steroid receptor expression, and activation during sexual behavior. *J Comp Neurol.* 2008;508(5):771–94.
3381. Northoff G, Bermpohl F. Cortical midline structures and the self. *Trends Cogn Sci.* 2004;8(3):102–7.
3382. Northoff G, Heinzel A, de Greck M, Bermpohl F, Dobrowolny H, Panksepp J. Self-referential processing in our brain — a meta-analysis of imaging studies on the self. *Neuroimage.* 2006 May 15;31(1):440–57.
3383. Nosedá R, Borsook D, Burstein R. Neuropeptides and neurotransmitters that modulate thalamo-cortical pathways relevant to migraine headache. *Headache.* 2017;57:97–111.
3384. Nota NM, Burke SM, den Heijer M, Soleman RS, Lambalk CB, Cohen-Kettenis PT, Veltman DJ, Kreukels BP. Brain sexual differentiation and effects of cross-sex hormone therapy in transpeople: a resting-state functional magnetic resonance study. *Neurophysiol Clin.* 2017 Dec;47(5–6):361–70.
3385. Nothacker HP, Clark S. From heart to mind: the urotensin II system and its evolving neurophysiological role. *FEBS J.* 2005;272(22):5694–702.
3386. Nour MM, Dahoun T, Schwartzbeck P, Adams RA, FitzGerald THB, Coelho C, Wall MB, Dolan RJ, Howes OD. Dopaminergic basis for signaling belief updates, but not surprise, and the link to paranoia. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018 Oct 23;115(43):E10167–E10176.
3387. Nout YS, Ferguson AR, Strand SC, Moseanko R, Hawbecker S, Zdonowski S, Nielson JL, Roy RR, Zhong H, Rosenzweig ES, Brock JH, Courtine G, Edgerton VR, Tuszynski MH, Beattie MS, Bresnahan JC. Methods for functional assessment after C7 spinal cord hemisection in the rhesus monkey. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012 Jul-Aug;26(6):556–69.
3388. Nozaki K, Kubo R, Furukawa Y. Serotonin modulates the excitatory synaptic transmission in the dentate granule cells. *J Neurophysiol.* 2016;115(6):2997–3007.
3389. Nozaradan S, Keller PE, Rossion B, Mouraux A. EEG frequency-tagging and input-output comparison in rhythm perception. *Brain Topogr.* 2018;31(2):153–60.
3390. Nozaradan S. Exploring how musical rhythm entrains brain activity with electroencephalogram frequency-tagging. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2014 Dec 19;369(1658):20130393.
3391. Ntranos A, Casaccia P. The microbiome-gut-behavior axis: crosstalk between the gut microbiome and oligodendrocytes modulates behavioral responses. *Neurotherapeutics.* 2018;15(1):31–5.
3392. Nugent AC, Bain EE, Thayer JF, Sollers JJ, Drevets WC. Sex differences in the neural correlates of autonomic arousal: a pilot PET study. *Int J Psychophysiol.* 2011 Jun;80(3):182–91.
3393. Nuñez JM, Casey BJ, Egner T, Hare T, Hirsch J. Intentional false responding shares neural substrates with response conflict and cognitive control. *Neuroimage.* 2005;25(1):267–77.
3394. Nunzi MG, Mugnaini E. Aspects of the neuroendocrine cerebellum: expression of secretogranin II, chromogranin A and chromogranin B in mouse cerebellar unipolar brush cells. *Neuroscience.* 2009;162(3):673–87.
3395. Nussenzweig HM. Are cell membrane nanotubes the ancestors of the nervous system? *Eur Biophys J.* 2019 Oct;48(7):593–8.
3396. Nybo L, Secher NH, Nielsen B. Inadequate heat release from the human brain during prolonged exercise with hyperthermia. *J Physiol.* 2002;545(2):697–704.
3397. Nybo L, Secher NH. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Prog Neurobiol.* 2004;72(4):223–61.
3398. Nygren LG, Olson L. A new major projection from locus coeruleus: the main source of noradrenergic nerve terminals in the ventral and dorsal columns of the spinal cord. *Brain Res.* 1977;132(1):85–93.
3399. Nyíri G, Stephenson FA, Freund TF, Somogyi P. Large variability in synaptic N-methyl-D-aspartate receptor density on interneurons and a comparison with pyramidal-cell spines in the rat hippocampus. *Neuroscience.* 2003;119(2):347–63.
3400. Oakman SA, Faris PL, Kerr PE, Cozzari C, Hartman BK. Distribution of pontomesencephalic cholinergic neurons projecting to substantia nigra differs significantly from those projecting to ventral tegmental area. *J Neurosci.* 1995;15(9):5859–69.
3401. Obermayer J, Verhoog MB, Luchicchi A, Mansvelder HD. Cholinergic modulation of cortical microcircuits is layer-specific: evidence from rodent, monkey and human brain. *Front Neural Circuits.* 2017 Dec 8;11:100.
3402. Obner K, Alvarez-Buylla A. Neural stem cells: origin, heterogeneity and regulation in the adult mammalian brain. *Development.* 2019 Feb 18;146(4):dev156059.
3403. Obladen M. Animation: a history of ideas on the beginning of personhood. *J Perinat Med.* 2018;46(4):355–64.
3404. Ocko SA, Hardcastle K, Giocomo LM, Ganguli S. Emergent elasticity in the neural code for space. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115(50):E11798–E11806.
3405. Odding E, Roebroek ME, Stam HJ. The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disabil Rehabil.* 2006;28(4):183–91.

- 3406.** O'Dell TJ, Connor SA, Guglietta R, Nguyen PV.  $\beta$ -Adrenergic receptor signaling and modulation of long-term potentiation in the mammalian hippocampus. *Learn Mem.* 2015 Aug 18;22(9):461–71.
- 3407.** Odoardi F, Sie C, Streyl K, Ulaganathan VK, Schläger C, Lodygin D, Heckelsmiller K, Nietfeld W, Ellwart J, Klinkert WE, Lottaz C, Nosov M, Brinkmann V, Spang R, Lehrach H, Vingron M, Wekerle H, Flügel-Koch C, Flügel A. T cells become licensed in the lung to enter the central nervous system. *Nature.* 2012 Aug 30;488(7413):675–9.
- 3408.** O'Donnell J, Zeppenfeld D, McConnell E, Pena S, Nedergaard M. Norepinephrine: a neuromodulator that boosts the function of multiple cell types to optimize CNS performance. *Neurochem Res.* 2012 Nov 21;37(11):2496–512.
- 3409.** Oetli LL, Ravi N, Schneider M, Scheller MF, Schneider P, Mitre M, da Silva Gouveia M, Froemke RC, Chao MV, Young WS, Meyer-Lindenberg A, Grinevich V, Shusterman R, Kelsch W. Oxytocin enhances social recognition by modulating cortical control of early olfactory processing. *Neuron.* 2016 May 4;90(3):609–21.
- 3410.** Ogino Y, Vascak M, Povlishock JT. Intensity specific repetitive mild traumatic brain injury evokes an exacerbated burden of neocortical axonal injury. *J Neuro-pathol Exp Neurol.* 2018;77(9):782–92.
- 3411.** Ogoh S, Fadel PJ, Zhang R, Selmer C, Jans  $\emptyset$ , Secher NH, Raven PB. Middle cerebral artery flow velocity and pulse pressure during dynamic exercise in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005 Apr;288(4):H1526–31.
- 3412.** Ogundele OM, Lee CC, Francis J. Thalamic dopaminergic neurons project to the paraventricular nucleus-rostral ventrolateral medulla/C1 neural circuit. *Anat Rec.* 2017;300(7):1307–14.
- 3413.** Ohara S, Onodera M, Simonsen  $\emptyset$ W, Yoshino R, Hioki H, Iijima T, Tsutsui KI, Witter MP. Intrinsic projections of layer Vb neurons to layers Va, III, and II in the lateral and medial entorhinal cortex of the rat. *Cell Rep.* 2018 Jul 3;24(1):107–16.
- 3414.** O'Herron P, Chhatbar PY, Levy M, Shen Z, Schramm AE, Lu Z, Kara P. Neural correlates of single-vessel haemodynamic responses in vivo. *Nature.* 2016 Jun 16;534(7607):378–82.
- 3415.** Ohmae S, Kunimatsu J, Tanaka M. Cerebellar roles in self-timing for sub- and supra-second intervals. *J Neurosci.* 2017;37(13):3511–22.
- 3416.** Ohno M, Cooke JP, Dzau VJ, Gibbons GH. Fluid shear stress induces endothelial transforming growth factor beta-1 transcription and production. Modulation by potassium channel blockade. *J Clin Invest.* 1995 Mar;95(3):1363–9.
- 3417.** Ohtake T. Ascending projections from the gigantocellular reticular and dorsal paragigantocellular nuclei of the medulla oblongata in the rat: an anterograde PHA-L tracing study. *Neurosci Res.* 1992;14(2):96–116.
- 3418.** Ohura S, Kamiya H. Short-term depression of axonal spikes at the mouse hippocampal mossy fibers and sodium channel-dependent modulation. *eNeuro.* 2018 Feb 20;5(1):ENEURO.0415-17.2018.
- 3419.** Oi S, Sato O, Matsumoto S. Neurological and medico-social problems of spina bifida patients in adolescence and adulthood. *Childs Nerv Syst.* 1996 Apr;12(4):181–7.
- 3420.** Oi S, Shimoda M, Shibata M, Honda Y, Togo K, Shinoda M, Tsugane R, Sato O. Pathophysiology of long-standing overt ventriculomegaly in adults. *J Neurosurg.* 2000 Jun;92(6):933–40.
- 3421.** Oishi Y, Xu Q, Wang L, Zhang BJ, Takahashi K, Takata Y, Luo YJ, Cherasse Y, Schiffmann SN, de Kerchove d'Exaerde A, Urade Y, Qu WM, Huang ZL, Lazarus M. Slow-wave sleep is controlled by a subset of nucleus accumbens core neurons in mice. *Nat Commun.* 2017 Sep 29;8(1):734.
- 3422.** Okada K, Kobayashi Y. Fixational saccade-related activity of pedunculopontine tegmental nucleus neurons in behaving monkeys. *Eur J Neurosci.* 2014 Aug;40(4):2641–51.
- 3423.** Okamoto Y, Yamamoto T, Kalaria RN, Senzaki H, Maki T, Hase Y, Kitamura A, Washida K, Yamada M, Ito H, Tomimoto H, Takahashi R, Ihara M. Cerebral hypoperfusion accelerates cerebral amyloid angiopathy and promotes cortical microinfarcts. *Acta Neuropathol.* 2012 Mar;123(3):381–94.
- 3424.** O'Keefe J, Burgess N, Donnett JG, Jeffery KJ, Maguire EA. Place cells, navigational accuracy, and the human hippocampus. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1998 Aug 29;353(1373):1333–40.
- 3425.** O'Keefe J, Burgess N. Dual phase and rate coding in hippocampal place cells: theoretical significance and relationship to entorhinal grid cells. *Hippocampus.* 2005;15(7):853–66.
- 3426.** O'Keefe J, Dostrovsky J. The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Res.* 1971 Nov;34(1):171–5.
- 3427.** Oku Y, Fresemann J, Miwakeichi F, Hülsmann S. Respiratory calcium fluctuations in low-frequency oscillating astrocytes in the pre-Bötzing complex. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;226:11–7.
- 3428.** Okuyama T, Kitamura T, Roy DS, Itohara S, Tonegawa S. Ventral CA1 neurons store social memory. *Science.* 2016 Sep 30;353(6307):1536–41.
- 3429.** O'Leary DD, Chou SJ, Sahara S. Area patterning of the mammalian cortex. *Neuron.* 2007 Oct 25;56(2):252–69.
- 3430.** O'Leary OF, Cryan JF. A ventral view on antidepressant action: roles for adult hippocampal neurogenesis along the dorsoventral axis. *Trends Pharmacol Sci.* 2014;35(12):675–87.
- 3431.** O'Leary OF, Ogbonnaya ES, Felice D, Levone BR, Conroy L, Fitzgerald P, Bravo JA, Forsythe P, Bienenstock J, Dinan TG, Cryan JF. The vagus nerve modulates BDNF expression and neurogenesis in the hippocampus. *Eur Neuropsychopharmacol.* 2018 Feb;28(2):307–16.
- 3432.** Olinski LE, Tsuda AC, Kauer JA, Oancea E. Endogenous opsin 3 (OPN3) protein expression in the adult brain using a novel OPN3-mCherry knock-in mouse model. *eNeuro.* 2020 Sep 3;7(5):ENEURO.0107-20.2020.
- 3433.** Oliva I, Wanat MJ. Ventral tegmental area afferents and drug-dependent behaviors. *Front Psychiatry.* 2016 Mar 7;7:30.
- 3434.** Oliveri RS, Bello S, Biering-Sørensen F. Mesenchymal stem cells improve locomotor recovery in traumatic spinal cord injury: systematic review with meta-analysis of rat models. *Neurobiol Dis.* 2014;62:338–53.
- 3435.** Olkowitz S, Kocourek M, Lučan RK, Porteš M, Fitch WT, Herculano-Houzel S, Némec P. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016 Jun 28;113(26):7255–60.
- 3436.** Olsson R. Structure and development of Reissner's fibre in the caudal end of Amphioxus and some lower vertebrates. *Acta Zool.* 1955 Jun;36(2):167–98.
- 3437.** Olsson R. Studies on the subcommissural organ. *Acta Zool.* 1958 Jun;39(1):71–102.
- 3438.** Olstad EW, Ringers C, Hansen JN, Wens A, Brandt C, Wachten D, Yaksi E, Jurisch-Yaksi N. Ciliary beating compartmentalizes cerebrospinal fluid flow in the brain and regulates ventricular development. *Curr Biol.* 2019 Jan 21;29(2):229–241.e6.
- 3439.** Olucha-Bordonau FE, Teruel V, Barcia-González J, Ruiz-Torner A, Valverde-Navarro AA, Martínez-Soriano F. Cytoarchitecture and efferent projections of the nucleus incertus of the rat. *J Comp Neurol.* 2003;464(1):62–97.
- 3440.** Olude MA, Mustapha OA, Ogunbunmi TK, Olopade JO. The vertebral column, ribs, and sternum of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse). *Scientific World Journal.* 2013 Oct 28;2013:973537.
- 3441.** O'Malley AM, Shanley DK, Kelly AT, Barry DS. Towards an understanding of semaphorin signalling in the spinal cord. *Gene.* 2014;553(2):69–74.
- 3442.** O'Mara SM, Aggleton JP. Space and memory (far) beyond the hippocampus: many subcortical structures also support cognitive mapping and mnemonic processing. *Front Neural Circuits.* 2019 Aug 7;13:52.
- 3443.** Omer DB, Maimon SR, Las L, Ulanovsky N. Social place-cells in the bat hippocampus. *Science.* 2018 Jan 12;359(6372):218–24.
- 3444.** Omigie D. Basic, specific, mechanistic? Conceptualizing musical emotions in the brain. *J Comp Neurol.* 2016;524(8):1676–86.
- 3445.** Ong JJ, Chen M, Tabrizi SN, Cornell A, Garland SM, Jin F, Tee BK, Eu B, Fairley CK. Anal HPV detection in men who have sex with men living with HIV who report no recent anal sexual behaviours: baseline analysis of the Anal Cancer Examination (ACE) study. *Sex Transm Infect.* 2016 Aug;92(5):368–70.
- 3446.** Onifer SM, Rabchevsky AG, Scheff SW. Rat models of traumatic spinal cord injury to assess motor recovery. *ILAR J.* 2007 Jan 1;48(4):385–95.
- 3447.** Opendak M, Briones BA, Gould E. Social behavior, hormones and adult neurogenesis. *Front Neuroendocrinol.* 2016 Apr;41:71–86.
- 3448.** Oppenheim RW. Adult hippocampal neurogenesis in mammals (and humans): the death of a central dogma in neuroscience and its replacement by a new dogma. *Dev Neurobiol.* 2019;79(3):268–80.
- 3449.** Oppenheimer S, Cecchetto D. The insular cortex and the regulation of cardiac function. *Compr Physiol.* 2016;6(2):1081–133.
- 3450.** Opris I, Chang S, Noga BR. What is the evidence for inter-laminar integration in a prefrontal cortical minicolumn? *Front Neuroanat.* 2017 Dec 14;11:116.
- 3451.** Oprisan SA, Aft T, Buhusi M, Buhusi CV. Scalar timing in memory: a temporal map in the hippocampus. *J Theor Biol.* 2018 a
- 3452.** ;438:133–42.
- 3453.** Oprisan SA, Buhusi M, Buhusi CV. A population-based model of the temporal memory in the hippocampus. *Front Neurosci.* 2018 b;12:521.
- 3454.** Opstad TB, Kalstad AA, Pettersen AA, Arnesen H, Seljeflot I. Novel biomolecules of ageing, sex differences and potential underlying mechanisms of telomere shortening in coronary artery disease. *Exp Gerontol.* 2019 May;119:53–60.

3455. O'Quinn MP, Dormer KJ, Huizar JF, Nguyen KT, Kaszala K, Sima A, Ellenbogen KA, Tan AY. Epicardial injection of nanoformulated calcium into cardiac ganglionic plexi suppresses autonomic nerve activity and postoperative atrial fibrillation. *2019 Apr*;16(4):597–605.
3456. O'Rahilly R, Müller F. The meninges in human development. *J Neuropathol Exp Neurol.* 1986 Sep;45(5):588–608.
3457. O'Rourke NA, Weiler NC, Micheva KD, Smith SJ. Deep molecular diversity of mammalian synapses: why it matters and how to measure it. *Nat Rev Neurosci.* 2012 May 10;13(6):365–79.
3458. Ordikhani F, Sheth S, Zustiak SP. Polymeric particle-mediated molecular therapies to treat spinal cord injury. *Int J Pharm.* 2017;516(1–2):71–81.
3459. O'Reilly K, Wilson N, Peters K. Narrative literature review: health, activity and participation issues for women following traumatic brain injury. *Disabil Rehabil.* 2018;40(19):2331–42.
3460. Orer HS, Gebber GL, Barman SM. Medullary lateral tegmental field neurons influence the timing and pattern of phrenic nerve activity in cats. *J Appl Physiol.* 2006;101(2):521–30.
3461. Orešković D, Klarica M. A new look at cerebrospinal fluid movement. *Fluids Barriers CNS.* 2014 Jul 27;11:16.
3462. Orešković D, Klarica M. Development of hydrocephalus and classical hypothesis of cerebrospinal fluid hydrodynamics: facts and illusions. *Prog Neurobiol.* 2011;94(3):238–58.
3463. Orešković D, Radoš M, Klarica M. Cerebrospinal fluid secretion by the choroid plexus? *Physiol Rev.* 2016;96(4):1661–2.
3464. Orešković D, Radoš M, Klarica M. New concepts of cerebrospinal fluid physiology and development of hydrocephalus. *Pediatr Neurol.* 2017 a;52(6):417–25.
3465. Orešković D, Radoš M, Klarica M. Role of choroid plexus in cerebrospinal fluid hydrodynamics. *Neuroscience.* 2017 b;354:69–87.
3466. Örnung G, Ottersen OP, Cullheim S, Ulfhake B. Distribution of glutamate-, glycine- and GABA-immunoreactive nerve terminals on dendrites in the cat spinal motor nucleus. *Exp Brain Res.* 1998;118(4):517–32.
3467. Orr J, Tobin K, Carey D, Kenny RA, McGarrigle C. Religious attendance, religious importance, and the pathways to depressive symptoms in men and women aged 50 and over living in Ireland. *Res Aging.* 2019;41(9):891–911.
3468. Ortega F, Costa MR, Simon-Ebert T, Schroeder T, Götz M, Berninger B. Using an adherent cell culture of the mouse subependymal zone to study the behavior of adult neural stem cells on a single-cell level. *Nat Protoc.* 2011 Nov 3;6(12):1847–59.
3469. Ortega MT, Bivens NJ, Jogahara T, Kuroiwa A, Givan SA, Rosenfeld CS. Sexual dimorphism in brain transcriptomes of Amami spiny rats (*Tokudaia osimensis*): a rodent species where males lack the Y chromosome. *BMC Genomics.* 2019 Jan 25;20(1):87.
3470. Ortega-Martínez M, Rodríguez-Flores LE, de-la-Garza-González C, Ancer-Rodríguez J, Jaramillo-Rangel G. Detection of a novel stem cell probably involved in normal turnover of the lung airway epithelium. *J Cell Mol Med.* 2015;19(11):2679–81.
3471. Ortega-Sáenz P, Villadiego J, Pardal R, Toledo-Aral JJ, López-Barneo J. Neurotrophic properties, chemosensory responses and neurogenic niche of the human carotid body. *Adv Exp Med Biol.* 2015;860:139–52.
3472. Ortlhoff AR, Vio K, Guerra M, Jaramillo K, Kaehne T, Jones H, McAllister JP 2nd, Rodríguez E. Role of the sub commissural organ in the pathogenesis of congenital hydrocephalus in the HTX rat. *Cell Tissue Res.* 2013 Jun;352(3):707–25.
3473. Orts-Del'Immagine A, Kastner A, Tillement V, Tardivel C, Trouslard J, Wanaverbecq N. Morphology, distribution and phenotype of polycystin kidney disease 2-like 1-positive cerebrospinal fluid contacting neurons in the brainstem of adult mice. *PLoS One.* 2014 Feb 4;9(2):e87748.
3474. Orts-Del'Immagine A, Seddik R, Tell F, Airault C, Er-Raoui G, Najimi M, Trouslard J, Wanaverbecq N. A single polycystic kidney disease 2-like 1 channel opening acts as a spike generator in cerebrospinal fluid-contacting neurons of adult mouse brainstem. *Neuropharmacology.* 2016 Feb;101:549–65.
3475. Orzel-Gryglewska J, Matulewicz P, Jurkowlaniec E. Brainstem system of hippocampal theta induction: the role of the ventral tegmental area. *Synapse.* 2015;69(11):553–75.
3476. Oshiro M, Hefferan MP, Kakinohana O, Lukacova N, Sugahara K, Yaksh TL, Marsala M. Suppression of stretch reflex activity after spinal or systemic treatment with AMPA receptor antagonist NGX424 in rats with developed baclofen tolerance. *Br J Pharmacol.* 2010 Nov;161(5):976–85.
3477. Osoegawa C, Gomes JS, Grigolon RB, Brietzke E, Gadelha A, Lacerda ALT, Dias AM, Cordeiro Q, Laranjeira R, de Jesus D, Daskalakis ZJ, Brunelin J, Cordes J, Trevizol AP. Non-invasive brain stimulation for negative symptoms in schizophrenia: An updated systematic review and meta-analysis. *Schizophr Res.* 2018 Jul;197:34–44.
3478. Osorio C, Kanukuntla T, Diaz E, Jafri N, Cummings M, Sfera A. The post-amyloid era in Alzheimer's disease: trust your gut feeling. *Front Aging Neurosci.* 2019 Jun 26;11:143.
3479. Ota Y, Zanetti AT, Hallock RM. The role of astrocytes in the regulation of synaptic plasticity and memory formation. *Neural Plast.* 2013;2013:185463.
3480. Otake K, Nakamura Y, Tanaka I, Ezure K. Morphology of pulmonary rapidly adapting receptor relay neurons in the rat. *J Comp Neurol.* 2001;430(4):458–70.
3481. Otake T, Kuroiwa A. Molecular mechanism of male differentiation is conserved in the SRY-absent mammal, *Tokudaia osimensis*. *Sci Rep.* 2016 Sep 9;6:32874.
3482. Oteir AO, Smith K, Stoelwinder JU, Cox S, Middleton JW, Jennings PA. The epidemiology of pre-hospital potential spinal cord injuries in Victoria, Australia: a six year retrospective cohort study. *Inj Epidemiol.* 2016 Dec;3(1):25.
3483. Ott K, Tarlov E, Crowell R, Papadakis N. Retained intracranial metallic foreign bodies. Report of two cases. *J Neurosurg.* 1976;44(1):80–3.
3484. Oudega M, Perez MA. Corticospinal reorganization after spinal cord injury. *J Physiol.* 2012;590(16):3647–63.
3485. Overbeek TJ, van Boxtel A, Westerink JH. Respiratory sinus arrhythmia responses to cognitive tasks: effects of task factors and RSA indices. *Biol Psychol.* 2014 May;99:1–14.
3486. Overgaard K, Nielsen OB, Flatman JA, Clausen T. Relations between excitability and contractility in rat soleus muscle: role of the Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> gradients. *J Physiol.* 1999 Jul 1;518(Pt 1):215–25.
3487. Owen AD, Hayward RD, Koenig HG, Steffens DC, Payne ME. Religious factors and hippocampal atrophy in late life. *PLoS One.* 2011 Mar 30;6(3):e17006.
3488. Owen AM, Coleman MR. Detecting awareness in the vegetative state. *Ann N Y Acad Sci.* 2008;1129:130–8.
3489. Owen M, Guta MP. Physically sufficient neural mechanisms of consciousness. *Front Syst Neurosci.* 2019 Jul 4;13:24.
3490. Owens AP, Allen M, Ondobaka S, Friston KJ. Interoceptive inference: from computational neuroscience to clinic. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018 Jul;90:174–83.
3491. Owens AP, Friston KJ, Low DA, Mathias CJ, Critchley HD. Investigating the relationship between cardiac interoception and autonomic cardiac control using a predictive coding framework. *Auton Neurosci.* 2018 Mar;210:65–71.
3492. Özkan ZE. Macro-anatomical investigations on the skeletons of mole-rat (*Spalax leucodon Nordmann*) III. *Skeleton axiale. Vet. arhiv.* 2007;77:281–9.
3493. Ozturk S, Yalta K, Yetkin E. Golden ratio: a subtle regulator in our body and cardiovascular system? *Int J Cardiol.* 2016;223:143–5.
3494. Pace S, Sautebin L, Werz O. Sex-biased eicosanoid biology: Impact for sex differences in inflammation and consequences for pharmacotherapy. *Biochem Pharmacol.* 2017 Dec 1;145:1–11.
3495. Pace-Schott EF, Hobson JA. The neurobiology of sleep: genetics, cellular physiology and subcortical networks. *Nat Rev Neurosci.* 2002;3(8):591–605.
3496. Pacheco N, Mollaveya S, Jacob B, Colantonio A, Mollaveya T. Interventions and cognitive functioning in adults with traumatic spinal cord injuries: a systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil.* 2019 Jul 27:1–17.
3497. Pacheco-López G, Doenlen R, Krügel U, Arnold M, Wirth T, Riether C, Engler A, Niemi MB, Christians U, Engler H, Schedlowski M. Neurobehavioural activation during peripheral immunosuppression. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2013 Feb;16(1):137–49.
3498. Pacini S, Petrini I. Are MSCs angiogenic cells? New insights on human nestin-positive bone marrow-derived multipotent cells. *Front Cell Dev Biol.* 2014 May 20;2:20.
3499. Paczkowska E, Rogińska D, Pius-Sadowska E, Jurewicz A, Piecyk K, Safranow K, Dziedziczko V, Grzegorzówka R, Bohatyrewicz A, Machaliński B. Evidence for proangiogenic cellular and humoral systemic response in patients with acute onset of spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2015 Nov;38(6):729–44.
3500. Page RL, Peltzer JN, Burdette AM, Hill TD. Religiosity and health: a holistic biopsychosocial perspective. *J Holist Nurs.* 2020;38(1):89–101.
3501. Pajer K, Feichtinger GA, Márton G, Sabitzer S, Klein D, Redl H, Nográdi A. Cytokine signaling by grafted neuroectodermal stem cells rescues motoneurons destined to die. *Exp Neurol.* 2014 Nov;261:180–9.
3502. Pajer K, Nemes C, Berzsényi S, Kovács KA, Pirity MK, Pajenda G, Nográdi A, Dinnyés A. Grafted murine induced pluripotent stem cells prevent death of injured rat motoneurons otherwise destined to die. *Exp Neurol.* 2015 Jul;269:188–201.
3503. Pakkenberg B, Pelvig D, Marnier L, Bundgaard MJ, Gundersen HJ, Nyengaard JR, Regeur L. Aging and the human neocortex. *Exp Gerontol.* 2003 Jan-Feb;38(1–2):95–9.
3504. Pal LR, Moul J. Genetic basis of common human disease: Insight into the role of missense SNPs from genome-wide association studies. *J Mol Biol.* 2015 Jul 3;427(13):2271–89.
3505. Palacios JM, Probst A, Cortés R. Mapping receptors in the human brain. *Trends Neurosci.* 1986;9:284–9.

- 3506.** Palacios JM, Wamsley JK, Kuhar MJ. The distribution of histamine H1-receptors in the rat brain: an autoradiographic study. *Neuroscience*. 1981;6(1):15–37.
- 3507.** Palacios JM. Serotonin receptors in brain revisited. *Brain Res*. 2016;1645:46–9.
- 3508.** Palazzo E, De Novellis V, Rossi F, Maione S. Supraspinal metabotropic glutamate receptor subtype 8: a switch to turn off pain. *Amino Acids*. 2014;46(6):1441–8.
- 3509.** Palazzo E, Marabese I, Luongo L, Guida F, de Novellis V, Maione S. Nociception modulation by supraspinal group III metabotropic glutamate receptors. *J Neurochem*. 2017;141(4):507–19.
- 3510.** Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA. The Hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *J Athl Train*. 2004;39(3):268–77.
- 3511.** Pan H, Liu C, Ma X, Xu Y, Zhang M, Wang Y. Perioperative dexmedetomidine reduces delirium in elderly patients after non-cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Can J Anesth*. 2019;66(12):1489–500.
- 3512.** Panciera T, Azzolin L, Cordenonsi M, Piccolo S. Mechanobiology of YAP and TAZ in physiology and disease. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2017;18(12):758–70.
- 3513.** Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP, Wood D, Van Wijck F, Burridge J, Hermens H, Johnson GR. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. *Disabil Rehabil*. 2005 Jan 7–21;27(1–2):2–6.
- 3514.** Pandyan AD, Johnson GR, Price CIM, Curless RH, Barnes MP, Rodgers H. A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clin Rehabil*. 1999;13(5):373–83.
- 3515.** Pang CCC, Kiecker C, O'Brien JT, Noble W, Chang RCC. Ammon's horn 2 (CA2) of the hippocampus: a long-known region with a new potential role in neurodegeneration. *Neuroscientist*. 2019;25(2):167–80.
- 3516.** Pang J, Tang X, Li H, Hu Q, Cui H, Zhang L, Li W, Zhu Z, Wang J, Li C. Altered interoceptive processing in generalized anxiety disorder — a heartbeat-evoked potential research. *Front Psychiatry*. 2019 Sep 5;10:616.
- 3517.** Panossian L, Fenik P, Zhu Y, Zhan G, McBurney MW, Veasey S. SIRT1 regulation of wakefulness and senescence-like phenotype in wake neurons. *J Neurosci*. 2011;31(11):4025–36.
- 3518.** Paoletti P, Vergnani AM, Barbour B, Casado M. Zinc at glutamatergic synapses. *Neuroscience*. 2009 Jan;158(1):126–36.
- 3519.** Papadatou-Pastou M, Haliou E, Vlachos F. Brain knowledge and the prevalence of neuromyths among prospective teachers in Greece. *Front Psychol*. 2017 May 29;8:804.
- 3520.** Paquola ACM, Erwin JA, Gage FH. Insights into the role of somatic mosaicism in the brain. *Curr Opin Syst Biol*. 2017;1:90–4.
- 3521.** Pardal R, López Barneo J. Mature neurons modulate neurogenesis through chemical signals acting on neural stem cells. *Dev Growth Differ*. 2016;58(5):456–62.
- 3522.** Paredes MF, Sorrells SF, Garcia-Verdugo JM, Alvarez-Buylla A. Brain size and limits to adult neurogenesis. *J Comp Neurol*. 2016;524(3):646–64.
- 3523.** Parenti R, Cicirata F, Pantò MR, Serapide MF. The projections of the lateral reticular nucleus to the deep cerebellar nuclei. An experimental analysis in the rat. *Eur J Neurosci*. 1996;8(10):2157–67.
- 3524.** Parfenov VA, Ostroumova OD, Ostroumova TM, Kochetkov AI, Fateeva VV, Khacheva KK, Khakimova GR, Epstein OI. Vascular cognitive impairment: pathophysiological mechanisms, insights into structural basis, and perspectives in specific treatments. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2019 May 21;15:1381–402.
- 3525.** Park D, Bae S, Yoon TH, Ko J. Molecular mechanisms of synaptic specificity: spotlight on hippocampal and cerebellar synapse organizers. *Mol Cells*. 2018;41(5):373–80.
- 3526.** Park DY, Lee J, Park I, Choi D, Lee S, Song S, Hwang Y, Hong KY, Nakaoka Y, Makinen T, Kim P, Alitalo K, Hong YK, Koh GY. Lymphatic regulator PROX1 determines Schlemm's canal integrity and identity. *J Clin Invest*. 2014 Sep;124(9):3960–74.
- 3527.** Park G, Vasey MW, Van Bavel JJ, Thayer JF. Cardiac vagal tone is correlated with selective attention to neutral distractors under load. *Psychophysiology*. 2013;50(4):398–406.
- 3528.** Park H, Hildreth A, Thomson R, O'Connell J. Non-valvular atrial fibrillation and cognitive decline: a longitudinal cohort study. *Age Ageing*. 2007;36(2):157–63.
- 3529.** Park HD, Bernasconi F, Bello-Ruiz J, Pfeiffer C, Salomon R, Blanke O. Transient modulations of neural responses to heartbeats covary with bodily self-consciousness. *J Neurosci*. 2016;36(32):8453–60.
- 3530.** Park HD, Bernasconi F, Salomon R, Tallon-Baudry C, Spinelli L, Seck M, Schaller K, Blanke O. Neural sources and underlying mechanisms of neural responses to heartbeats, and their role in bodily self-consciousness: an intracranial EEG study. *Cereb Cortex*. 2018 Jul 1;28(7):2351–64.
- 3531.** Park HD, Blanke O. Coupling inner and outer body for self-consciousness. *Trends Cogn Sci*. 2019 a;23(5):377–88.
- 3532.** Park HD, Blanke O. Heartbeat-evoked cortical responses: underlying mechanisms, functional roles, and methodological considerations. *Neuroimage*. 2019 b;197:502–11.
- 3533.** Park HD, Correia S, Ducorps A, Tallon-Baudry C. Spontaneous fluctuations in neural responses to heartbeats predict visual detection. *Nat Neurosci*. 2014;17(4):612–8.
- 3534.** Park HD, Tallon-Baudry C. The neural subjective frame: from bodily signals to perceptual consciousness. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2014 Mar 17;369(1641):20130208.
- 3535.** Park JS, Voitenko N, Petralia RS, Guan X, Xu JT, Steinberg JP, Takamiya K, Sotnik A, Kopach O, Hugarin RL, Tao YX. Persistent inflammation induces GluR2 internalization via NMDA receptor-triggered PKC activation in dorsal horn neurons. *J Neurosci*. 2009 Mar 11;29(10):3206–19.
- 3536.** Parkes J, Chintawar S, Cader MZ. Neurovascular dysfunction in dementia — human cellular models and molecular mechanisms. *Clin Sci (Lond)*. 2018 Feb 14;132(3):399–418.
- 3537.** Parnia S, Spearpoint K, de Vos G, Fenwick P, Goldberg D, Yang J, Zhu J, Baker K, Killingback H, McLean P, Wood M, Zafari AM, Dickert N, Beisteiner R, Sterz F, Bergner M, Warlow C, Bullock S, Lovett S, McPara RM, Marti-Navarette S, Cushing P, Wills P, Harris K, Sutton J, Walmsley A, Deakin CD, Little P, Farber M, Greyson B, Schoenfeld ER. AWARE-Awareness during REsuscitation—a prospective study. *Resuscitation*. 2014 Dec;85(12):1799–805.
- 3538.** Parolisi R, Cozzi B, Bonfanti L. Humans and dolphins: decline and fall of adult neurogenesis. *Front Neurosci*. 2018 Jul 20;12:497.
- 3539.** Partida E, Mironets E, Hou S, Tom JV. Cardiovascular dysfunction following spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2016;11(2):189–94.
- 3540.** Parvizi J, Damasio AR. Neuroanatomical correlates of brainstem coma. *Brain*. 2003;126(7):1524–36.
- 3541.** Parvizi J, Kastner S. Promises and limitations of human intracranial electroencephalography. *Nat Neurosci*. 2018;21(4):474–83.
- 3542.** Pastalkova E, Itskov V, Amarasingham A, Buzsáki G. Internally generated cell assembly sequences in the rat hippocampus. *Science*. 2008 Sep 5;321(5894):1322–7.
- 3543.** Pastoll H, Solanka L, van Rossum MC, Nolan MF. Feedback inhibition enables  $\theta$ -nested  $\gamma$  oscillations and grid firing fields. *Neuron*. 2013 Jan 9;77(1):141–54.
- 3544.** Paszkowiak JJ, Dardik A. Arterial wall shear stress: observations from the bench to the bedside. *Vasc Endovascular Surg*. 2003;37(1):47–57.
- 3545.** Patejdl R, Zettl UK. Spasticity in multiple sclerosis: contribution of inflammation, autoimmune mediated neuronal damage and therapeutic interventions. *Autoimmun Rev*. 2017;16(9):925–36.
- 3546.** Pathak MM, Nourse JL, Tran T, Hwe J, Arulmoli J, Le DT, Bernardis E, Flanagan LA, Tombola F. Stretch-activated ion channel Piezo1 directs lineage choice in human neural stem cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 Nov 11;111(45):16148–53.
- 3547.** Patil I, Calò M, Fornasier F, Cushman F, Silani G. The behavioral and neural basis of empathic blame. *Sci Rep*. 2017 Jul 12;7(1):5200.
- 3548.** Patil I, Calò M, Fornasier F, Young L, Silani G. Neuroanatomical correlates of forgiving unintentional harms. *Sci Rep*. 2017 Apr 6;7:45967.
- 3549.** Paton JFR, Waki H. Is neurogenic hypertension related to vascular inflammation of the brainstem? *Neurosci Biobehav Rev*. 2009;33(2):89–94.
- 3550.** Patriquin MA, Lorenzi J, Scarpa A. Relationship between respiratory sinus arrhythmia, heart period, and caregiver-reported language and cognitive delays in children with autism spectrum disorders. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2013;38(3):203–7.
- 3551.** Patten SA, Margaritte-Joannin P, Bernard JC, Alix E, Labalme A, Besson A, Girard SL, Fendri K, Fraisse N, Biot B, Poizat C, Campan-Fournier A, Abelin-Genevois K, Cunin V, Zauouter C, Liao M, Lamy R, Lesca G, Menassa R, Marcaillou C, Letexier M, Sanlaville D, Berard J, Rouleau GA, Clerget-Darpoux F, Drapeau P, Moldovan F, Edery P. Functional variants of POC5 identified in patients with idiopathic scoliosis. *J Clin Invest*. 2015 Mar 2;125(3):1124–8.
- 3552.** Patz S, Fovargue D, Schregel K, Nazari N, Palotai M, Barbone PE, Fabry B, Hammers A, Holm S, Kozerke S, Nordsletten D, Sinkus R. Imaging localized neuronal activity at fast time scales through biomechanics. *Sci Adv*. 2019 Apr 17;5(4):eaav3816.
- 3553.** Pauc R, Young A. Little-known neurons of the medial wall: a literature review of pyramidal cells of the cingulate gyrus. *J Chiropr Med*. 2010 Sep;9(3):115–20.
- 3554.** Paul A, Chaker Z, Doetsch F. Hypothalamic regulation of regionally distinct adult neural stem cells and neurogenesis. *Science*. 2017 Jun 30;356(6345):1383–6.
- 3555.** Paulus MP, Stein MB. Interoception in anxiety and depression. *Brain Struct Funct*. 2010;214(5–6):451–63.
- 3556.** Pauza DH, Skripka V, Pauziene N, Stropus R. Morphology, distribution, and variability of the epicardial neural ganglionated subplexuses in the human heart. *Anat Rec*. 2000;259(4):353–82.

3557. Paveliev M, Fenrich KK, Kislin M, Kuja-Panula J, Kuleskiy E, Varjosalo M, Kajander T, Mugantseva E, Ahonen-Bishop A, Khiroug L, Kuleskaya N, Rougon G, Rauvala H. HB-GAM (pleiotrophin) reverses inhibition of neural regeneration by the CNS extracellular matrix. *Sci Rep*. 2016 Sep 27;6:33916.
3558. Pavlidis P, Madison DV. Synaptic transmission in pair recordings from CA3 pyramidal cells in organotypic culture. *J Neurophysiol*. 1999;81(6):2787–97.
3559. Paxinos G, Xu-Feng H, Sengul G, Watson C. Organization of Brainstem Nuclei. In: *The Human Nervous System*, 3rd ed. Chapter 8. J. Mai, G. Paxinos (eds). Amsterdam: Elsevier Academic Press. 2012, 1428 p., P. 260–327.
3560. Payne SC, Furness JB, Stebbing MJ. Bioelectric neuromodulation for gastrointestinal disorders: effectiveness and mechanisms. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2019;16(2):89–105.
3561. Peacock WJ, Shroobree RD, Key AG. A review of 450 stabwounds of the spinal cord. *South African Med J*. 1977;51(26):961–4.
3562. Pearce MT, Zaidel DW, Vartanian O, Skov M, Leder H, Chatterjee A, Nadal M. Neuroaesthetics: the cognitive neuroscience of aesthetic experience. *Perspect Psychol Sci*. 2016 Mar;11(2):265–79.
3563. Pederzoli L, De Stefano E, Tressoldi P. Hypno-death-experiences: death experiences during hypnotic life regressions. *Death Stud*. 2019 Jun 18:1–5.
3564. Pedroso JL, Braga-Neto P, Felício AC, Aquino CC, Prado LB, Prado GF, Barsottini OG. Sleep disorders in cerebellar ataxias. *Arq Neuropsiquiatr*. 2011 Apr;69(2A):253–7.
3565. Peigh G, Cavarocchi N, Hirose H. Saving life and brain with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: a single-center analysis of in-hospital cardiac arrests. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;150(5):1344–9.
3566. Pellegrino G, Trubert C, Terrien J, Pifferi F, Leroy D, Loyens A, Migaud M, Baroncini M, Maurage CA, Fontaine C, Prévot V, Sharif A. A comparative study of the neural stem cell niche in the adult hypothalamus of human, mouse, rat and gray mouse lemur (*Microcebus murinus*). *J Comp Neurol*. 2018 Jun 15;526(9):1419–43.
3567. Pelot NA, Grill WM. Effects of vagal neuromodulation on feeding behavior. *Brain Res*. 2018 Aug;1693(3):180–7.
3568. Peng H, Abdel-Latif A. Cellular therapy for ischemic heart disease: an update. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1201:195–213.
3569. Peng K, Steele SC, Becerra L, Borsook D. Brodmann area 10: Collating, integrating and high level processing of nociception and pain. *Prog Neurobiol*. 2018;161:1–22.
3570. Peng L, Zeng LL, Liu Q, Wang L, Qin J, Xu H, Shen H, Li H, Hu D. Functional connectivity changes in the entorhinal cortex of taxi drivers. *Brain Behav*. 2018 Sep;8(9):e01022.
3571. Peng X, Xu X, Wang Y, Hawke DH, Yu S, Han L, Zhou Z, Mojumdar K, Jeong KJ, Labrie M, Tsang YH, Zhang M, Lu Y, Hwu P, Scott KL, Liang H, Mills GB. A-to-I RNA Editing Contributes to Proteomic Diversity in Cancer. *Cancer Cell*. 2018 May 14;33(5):817–828.e7.
3572. Pennartz CMA, Farisco M, Evers K. Indicators and criteria of consciousness in animals and intelligent machines: an inside-out approach. *Front Syst Neurosci*. 2019 Jul 16;13:25.
3573. Penney TB, Meck WH, Roberts SA, Gibbon J, Erlenmeyer-Kimling L. Interval-timing deficits in individuals at high risk for schizophrenia. *Brain Cogn*. 2005;58(1):109–18.
3574. Penrose R. Consciousness, the brain, and spacetime geometry: an addendum. Some new developments on the Orch OR model for consciousness. *Ann N Y Acad Sci*. 2001 Apr;929:105–10.
3575. Penrose, R. On gravity's role in quantum state reduction. *Gen Relat Gravit*. 1996;28(5):581–600.
3576. Peplow PV. Growth factor- and cytokine-stimulated endothelial progenitor cells in post-ischemic cerebral neovascularization. *Neural Regen Res*. 2014 Aug 1;9(15):1425–9.
3577. Pepperell R. Art, energy, and the brain. *Prog Brain Res*. 2018;237:417–35.
3578. Peppiatt CM, Howarth C, Mobbs P, Attwell D. Bidirectional control of CNS capillary diameter by pericytes. *Nature*. 2006;443(7112):700–4.
3579. Peragine DE, Yousuf Y, Fu Y, Swift-Gallant A, Ginzberg K, Holmes MM. Contrasting effects of opposite- versus same-sex housing on hormones, behavior and neurogenesis in a eusocial mammal. *Horm Behav*. 2016 May;81:28–37.
3580. Perez JC. Codon populations in single-stranded whole human genome DNA are fractal and fine-tuned by the golden ratio 1.618. *Interdiscip Sci*. 2010 Sep;2(3):228–40.
3581. Perez SM, Carreno FR, Frazer A, Lodge DJ. Vagal nerve stimulation reverses aberrant dopamine system function in the methylazoxymethanol acetate rodent model of schizophrenia. *J Neurosci*. 2014;34(28):9261–7.
3582. Perez-Aso M, Segura V, Montó F, Baretino D, Noguera MA, Milligan G, D'Ocon P. The three  $\alpha$ 1-adrenoceptor subtypes show different spatio-temporal mechanisms of internalization and ERK1/2 phosphorylation. *Biochim Biophys Acta*. 2013 Oct;1833(10):2322–33.
3583. Pérez-Clauseell J, Danscher G. Intravascular localization of zinc in rat telencephalic boutons. A histochemical study. *Brain Res*. 1985 Jun 24;337(1):91–8.
3584. Pérez-Escobar JA, Kornienko O, Latuske P, Kohler L, Allen K. Visual landmarks sharpen grid cell metric and confer context specificity to neurons of the medial entorhinal cortex. *Elife*. 2016 Jul 23;5:e16937.
3585. Pérez-García CG, González-Delgado FJ, Suárez-Solá ML, Castro-Fuentes R, Martín-Trujillo JM, Ferrés-Torres R, Meyer G. Reelin-immunoreactive neurons in the adult vertebrate pallium. *J Chem Neuroanat*. 2001 Jan;21(1):41–51.
3586. Pernu TK. The five marks of the mental. *Front Psychol*. 2017 Jul 7;8:1084.
3587. Perogamvros L, Park HD, Bayer L, Perrault AA, Blanke O, Schwartz S. Increased heartbeat-evoked potential during REM sleep in nightmare disorder. *Neuroimage Clin*. 2019;22:101701.
3588. Perreault MC, Glover JC. Glutamatergic reticulospinal neurons in the mouse: developmental origins, axon projections, and functional connectivity. *Ann N Y Acad Sci*. 2013;1279(1):80–9.
3589. Perrier J-F, Rasmussen H, Christensen R, Petersen A. Modulation of the intrinsic properties of motoneurons by serotonin. *Curr Pharm Des*. 2013;19(24):4371–84.
3590. Perrin FE, Gerber VN, Teigell M, Lonjon N, Boniface G, Bauchet L, Rodriguez JJ, Hugnot JP, Privat AM. Anatomical study of serotonergic innervation and 5-HT(1A) receptor in the human spinal cord. *Cell Death Dis*. 2011 Oct 13;2(10):e218.
3591. Pertici V, Amendola J, Laurin J, Gignes D, Madaschi L, Carelli S, Marqueste T, Gorio A, Decherchi P. The use of poly(N-[2-hydroxypropyl]-methacrylamide) hydrogel to repair a T10 spinal cord hemisection in rat: a behavioural, electrophysiological and anatomical examination. *ASN Neuro*. 2013 May 30;5(2):149–66.
3592. Peteet JR. Proximal intercessory prayer. *South Med J*. 2010 Sep;103(9):853.
3593. Peter N, Kleinjung T. Neuromodulation for tinnitus treatment: an overview of invasive and non-invasive techniques. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2019;20(2):116–30.
3594. Peters A, Kara DA. The neuronal composition of area 17 of rat visual cortex. IV. The organization of pyramidal cells. *J Comp Neurol*. 1987;260(4):573–90.
3595. Peters A, Sethares C. Myelinated axons and the pyramidal cell modules in monkey primary visual cortex. *J Comp Neurol*. 1996 Feb 5;365(2):232–55.
3596. Peters A, Walsh TM. A study of the organization of apical dendrites in the somatic sensory cortex of the rat. *J Comp Neurol*. 1972;144(3):253–68.
3597. Peters JF, Ramanna S, Tozzi A, İnan E. Bold-independent computational entropy assesses functional donut-like structures in brain fMRI images. *Front Hum Neurosci*. 2017 b;11:38.
3598. Peters JF, Tozzi A, Ramanna S, İnan E. The human brain from above: an increase in complexity from environmental stimuli to abstractions. *Cogn Neurodyn*. 2017 a;11(4):391–4.
3599. Petersen SE, Sporns O. Brain networks and cognitive architectures. *Neuron*. 2015 Oct;88(1):207–19.
3600. Peterson BW, Abzug C. Properties of projections from vestibular nuclei to medial reticular formation in the cat. *J Neurophysiol*. 1975;38(6):1421–35.
3601. Peterson D, Lucidi-Phillipi C, Murphy D, Ray J, Gage F. Fibroblast growth factor-2 protects entorhinal layer II glutamatergic neurons from axotomy-induced death. *J Neurosci*. 1996 Feb 1;16(3):886–98.
3602. Petracca YL, Sartoretto MM, Di Bella DJ, Marin-Burgin A, Carcagno AL, Schinder AF, Lanuza GM. The late and dual origin of cerebrospinal fluid-contacting neurons in the mouse spinal cord. *Development*. 2016 Mar 1;143(5):880–91.
3603. Petrik D, Myoga MH, Grade S, Gerkau NJ, Pusch M, Rose CR, Grothe B, Götz M. Epithelial sodium channel regulates adult neural stem cell proliferation in a flow-dependent manner. *Cell Stem Cell*. 2018 Jun 1;22(6):865–878.e8.
3604. Petrova TV, Koh GY. Organ-specific lymphatic vasculature: from development to pathophysiology. *J Exp Med*. 2018;215(1):35–49.
3605. Petruska JC, Ichihama RM, Jindrich DL, Crown ED, Tansey KE, Roy RR, Edgerton VR, Mendell LM. Changes in motoneuron properties and synaptic inputs related to step training after spinal cord transection in rats. *J Neurosci*. 2007 Apr 18;27(16):4460–71.
3606. Petter EA, Lusk NA, Hesslow G, Meck WH. Interactive roles of the cerebellum and striatum in sub-second and supra-second timing: support for an initiation, continuation, adjustment, and termination (ICAT) model of temporal processing. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016;71:739–55.
3607. Petschauer FH, Weber LA, Wellstein KV, Paolini G, Do CT, Stephan KE. Focus of attention modulates the heartbeat evoked potential. *Neuroimage*. 2019;186:595–606.

3608. Petschnner FH, Weber LAE, Gard T, Stephan KE. Computational psychosomatics and computational psychiatry: toward a joint framework for differential diagnosis. *Biol Psychiatry*. 2017;82(6):421–30.
3609. Peyrache A, Lacroix MM, Petersen PC, Buzsáki G. Internally organized mechanisms of the head direction sense. *Nat Neurosci*. 2015;18(4):569–75.
3610. Peyron C, Luppi PH, Fort P, Rampon C, Jouvet M. Lower brainstem catecholamine afferents to the rat dorsal raphe nucleus. *J Comp Neurol*. 1996;364(3):402–13.
3611. Peyron C, Tighe DK, van den Pol AN, de Lecea L, Heller HC, Sutcliffe JG, Kilduff TS. Neurons containing hypocretin (orexin) project to multiple neuronal systems. *J Neurosci*. 1998 Dec 1;18(23):9996–10015.
3612. Peyronnard JM, Charron LF, Lavoie J, Messier JP. Motor, sympathetic and sensory innervation of rat skeletal muscles. *Brain Res*. 1986 May 14;373(1–2):288–302.
3613. Pezzulo G, van der Meer MAA, Lansink C, Pennartz CMA. Internally generated sequences in learning and executing goal-directed behavior. *Trends Cogn Sci*. 2014;18(12):647–57.
3614. Pfaff DW, Martin EM, Faber D. Origins of arousal: Roles for medullary reticular neurons. *Trends Neurosci*. 2012;35(8):468–76.
3615. Pfefferbaum A, Chanraud S, Pitel AL, Müller-Oehring E, Shankaranarayanan A, Alsop DC, Rohlfing T, Sullivan EV. Cerebral blood flow in posterior cortical nodes of the default mode network decreases with task engagement but remains higher than in most brain regions. *Cereb Cortex*. 2011 Jan;21(1):233–44.
3616. Pflieger FJ, Hernandez J, Schweighöfer H, Herden C, Rosengarten B, Rummel C. The role of neutrophil granulocytes in immune-to-brain communication. *Temperature*. 2018;5(4):296–307.
3617. Pham L, Baker MR, Shahanoor Z, Romeo RD. Adolescent changes in hindbrain noradrenergic A2 neurons in male rats. *Brain Res*. 2017;1666:11–6.
3618. Phan TG, Hilton J, Beare R, Srikanth V, Sinnott M. Computer modeling of anterior circulation stroke: proof of concept in cerebrovascular occlusion. *Front Neurol*. 2014 Sep 19;5:176.
3619. Phelan KD, Falls WM. The interstitial system of the spinal trigeminal tract in the rat: anatomical evidence for morphological and functional heterogeneity. *Somatosens Mot Res*. 1989;6(4):367–99.
3620. Phillips AA, Chan FH, Zheng MM, Krassioukov AV, Ainslie PN. Neurovascular coupling in humans: physiology, methodological advances and clinical implications. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2016 Apr;36(4):647–64.
3621. Phillips AA, Matin N, Frias B, Zheng MM, Jia M, West C, Dorrance AM, Laher I, Krassioukov AV. Rigid and remodelled: cerebrovascular structure and function after experimental high-thoracic spinal cord transection. *J Physiol*. 2016 Mar 15;594(6):1677–88.
3622. Phillips AA, Matin N, Jia M, Squair JW, Monga A, Zheng MM, Sachdeva R, Yung A, Hocaloski S, Elliott S, Kozłowski P, Dorrance AM, Laher I, Ainslie PN, Krassioukov AV. Transient hypertension after spinal cord injury leads to cerebrovascular endothelial dysfunction and fibrosis. *J Neurotrauma*. 2018 Feb 1;35(3):573–81.
3623. Phillips MJ, Needham M, Weller RO. Role of cervical lymph nodes in autoimmune encephalomyelitis in the Lewis rat. *J Pathol*. 1997;182(4):457–64.
3624. Phillips-Silver J, Trainor LJ. Feeling the beat: movement influences infant rhythm perception. *Science*. 2005 Jun 3;308(5727):1430.
3625. Piarulli A, Zaccaro A, Laurino M, Menicucci D, De Vito A, Bruschini L, Berrettini S, Bergamasco M, Laureys S, Gemignani A. Ultra-slow mechanical stimulation of olfactory epithelium modulates consciousness by slowing cerebral rhythms in humans. *Sci Rep*. 2018 Apr 26;8(1):6581.
3626. Picard MA, Cosseau C, Mouahid G, Duval D, Grunau C, Toulza È, Allienne JF, Boissier J. The roles of Dmrt (Double sex/Male-Abnormal-3 Related Transcription Factor) genes in sex determination and differentiation mechanisms: Ubiquity and diversity across the animal kingdom. *C R Biol*. 2015 Jul;338(7):451–62.
3627. Picard N, Strick PL. Motor areas of the medial wall: a review of their location and functional activation. *Cereb Cortex*. 1996;6(3):342–53.
3628. Picca A, Guerra F, Calvani R, Bucci C, Lo Monaco MR, Bentivoglio AR, Landi F, Bernabei R, Marzetti E. Mitochondrial-derived vesicles as candidate biomarkers in Parkinson's disease: rationale, design and methods of the EXosomes in Parkinson Disease (EXPAND) study. *Int J Mol Sci*. 2019 May 14;20(10):2373.
3629. Pickard GE, So KF, Pu M. Dorsal raphe nucleus projecting retinal ganglion cells: why Y cells? *Neurosci Biobehav Rev*. 2015 Oct 6;57(6188):118–31.
3630. Picoli CC, Coimbra-Campos LMC, Guerra DAP, Silva WN, Prazeres PHDM, Costa AC, Magno LAV, Romano-Silva MA, Mintz A, Birbrair A. Pericytes act as key players in spinal cord injury. *Am J Pathol*. 2019 Jul;189(7):1327–37.
3631. Pienaar IS, van de Berg W. A non-cholinergic neuronal loss in the pedunculopontine nucleus of toxin-evoked Parkinsonian rats. *Exp Neurol*. 2013;248:213–23.
3632. Pierce JP, Kelter DT, McEwen BS, Waters EM, Milner TA. Hippocampal mossy fiber leu-enkephalin immunoreactivity in female rats is significantly altered following both acute and chronic stress. *J Chem Neuroanat*. 2014;55:9–17.
3633. Pierrot-Deseilligny E, Katz R, Morin C. Evidence for Ib inhibition in human subjects. *Brain Res*. 1979;166(1):176–9.
3634. Pietschnig J, Penke L, Wicherts JM, Zeiler M, Voracek M. Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: how strong are they and what do they mean? *Neurosci Biobehav Rev*. 2015;57:411–32.
3635. Pignatelli M, Beyerle A, Leinekugel X. Neural circuits underlying the generation of theta oscillations. *J Physiol Paris*. 2012;106(3–4):81–92.
3636. Piltti KM, Salazar DL, Uchida N, Cummings BJ, Anderson AJ. Safety of human neural stem cell transplantation in chronic spinal cord injury. *Stem Cells Transl Med*. 2013;2(12):961–74.
3637. Pinard A, Seddik R, Bettler B. GABAB receptors: physiological functions and mechanisms of diversity. *Adv Pharmacol*. 2010;58:231–55.
3638. Pinault D. Backpropagation of action potentials generated at ectopic axonal loci: hypothesis that axon terminals integrate local environmental signals. *Brain Res Rev*. 1995;21(1):42–92.
3639. Pinho AL, de Manzano Ö, Fransson P, Eriksson H, Ullén F. Connecting to create: expertise in musical improvisation is associated with increased functional connectivity between premotor and prefrontal areas. *J Neurosci*. 2014;34(18):6156–63.
3640. Pinos H, Collado P, Rodríguez-Zafra M, Rodríguez C, Segovia S, Guillamón A. The development of sex differences in the locus coeruleus of the rat. *Brain Res Bull*. 2001;56(1):73–8.
3641. Pinsent A, Fraser C, Ferguson NM, Riley S. A systematic review of reported reassortant viral lineages of influenza A. *BMC Infect Dis*. 2016 Jan 5;16:3.
3642. Pinter MM, Gerstenbrand F, Dimitrijevic MR. Epidural electrical stimulation of posterior structures of the human lumbosacral cord: 3. Control of spasticity. *Spinal Cord*. 2000 Sep;38(9):524–31.
3643. Pinto AR, Illykh A, Ivey MJ, Kuwabara JT, D'Antoni ML, Debuque R, Chandran A, Wang L, Arora K, Rosenthal NA, Tallquist MD. Revisiting cardiac cellular composition. *Circ Res*. 2016 Feb 5;118(3):400–9.
3644. Pinto ML, de Cássia Machado R, Schoorlemmer GH, Colombari E, de Cássia Ribeiro da Silva Lapa R. Topographic organization of the projections from the interstitial system of the spinal trigeminal tract to the parabrachial nucleus in the rat. *Brain Res*. 2006 Oct 3;1113(1):137–45.
3645. Pinto S, Ferraye M, Espesser R, Fraix V, Maillet A, Guirchoum J, Layani-Zemour D, Ghio A, Chabardès S, Pollak P, Debû B. Stimulation of the pedunculopontine nucleus area in Parkinson's disease: effects on speech and intelligibility. *Brain*. 2014 Oct;137(Pt 10):2759–72.
3646. Piochon C, Kano M, Hansel C. LTD-like molecular pathways in developmental synaptic pruning. *Nat Neurosci*. 2016;19(10):1299–310.
3647. Pistikova A, Brozka H, Stuchlik A. Adult neurogenesis in the hippocampus from a perspective of discrimination and generalization: a hypothesis. *Physiol Res*. 2017;66(3):441–8.
3648. Piumatti M, Palazzo O, La Rosa C, Crociara P, Parolisi R, Luzzati F, Lévy F, Bonfanti L. Non-newly generated, "immature" neurons in the sheep brain are not restricted to cerebral cortex. *J Neurosci*. 2018 Jan 24;38(4):826–42.
3649. Pizzo ME, Wolak DJ, Kumar NN, Brunette E, Brunnequell CL, Hannocks MJ, Abbott NJ, Meyerand ME, Sorokin L, Stanimirovic DB, Thorne RG. Intrathecal antibody distribution in the rat brain: surface diffusion, perivascular transport and osmotic enhancement of delivery. *J Physiol*. 2018 Feb 1;596(3):445–75.
3650. Placeres AF, Fiorati RC. Assessment instruments and depression rates in people with spinal cord injury: a systematic review. *Rev Esc Enferm USP*. 2018 Dec 13;52:e03388.
3651. Planques A, Oliveira Moreira V, Dubreuil C, Prochiantz A, Di Nardo AA. OTX2 signals from the choroid plexus to regulate adult neurogenesis. *eNeuro*. 2019 May 7;6(2):ENEURO.0262-18.2019.
3652. Platz T, Eickhof C, Nuyens G, Vuadens P. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena, and function: a systematic review of the literature. *Disabil Rehabil*. 2005;27(1–2):7–18.
3653. Plaza SM, Scheffer LK, Chklovskii DB. Toward large-scale connectome reconstructions. *Curr Opin Neurobiol*. 2014;25:201–10.
3654. Plöderl M, Tremblay P. Mental health of sexual minorities. A systematic review. *Int Rev Psychiatry*. 2015 Sep 3;27(5):367–85.
3655. Plog BA, Lou N, Pierre CA, Cove A, Kenney HM, Hitomi E, Kang H, Iliff JJ, Zeppenfeld DM, Nedergaard M, Vates GE. When the air hits your brain: decreased arterial pulsatility after craniectomy leading to impaired glymphatic flow. *J Neurosurg*. 2019 May 17:1-14.
3656. Plog BA, Nedergaard M. The glymphatic system in central nervous system health and disease: past, present, and future. *Annu Rev Pathol Mech Dis*. 2018 Jan 24;13:379–94.

- 3657.** Plowey ED, Waldrop TG. Cobalt injections into the pedunclopontine nuclei attenuate the reflex diaphragmatic responses to muscle contraction in rats. *J Appl Physiol*. 2004;96(1):301–7.
- 3658.** Poduri A, Evrony GD, Cai X, Walsh CA. Somatic mutation, genomic variation, and neurological disease. *Science*. 2013 Jul 5;341(6141):1237758.
- 3659.** Poepll TB, Langguth B, Rupprecht R, Laird AR, Eickhoff SB. A neural circuit encoding sexual preference in humans. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016;68:530–6.
- 3660.** Poldrack RA, Yarkoni T. From brain maps to cognitive ontologies: informatics and the search for mental structure. *Annu Rev Psychol*. 2016 Jan 4;67(1):587–612.
- 3661.** Polgár E, Watanabe M, Hartmann B, Grant SG, Todd AJ. Expression of AMPA receptor subunits at synapses in laminae I–III of the rodent spinal dorsal horn. *Mol Pain*. 2008 Jan 23;4:5.
- 3662.** Poli D, Wheeler BC, DeMarse TB, Brewer GJ. Pattern separation and completion of distinct axonal inputs transmitted via micro-tunnels between co-cultured hippocampal dentate, CA3, CA1 and entorhinal cortex networks. *J Neural Eng*. 2018 Aug;15(4):046009.
- 3663.** Poliakoff E, Beach N, Best R, Howard T, Gowen E. Can looking at a hand make your skin crawl? Peering into the uncanny valley for hands. *Perception*. 2013;42(9):998–1000.
- 3664.** Pollak Dorocic I, Fürth D, Xuan Y, Johansson Y, Pozzi L, Silberberg G, Carlén M, Meletis K. A whole-brain atlas of inputs to serotonergic neurons of the dorsal and median raphe nuclei. *Neuron*. 2014 Aug 6;83(3):663–78.
- 3665.** Pollatos O, Gramann K, Schandry R. Neural systems connecting interoceptive awareness and feelings. *Hum Brain Mapp*. 2007;28(1):9–18.
- 3666.** Pollatos O, Herbert BM, Mai S, Kammer T. Changes in interoceptive processes following brain stimulation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160016.
- 3667.** Pollatos O, Kirsch W, Schandry R. Brain structures involved in interoceptive awareness and cardioafferent signal processing: a dipole source localization study. *Hum Brain Mapp*. 2005;26(1):54–64.
- 3668.** Pollatos O, Schandry R, Auer DP, Kaufmann C. Brain structures mediating cardiovascular arousal and interoceptive awareness. *Brain Res*. 2007;1141(1):178–87.
- 3669.** Pollatos O, Schandry R. Accuracy of heartbeat perception is reflected in the amplitude of the heartbeat-evoked brain potential. *Psychophysiology*. 2004;41(3):476–82.
- 3670.** Pollay M. The function and structure of the cerebrospinal fluid outflow system. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2010 Jun 21;7:9.
- 3671.** Pollock H, Hutchings M, Weller RO, Zhang ET. Perivascular spaces in the basal ganglia of the human brain: their relationship to lacunes. *J Anat*. 1997;191(3):337–46.
- 3672.** Pollock MS, Mistlberger RE. Rapid eye movement sleep induction by microinjection of the GABA-A antagonist bicuculline into the dorsal subcoeruleus area of the rat. *Brain Res*. 2003;962(1–2):68–77.
- 3673.** Ponce-Alvarez A, Deco G, Hagmann P, Romani GL, Mantini D, Corbetta M. Resting-state temporal synchronization networks emerge from connectivity topology and heterogeneity. *PLoS Comput Biol*. 2015 Feb 18;11(2):e1004100.
- 3674.** Pong M, Horn KM, Gibson AR. Pathways for control of face and neck musculature by the basal ganglia and cerebellum. *Brain Res Rev*. 2008;58(2):249–64.
- 3675.** Ponseti J, Bruhn D, Nollting J, Gerwinn H, Pohl A, Stirn A, Granert O, Laufs H, Deuschl G, Wolff S, Jansen O, Siebner H, Briken P, Mohnke S, Amelung T, Kneer J, Schiffer B, Walter H, Kruger THC. Decoding pedophilia: increased anterior insula response to infant animal pictures. *Front Hum Neurosci*. 2018 Jan 23;11:645.
- 3676.** Ponti G, Farinetti A, Marraudino M, Panzica G, Gotti S. Sex steroids and adult neurogenesis in the ventricular-subventricular zone. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018 Apr 9;9:156.
- 3677.** Popli R, Sahaf B, Nakasone H, Lee JYY, Miklos DB. Clinical impact of H-Y alloimmunity. *Immunol Res*. 2014;58(2–3):249–58.
- 3678.** Poppenk J, Evensmoen HR, Moscovitch M, Nadel L. Long-axis specialization of the human hippocampus. *Trends Cogn Sci*. 2013;17(5):230–40.
- 3679.** Porcaro C, Medaglia MT, Thai NJ, Seri S, Rotshtein P, Tecchio F. Contradictory reasoning network: an EEG and fMRI study. *PLoS One*. 2014 Mar 25;9(3):e92835.
- 3680.** Porges SW. The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *Int J Psychophysiol*. 2001;42(2):123–46.
- 3681.** Porrino LJ, Goldman-Rakic PS. Brainstem innervation of prefrontal and anterior cingulate cortex in the rhesus monkey revealed by retrograde transport of HRP. *J Comp Neurol*. 1982;205(1):63–76.
- 3682.** Porter WR, Sedlmayr JC, Witmer LM. Vascular patterns in the heads of crocodylians: blood vessels and sites of thermal exchange. *J Anat*. 2016;229(6):800–24.
- 3683.** Pospíšil P, Prasad A, Rác M. Role of reactive oxygen species in ultra-weak photon emission in biological systems. *J Photochem Photobiol B*. 2014 Oct 5;139:11–23.
- 3684.** Posporelis S, Coughlin JM, Marsman A, Pradhan S, Tanaka T, Wang H, Varvaris M, Ward R, Higgs C, Edwards JA, Ford CN, Kim PK, Lloyd AM, Edden RAE, Schretlen DJ, Cascella NG, Barker PB, Sawa A. Decoupling of brain temperature and glutamate in recent onset of schizophrenia: a 7T proton magnetic resonance spectroscopy study. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2018 Mar;3(3):248–54.
- 3685.** Potasman I, Stermer E, Levy N, Dar H, Bassan H. The Groll-Hirschowitz syndrome. *Clin Genet*. 2008 Apr 23;28(1):76–9.
- 3686.** Poteat T, Ackerman B, Diouf D, Ceasay N, Mothopeng T, Odette KZ, Kouanda S, Ouedraogo HG, Simplice A, Kouame A, Mnisi Z, Trapence G, van der Merwe LLA, Jumbo V, Baral S. HIV prevalence and behavioral and psychosocial factors among transgender women and cisgender men who have sex with men in 8 African countries: a cross-sectional analysis. *PLoS Med*. 2017 Nov 7;14(11):e1002422.
- 3687.** Poteat T, Scheim A, Xavier J, Reisner S, Baral S. Global epidemiology of HIV infection and related syndemics affecting transgender people. *J Acquir Immune Defic Syndr*. 2016;72:S210–S219.
- 3688.** Pothos EM, Busemeyer JR. Can quantum probability provide a new direction for cognitive modeling? *Behav Brain Sci*. 2013;36(3):255–74.
- 3689.** Poucet B, Sargolini F, Song EY, Hangya B, Fox S, Muller RU. Independence of landmark and self-motion-guided navigation: a different role for grid cells. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2013 Dec 23;369(1635):20130370.
- 3690.** Powley TL, Jaffey DM, McAdams J, Baronowsky EA, Black D, Chesney L, Evans C, Phillips RJ. Vagal innervation of the stomach reassessed: brain-gut connectome uses smart terminals. *Ann N Y Acad Sci*. 2019 Oct;1454(1):14–30.
- 3691.** Praet J, Santermans E, Daans J, Le Blon D, Hoornaert C, Goossens H, Hens N, Van der Linden A, Berneman Z, Ponsaerts P. Early inflammatory responses following cell grafting in the CNS trigger activation of the subventricular zone: a proposed model of sequential cellular events. *Cell Transplant*. 2015;24(8):1481–92.
- 3692.** Prager EM, Plotkin JL. Compartmental function and modulation of the striatum. *J Neurosci Res*. 2019;97(12):1503–14.
- 3693.** Prasad A, Rossi C, Lamponi S, Pospíšil P, Foletti A. New perspective in cell communication: potential role of ultra-weak photon emission. *J Photochem Photobiol B*. 2014 Oct 5;139:47–53.
- 3694.** Prechtl JC, Powley TL. The fiber composition of the abdominal vagus of the rat. *Anat Embryol (Berl)*. 1990;181(2):101–15.
- 3695.** Preller KH, Pokorny T, Hock A, Kraehenmann R, Stämpfli P, Seifritz E, Scheidegger M, Vollenweider FX. Effects of serotonin 2A/1A receptor stimulation on social exclusion processing. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 May 3;113(18):5119–24.
- 3696.** Prendergast J, Stelzner DJ. Changes in the magnocellular portion of the red nucleus following thoracic hemisection in the neonatal and adult rat. *J Comp Neurol*. 1976;166(2):163–71.
- 3697.** Preston JL, Ritter RS, Hepler J. Neuroscience and the soul: competing explanations for the human experience. *Cognition*. 2013;127(1):31–7.
- 3698.** Preston-Ferrer P, Coletta S, Frey M, Burgalossi A. Anatomical organization of presubicular head-direction circuits. *Elife*. 2016 Jun 10;5:e14592.
- 3699.** Prestori F, Mapelli L, D'Angelo E. Diverse neuron properties and complex network dynamics in the cerebellar cortical inhibitory circuit. *Front Mol Neurosci*. 2019 Nov 7;12:267.
- 3700.** Pretegianni E, Optican LM. Eye movements in Parkinson's disease and inherited parkinsonian syndromes. *Front Neurol*. 2017 Nov 9;8:592.
- 3701.** Pretorius E, Bester J, Page MJ, Kell DB. The potential of LPS-binding protein to reverse amyloid formation in plasma fibrin of individuals with Alzheimer-type dementia. *Front Aging Neurosci*. 2018 Aug 22;10:257.
- 3702.** Pretz CR, Kozlowski AJ, Chen Y, Charlifue S, Heinemann AW. Trajectories of life satisfaction after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016 Oct;97(10):1706–1713.e1.
- 3703.** Preuss TM. The human brain: wired and running hot. *Ann N Y Acad Sci*. 2011 May;1225 Suppl 1(Suppl 1):E182–91.
- 3704.** Previtera ML, Langhammer CG, Langrana NA, Firestein BL. Regulation of dendrite arborization by substrate stiffness is mediated by glutamate receptors. *Ann Biomed Eng*. 2010;38(12):3733–43.
- 3705.** Prevot V, Dehouck B, Sharif A, Ciofi P, Giacobini P, Clasadonte J. The versatile tanyocyte: a hypothalamic integrator of reproduction and energy metabolism. *Endocr Rev*. 2018;39(3):333–68.
- 3706.** Price JL, Ko AI, Wade MJ, Tsou SK, McKeel DW, Morris JC. Neuron number in the entorhinal cortex and CA1 in preclinical Alzheimer disease. *Arch Neurol*. 2001 Sep;58(9):1395–402.

- 3707.** Price RD, Weiner DM, Chang MSS, Sanders-Bush E. RNA editing of the human serotonin 5-HT<sub>2C</sub> receptor alters receptor-mediated activation of G13 protein. *J Biol Chem.* 2001;276(48):44663–8.
- 3708.** Prince LY, Bacon TJ, Tigaret CM, Mellor JR. Neuromodulation of the feedforward dentate gyrus-CA3 microcircuit. *Front Synaptic Neurosci.* 2016 Oct 17;8:32.
- 3709.** Prineas JW. Multiple sclerosis: presence of lymphatic capillaries and lymphoid tissue in the brain and spinal cord. *Science.* 1979 Mar 16;203(4385):1123–5.
- 3710.** Printzlau F, Wolstencroft J, Skuse DH. Cognitive, behavioral, and neural consequences of sex chromosome aneuploidy. *J Neurosci Res.* 2017;95(1–2):311–9.
- 3711.** Prinz M, Priller J, Sisodia SS, Ransohoff RM. Heterogeneity of CNS myeloid cells and their roles in neurodegeneration. *Nat Neurosci.* 2011;14(10):1227–35.
- 3712.** Prochazkova E, Kret ME. Connecting minds and sharing emotions through mimicry: a neurocognitive model of emotional contagion. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017 Sep;80:99–114.
- 3713.** Prochnow D, Brunheim S, Kossack H, Eickhoff SB, Markowitsch HJ, Seitz RJ. Anterior and posterior subareas of the dorsolateral frontal cortex in socially relevant decisions based on masked affect expressions [version 1; referees: 2 approved with reservations]. *F1000Res.* 2015;3:212.
- 3714.** Prockop DJ. Defining the probability that a cell therapy will produce a malignancy. *Mol Ther.* 2010 Jul;18(7):1249–50.
- 3715.** Prokopakis EP, Vlastos IM, Picavet VA, Nolst Trenite G, Thomas R, Cingi C, Hellings PW. The golden ratio in facial symmetry. *Rhinology.* 2013 Mar;51(1):18–21.
- 3716.** Proulx ST, Luciani P, Christiansen A, Karaman S, Blum KS, Rinderknecht M, Leroux JC, Detmar M. Use of a PEG-conjugated bright near-infrared dye for functional imaging of rerouting of tumor lymphatic drainage after sentinel lymph node metastasis. *Biomaterials.* 2013 Jul;34(21):5128–37.
- 3717.** Przekwas A, Somayaji MR, Gupta RK. Synaptic mechanisms of blast-induced brain injury. *Front Neurol.* 2016 Jan 21;7:2.
- 3718.** Puellas L, Alonso A, García-Calero E, Martínez-de-la-Torre M. Concentric ring topology of mammalian cortical sectors and relevance for patterning studies. *J Comp Neurol.* 2019;527(10):1731–52.
- 3719.** Punnakkal P, von Schoultz C, Haenraets K, Wildner H, Zeilhofer HU. Morphological, biophysical and synaptic properties of glutamatergic neurons of the mouse spinal dorsal horn. *J Physiol.* 2014;592(4):759–76.
- 3720.** Purves D, Lichtman JW. Neuronal death during development. *Princ Neural Dev.* 1985;131–53.
- 3721.** Puvenga V, Engeler M, Banjara M, Brennan C, Schreiber P, Dadas A, Bahrami A, Solanki J, Bandyopadhyay A, Morris JK, Bernick C, Ghosh C, Rapp E, Bazarian JJ, Janigro D. Is phosphorylated tau unique to chronic traumatic encephalopathy? Phosphorylated tau in epileptic brain and chronic traumatic encephalopathy. *Brain Res.* 2016 Jan 1;1630:225–40.
- 3722.** Qin P, Northoff G. How is our self related to midline regions and the default-mode network? *Neuroimage.* 2011;57(3):1221–33.
- 3723.** Qiu MH, Chen MC, Fuller PM, Lu J. Stimulation of the pontine parabrachial nucleus promotes wakefulness via extra-thalamic forebrain circuit nodes. *Curr Biol.* 2016;26(17):2301–12.
- 3724.** Qiu X, Müller U. Mechanically gated ion channels in mammalian hair cells. *Front Cell Neurosci.* 2018 Apr 11;12:100.
- 3725.** Quadt L, Critchley HD, Garfinkel SN. The neurobiology of interoception in health and disease. *Ann N Y Acad Sci.* 2018;1428:112–28.
- 3726.** Quessy S, Freedman EG. Electrical stimulation of rhesus monkey nucleus reticularis gigantocellularis: I. Characteristics of evoked head movements. *Exp Brain Res.* 2004;156(3):342–56.
- 3727.** Quigley EMM. Microbiota-brain-gut axis and neurodegenerative diseases. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2017 Oct 17;17(12):94.
- 3728.** Quinn A, Koopman P. The molecular genetics of sex determination and sex reversal in mammals. *Semin Reprod Med.* 2012;30(5):351–63.
- 3729.** Quinn GP, Sanchez JA, Sutton SK, Vadaparampil ST, Nguyen GT, Green BL, Kanetsky PA, Schabath MB. Cancer and lesbian, gay, bisexual, transgender/transsexual, and queer/questioning (LGBTQ) populations. *CA Cancer J Clin.* 2015 Sep–Oct;65(5):384–400.
- 3730.** Quinn TA, Kohl P. Mechano-sensitivity of cardiac pacemaker function: pathophysiological relevance, experimental implications, and conceptual integration with other mechanisms of rhythmicity. *Prog Biophys Mol Biol.* 2012;110(2–3):257–68.
- 3731.** Rabchevsky AG. Segmental organization of spinal reflexes mediating autonomic dysreflexia after spinal cord injury. *Prog Brain Res.* 2006;152:265–74.
- 3732.** Racine E, Dubljević V, Jox RJ, Baertschi B, Christensen JF, Farisco M, Jotterand F, Kahane G, Müller S. Can neuroscience contribute to practical ethics? A critical review and discussion of the methodological and translational challenges of the neuroscience of ethics. *Bioethics.* 2017 Jun;31(5):328–37.
- 3733.** Radin D. Electrocortical correlations between pairs of isolated people: A reanalysis. *F1000Res.* 2017 May 15;6:676.
- 3734.** Raedt R, Clinckers R, Mollet L, Vonck K, El Tahry R, Wyckhuys T, De Herdt V, Carrette E, Wadman W, Michotte Y, Smolders I, Boon P, Meurs A. Increased hippocampal noradrenaline is a biomarker for efficacy of vagus nerve stimulation in a limbic seizure model. *J Neurochem.* 2011 May;117(3):461–9.
- 3735.** Raffone A, Marzetti L, Del Gratta C, Perrucci MG, Romani GL, Pizzella V. Toward a brain theory of meditation. *Prog Brain Res.* 2019;244:207–32.
- 3736.** Raghanti MA, Spurlock LB, Treichler FR, Weigel SE, Stimmelmayer R, Butti C, Thewissen JG, Hof PR. An analysis of von Economo neurons in the cerebral cortex of cetaceans, artiodactyls, and perissodactyls. *Brain Struct Funct.* 2015 Jul;220(4):2303–14.
- 3737.** Raghanti MA, Wicinski B, Meierovich R, Warda T, Dickstein DL, Reidenberg JS, Tang CY, George JC, Hans Thewissen JGM, Butti C, Hof PR. A Comparison of the cortical structure of the bowhead whale (*Balaena mysticetus*), a basal mysticete, with other cetaceans. *Anat Rec (Hoboken).* 2019 May;302(5):745–60.
- 3738.** Rahimi SY, McDonnell DE, Ahmadian A, Vender JR. Medieval neurosurgery: contributions from the Middle East, Spain, and Persia. *Neurosurg Focus.* 2007;23(1):E14.
- 3739.** Rahimi-Movaghgar V, Sayyah MK, Akbari H, Khorramirouz R, Rasouli MR, Moradi-Lakeh M, Shokraneh F, Vaccaro AR. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in developing countries: a systematic review. *Neuroepidemiology.* 2013;41(2):65–85.
- 3740.** Raichle ME, MacLeod AM, Snyder AZ, Powers WJ, Gusnard DA, Shulman GL. A default mode of brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001 Jan 16;98(2):676–82.
- 3741.** Raignault A, Bolduc V, Lesage F, Thorin E. Pulse pressure-dependent cerebrovascular eNOS regulation in mice. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2017;37(2):413–24.
- 3742.** Raineteau O, Schwab ME. Plasticity of motor systems after incomplete spinal cord injury. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2(4):263–73.
- 3743.** Raineteau O. Plastic responses to spinal cord injury. *Behav Brain Res.* 2008;192(1):114–23.
- 3744.** Rainey JC, Furman CR, Gearhardt AN. Food addiction among sexual minorities. *Appetite.* 2018;120:16–22.
- 3745.** Rajgor D, Welle TM, Smith KR. The Coordination of Local Translation, Membranous Organelle Trafficking, and Synaptic Plasticity in Neurons. *Front Cell Dev Biol.* 2021 Jul 14;9:711446.
- 3746.** Rajkumar R, Kumar JR, Dawe GS. Priming locus coeruleus noradrenergic modulation of medial perforant path-dentate gyrus synaptic plasticity. *Neurobiol Learn Mem.* 2017;138:215–25.
- 3747.** Rajna Z, Raitamaa L, Tuovinen T, Heikkilä J, Kiviniemi V, Seppänen T. 3D multi-resolution optical flow analysis of cardiovascular pulse propagation in human brain. *IEEE Trans Med Imaging.* 2019 Sep;38(9):2028–36.
- 3748.** Rakic P, Ayoub AE, Breunig JJ, Dominguez MH. Decision by division: making cortical maps. *Trends Neurosci.* 2009;32(5):291–301.
- 3749.** Rakic P. Confusing cortical columns. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2008 Aug 26;105(34):12099–100.
- 3750.** Rakic P. Evolution of the neocortex: a perspective from developmental biology. *Nat Rev Neurosci.* 2009;10(10):724–35.
- 3751.** Rakic P. Specification of cerebral cortical areas. *Science.* 1988 Jul 8;241(4862):170–6.
- 3752.** Ramalho J, Castillo M. Dementia resulting from traumatic brain injury. *Dement Neuropsychol.* 2015 Oct–Dec;9(4):356–68.
- 3753.** Ramanathan S, Hanley JJ, Deniau JM, Bolam JP. Synaptic convergence of motor and somatosensory cortical afferents onto GABAergic interneurons in the rat striatum. *J Neurosci.* 2002;22(18):8158–69.
- 3754.** Ramar K, Olson EJ. Management of common sleep disorders. *Am Fam Physician.* 2013;88(4):231–8.
- 3755.** Ramaswami G, Li JB. Identification of human RNA editing sites: A historical perspective. *Methods.* 2016 Sep 1;107:42–7.
- 3756.** Ramaswamy S, Markram H. Anatomy and physiology of the thick-tufted layer 5 pyramidal neuron. *Front Cell Neurosci.* 2015 Jun 26;9:233.
- 3757.** Ramer MS. Endogenous neurotrophins and plasticity following spinal deafferentation. *Exp Neurol.* 2012;235(1):70–7.
- 3758.** Ramirez JM, Baertsch N. Defining the rhythmogenic elements of mammalian breathing. *Physiology.* 2018;33(5):302–16.
- 3759.** Ramirez JM. The integrative role of the sigh in psychology, physiology, pathology, and neurobiology. *Prog Brain Res.* 2014;209:91–129.
- 3760.** Ramírez-Barrantes R, Arancibia M, Stojanova J, Aspé-Sánchez M, Córdova C, Henríquez-Ch RA. Default mode network, meditation, and age-associated brain changes: what can we learn from the impact of mental training on well-being as a psychotherapeutic approach? *Neural Plast.* 2019 Apr 2;2019:7067592.
- 3761.** Ramos-Moreno T, Galazo MJ, Porrero C, Martínez-Cerdeño V, Clascá F. Extracellular matrix molecules and synaptic plasticity: immunomapping of intracellular and secreted Reelin in the adult rat brain. *Eur J Neurosci.* 2006 Jan 18;23(2):401–22.
- 3762.** Ramsden HL, Sürmeli G, McDonagh SG, Nolan MF. Laminar and dorsoventral molecular organization of the medial entorhinal cortex revealed by large-scale anatomical analysis of gene expression. *PLoS Comput Biol.* 2015 Jan 23;11(1):e1004032.



3763. Ramstead MJD, Badcock PB, Friston KJ. Answering Schrödinger's question: a free-energy formulation. *Phys Life Rev.* 2018 Mar;24:1–16.
3764. Ran QS, Yu YH, Fu XH, Wen YC. Activation of the Notch signaling pathway promotes neurovascular repair after traumatic brain injury. *Neural Regen Res.* 2015;10(8):1258–64.
3765. Ranade SS, Syeda R, Patapoutian A. Mechanically activated ion channels. *Neuron.* 2015 Sep;87(6):1162–79.
3766. Ranft K, Dobrowolny H, Krell D, Bielau H, Bogerts B, Bernstein HG. Evidence for structural abnormalities of the human habenular complex in affective disorders but not in schizophrenia. *Psychol Med.* 2010;40(4):557–67.
3767. Ranganath C, Ritchey M. Two cortical systems for memory-guided behaviour. *Nat Rev Neurosci.* 2012;13(10):713–26.
3768. Rango M, Bonifati C, Bresolin N. Post-activation brain warming: a 1-H MRS thermometry study. *PLoS One.* 2015 May 26;10(5):e0127314.
3769. Rangroo Thrane V, Thrane AS, Plog BA, Thiagarajan M, Iliff JJ, Deane R, Nagelhus EA, Nedergaard M. Paravascular microcirculation facilitates rapid lipid transport and astrocyte signaling in the brain. *Sci Rep.* 2013;3:2582.
3770. Rank MM, Li X, Bennett DJ, Gorassini MA. Role of endogenous release of norepinephrine in muscle spasms after chronic spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2007;97(5):3166–80.
3771. Rank MM, Murray KC, Stephens MJ, D'Amico J, Gorassini MA, Bennett DJ. Adrenergic receptors modulate motoneuron excitability, sensory synaptic transmission and muscle spasms after chronic spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2011;105(1):410–22.
3772. Ransohoff RM, Cardona AE. The myeloid cells of the central nervous system parenchyma. *Nature.* 2010;468(7321):253–62.
3773. Rao SM, Mayer AR, Harrington DL. The evolution of brain activation during temporal processing. *Nat Neurosci.* 2001;4(3):317–23.
3774. Rao SN, Pearse DD. Regulating axonal responses to injury: the intersection between signaling pathways involved in axon myelination and the inhibition of axon regeneration. *Front Mol Neurosci.* 2016 Jun 8;9:33.
3775. Raper D, Louveau A, Kipnis J. How do meningeal lymphatic vessels drain the CNS? *Trends Neurosci.* 2016;39(9):581–6.
3776. Rapp PR, Gallagher M. Preserved neuron number in the hippocampus of aged rats with spatial learning deficits. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1996;93(18):9926–30.
3777. Räsänen J. Pro-life arguments against infanticide and why they are not convincing. *Bioethics.* 2016;30(9):656–62.
3778. Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. *Physiol Rev.* 2013;93(2):681–766.
3779. Rash JA, Aguirre-Camacho A. Attention-deficit hyperactivity disorder and cardiac vagal control: a systematic review. *Atten Defic Hyperact Disord.* 2012 Dec;4(4):167–77.
3780. Rashid S, McAllister JP, Yu Y, Wagshul ME. Neocortical capillary flow pulsatility is not elevated in experimental communicating hydrocephalus. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2012;32(2):318–29.
3781. Rastetter RH, Smith CA, Wilhelm D. The role of non-coding RNAs in male sex determination and differentiation. *Reproduction.* 2015;150(3):R93–107.
3782. Ratcliff R. A theory of memory retrieval. *Psychol Rev.* 1978;85(2):59–108.
3783. Ratcliff R, McKoon G. The diffusion decision model: theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Comput.* 2008 Apr;20(4):873–922.
3784. Ratcliff R, Rouder JN. A diffusion model account of masking in two-choice letter identification. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2000;26(1):127–40.
3785. Ratcliff R, Smith PL, Brown SD, McKoon G. Diffusion decision model: current issues and history. *Trends Cogn Sci.* 2016;20(4):260–81.
3786. Rath MF, Rohde K, Moller M. Circadian oscillations of molecular clock components in the cerebellar cortex of the rat. *Chronobiol Int.* 2012;29(10):1289–99.
3787. Rath MF, Rovsing L, Møller M. Circadian oscillators in the mouse brain: molecular clock components in the neocortex and cerebellar cortex. *Cell Tissue Res.* 2014;357(3):743–55.
3788. Ratnasingam D, Lovick DS, Weber DM, Buonocore RV, Williams WV. An unusual recovery from traumatic brain injury in a young man. *Linacre Q.* 2015 Feb;82(1):55–66.
3789. Rattay F, Minassian K, Dimitrijevic MR. Epidural electrical stimulation of posterior structures of the human lumbosacral cord: 2. quantitative analysis by computer modeling. *Spinal Cord.* 2000 Aug;38(8):473–89.
3790. Rau H, Elbert T. Psychophysiology of arterial baroreceptors and the etiology of hypertension. *Biol Psychol.* 2001;57(1–3):179–201.
3791. Rauch L. The poet syndrome: opiates, psychosis and creativity. *J Psychoactive Drugs.* 2000;32(3):343–9.
3792. Rauch MF, Hynes SR, Bertram J, Redmond A, Robinson R, Williams C, Xu H, Madri JA, Lavik EB. Engineering angiogenesis following spinal cord injury: a culture of neural progenitor and endothelial cells in a degradable polymer implant leads to an increase in vessel density and formation of the blood-spinal cord barrier. *Eur J Neurosci.* 2009 Jan;29(1):132–45.
3793. Ravignani A, Thompson B, Lumaca M, Grube M. Why do durations in musical rhythms conform to small integer ratios? *Front Comput Neurosci.* 2018 Nov 28;12:86.
3794. Ray CA, Monahan KD. The vestibulosympathetic reflex in humans: neural interactions between cardiovascular reflexes. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2002;29(1–2):98–102.
3795. Ray L, Iliff JJ, Heys JJ. Analysis of convective and diffusive transport in the brain interstitium. *Fluids Barriers CNS.* 2019 Mar 6;16(1):6.
3796. Ray S, Brecht M. Structural development and dorsoventral maturation of the medial entorhinal cortex. *Elife.* 2016 Apr 2;5:e13343.
3797. Ray S, Burgalossi A, Brecht M, Naumann RK. Complementary modular microcircuits of the rat medial entorhinal cortex. *Front Syst Neurosci.* 2017 Apr 10;11:20.
3798. Ray S, Naumann R, Burgalossi A, Tang Q, Schmidt H, Brecht M. Grid-layout and theta-modulation of layer 2 pyramidal neurons in medial entorhinal cortex. *Science.* 2014 Feb 21;343(6173):891–6.
3799. Rayegani SM, Shojaee H, Sedghipour L, Soroush MR, Baghban M, Amirani OB. The effect of electrical passive cycling on spasticity in war veterans with spinal cord injury. *Front Neurol.* 2011 Jun 20;2:39.
3800. Raznahan A, Lee NR, Greenstein D, Wallace GL, Blumenthal JD, Clasen LS, Giedd JN. Globally divergent but locally convergent X- and Y-chromosome influences on cortical development. *Cereb Cortex.* 2016 Jan;26(1):70–9.
3801. Reagh ZM, Yassa MA. Object and spatial mnemonic interference differentially engage lateral and medial entorhinal cortex in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014 Oct 7;111(40):E4264–73.
3802. Reardon C, Murray K, Lomax AE. Neuroimmune communication in health and disease. *Physiol Rev.* 2018;98(4):2287–316.
3803. Rebola N, Carta M, Mülle C. Operation and plasticity of hippocampal CA3 circuits: implications for memory encoding. *Nat Rev Neurosci.* 2017;18(4):209–21.
3804. Reboldi A, Coisne C, Baumjohann D, Benvenuto F, Bottinelli D, Lira S, Uccelli A, Lanzavecchia A, Engelhardt B, Sallusto F. C-C chemokine receptor 6-regulated entry of TH-17 cells into the CNS through the choroid plexus is required for the initiation of EAE. *Nat Immunol.* 2009 May;10(5):514–23.
3805. Rebollo I, Devauchelle AD, Béranger B, Tallon-Baudry C. Stomach-brain synchrony reveals a novel, delayed-connectivity resting-state network in humans. *Elife.* 2018 Mar 21;7:e33321.
3806. Redgrave J, Day D, Leung H, Laud PJ, Ali A, Lindert R, Majid A. Safety and tolerability of transcutaneous vagus nerve stimulation in humans; a systematic review. *Brain Stimul.* 2018 Nov-Dec;11(6):1225–38.
3807. Redgrave P, Mitchell IJ, Dean P. Further evidence for segregated output channels from superior colliculus in rat: ipsilateral tectopontine and tectocuneiform projections have different cells of origin. *Brain Res.* 1987;413(1):170–4.
3808. Redies C. Combining universal beauty and cultural context in a unifying model of visual aesthetic experience. *Front Hum Neurosci.* 2015 Apr 28;9:218.
3809. Redmond SA, Figueres-Oñate M, Obernier K, Nascimento MA, Parraguez JI, López-Mascaraque L, Fuentealba LC, Alvarez-Buylla A. Development of ependymal and postnatal neural stem cells and their origin from a common embryonic progenitor. *Cell Rep.* 2019 Apr 9;27(2):429–441.e3.
3810. Redwine JM, Buchmeier MJ, Evans CF. In Vivo Expression of major histocompatibility complex molecules on oligodendrocytes and neurons during viral infection. *Am J Pathol.* 2001 Oct;159(4):1219–24.
3811. Rees CL, Wheeler DW, Hamilton DJ, White CM, Komendantov AO, Ascoli GA. Graph theoretic and motif analyses of the hippocampal neuron type potential connectome. *eNeuro.* 2016 Nov 18;3(6):ENEURO.0205-16.2016.
3812. Reeson P, Tennant KA, Gerrow K, Wang J, Weiser Novak S, Thompson K, Lockhart KL, Holmes A, Nahirney PC, Brown CE. Delayed inhibition of VEGF signaling after stroke attenuates blood-brain barrier breakdown and improves functional recovery in a comorbidity-dependent manner. *J Neurosci.* 2015 Apr 1;35(13):5128–43.
3813. Rehen SK, McConnell MJ, Kaushal D, Kingsbury MA, Yang AH, Chun J. Chromosomal variation in neurons of the developing and adult mammalian nervous system. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001;98(23):13361–6.
3814. Reiber H. Proteins in cerebrospinal fluid and blood: Barriers, CSF flow rate and source-related dynamics. *Restor. Neurol. Neurosci.* 2003;21(3–4):79–96.
3815. Reichenbach A, Derouiche A, Kirchhoff F. Morphology and dynamics of perisynaptic glia. *Brain Res Rev.* 2010;63(1–2):11–25.

- 3816.** Reichling DB, Basbaum AI. Contribution of brainstem GABAergic circuitry to descending antinociceptive controls: II. Electron microscopic immunocytochemical evidence of gabaergic control over the projection from the periaqueductal gray to the nucleus raphe magnus in the rat. *J Comp Neurol.* 1990;302(2):378–93.
- 3817.** Reidy KJ, Rosenblum ND. Cell and molecular biology of kidney development. *Semin Nephrol.* 2009;29(4):321–37.
- 3818.** Reimann MW, Nolte M, Scolamiero M, Turner K, Perin R, Chindemi G, Dlotko P, Levi R, Hess K, Markram H. Cliques of neurons bound into cavities provide a missing link between structure and function. *Front Comput Neurosci.* 2017 Jun 12;11:48.
- 3819.** Reimers JR, McKemmish LK, McKenzie RH, Mark AE, Hush NS. The revised Penrose-Hameroff orchestrated objective-reduction proposal for human consciousness is not scientifically justified: Comment on “Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory” by Hameroff and Penrose. *Phys Life Rev.* 2014;11(1):101–3.
- 3820.** Reina MA, De León Casasola O, Villanueva MC, López A, Machés F, De Andrés JA. Ultrastructural findings in human spinal pia mater in relation to subarachnoid anesthesia. *Anesth Analg.* 2004;98(5):1479–85.
- 3821.** Reiner AJ. A hypothesis as to the organization of cerebral cortex in the common amniote ancestor of modern reptiles and mammals. *Novartis Found Symp.* 2000;228:83–108.
- 3822.** Reinitz A, DeStefano J, Ye M, Wong AD, Searson PC. Human brain microvascular endothelial cells resist elongation due to shear stress. *Microvasc Res.* 2015 May;99(1):8–18.
- 3823.** Reisig K, Clyne AM. Fibroblast growth factor-2 binding to the endothelial basement membrane peaks at a physiologically relevant shear stress. *Matrix Biol.* 2010;29(7):586–93.
- 3824.** Reisser CM, Fasel D, Hürlimann E, Dukic M, Haag-Liautard C, Thuillier V, Galimov Y, Haag CR. Transition from environmental to partial genetic sex determination in *Daphnia* through the evolution of a female-determining incipient W chromosome. *Mol Biol Evol.* 2017 Mar 1;34(3):575–88.
- 3825.** Reiter RJ, Tan DX, Kim SJ, Cruz MH. Delivery of pineal melatonin to the brain and SCN: role of canaliculi, cerebrospinal fluid, tanycytes and Virchow–Robin perivascular spaces. *Brain Struct Funct.* 2014;219(6):1873–87.
- 3826.** Rejc E, Angeli CA, Atkinson D, Harkema SJ. Motor recovery after activity-based training with spinal cord epidural stimulation in a chronic motor complete paraplegic. *Sci Rep.* 2017 Oct 26;7(1):13476.
- 3827.** Rekling JC, Funk GD, Bayliss DA, Dong X-W, Feldman JL. Synaptic control of motoneuronal excitability. *Physiol Rev.* 2000 Jan 4;80(2):767–852.
- 3828.** Ren C, Yin P, Ren N, Wang Z, Wang J, Zhang C, Ge W, Geng D, Wang X. Cerebrospinal fluid-stem cell interactions may pave the path for cell-based therapy in neurological diseases. *Stem Cell Res Ther.* 2018 Mar 9;9(1):66.
- 3829.** Ren J, Qin C, Hu F, Tan J, Qiu L, Zhao S, Feng G, Luo M. Habenula “cholinergic” neurons co-release glutamate and acetylcholine and activate postsynaptic neurons via distinct transmission modes. *Neuron.* 2011 Feb 10;69(3):445–52.
- 3830.** Ren LQ, Wienecke J, Chen M, Möller M, Hultborn H, Zhang M. The time course of serotonin 2C receptor expression after spinal transection of rats: an immunohistochemical study. *Neuroscience.* 2013;236:31–46.
- 3831.** Ren LQ, Wienecke J, Hultborn H, Zhang M. Production of dopamine by aromatic L-amino acid decarboxylase cells after spinal cord injury. *J Neurotrauma.* 2016 Jun 15;33(12):1150–60.
- 3832.** Rennels ML, Gregory TF, Blaumanis OR, Fujimoto K, Grady PA. Evidence for a ‘paravascular’ fluid circulation in the mammalian central nervous system, provided by the rapid distribution of tracer protein throughout the brain from the subarachnoid space. *Brain Res.* 1985 Feb 4;326(1):47–63.
- 3833.** Rennó-Costa C, Tort ABL. Place and grid cells in a loop: implications for memory function and spatial coding. *J Neurosci.* 2017 Aug 23;37(34):8062–76.
- 3834.** Resch JM, Fenselau H, Madara JC, Wu C, Campbell JN, Lyubetskaya A, Dawes BA, Tsai LT, Li MM, Livneh Y, Ke Q, Kang PM, Fejes-Tóth G, Náráry-Fejes-Tóth A, Geerling JC, Lowell BB. Aldosterone-sensing neurons in the NTS exhibit state-dependent pacemaker activity and drive sodium appetite via synergy with angiotensin II signaling. *Neuron.* 2017 Sep 27;96(1):190–206.e7.
- 3835.** Reuter U, McClure C, Liebler E, Pozo-Rosich P. Non-invasive neuromodulation for migraine and cluster headache: a systematic review of clinical trials. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2019;90(7):796–804.
- 3836.** Rexed B. The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat. *J Comp Neurol.* 1952 Jun;96(3):415–95.
- 3837.** Rey J, Sarntinoranont M. Pulsatile flow drivers in brain parenchyma and perivascular spaces: a resistance network model study. *Fluids Barriers CNS.* 2018 Jul 16;15(1):20.
- 3838.** Reybrouck M, Vuust P, Brattico E. Brain connectivity networks and the aesthetic experience of music. *Brain Sci.* 2018 Jun 12;8(6):107.
- 3839.** Reyes R, Lauritzen I, Lesage F, Ettaiche M, Fosset M, Lazdunski M. Immunolocalization of the arachidonic acid and mechanosensitive baseline TRAAK potassium channel in the nervous system. *Neuroscience.* 1999;95(3):893–901.
- 3840.** Reynolds ES. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. *J Cell Biol.* 1963;17:208–12.
- 3841.** Rho MJ, Cabana T, Drew T. Organization of the projections from the perirhinal cortex to the pontomedullary reticular formation of the cat: a quantitative retrograde tracing study. *J Comp Neurol.* 1997;388(2):228–49.
- 3842.** Ribak CE, Seress L. Five types of basket cell in the hippocampal dentate gyrus: a combined Golgi and electron microscopic study. *J Neurocytol.* 1983;12(4):577–97.
- 3843.** Ribak CE, Shapiro LA. Ultrastructure and synaptic connectivity of cell types in the adult rat dentate gyrus. *Prog Brain Res.* 2007;163:155–66.
- 3844.** Ribic A, Zhang M, Schlumbohm C, Mätz-Rensing K, Uchanska-Ziegler B, Flügge G, Zhang W, Walter L, Fuchs E. Neuronal MHC class I molecules are involved in excitatory synaptic transmission at the hippocampal mossy fiber synapses of marmoset monkeys. *Cell Mol Neurobiol.* 2010 Aug;30(6):827–39.
- 3845.** Riccelli R, Toschi N, Nigro S, Terracciano A, Passamonti L. Surface-based morphometry reveals the neuroanatomical basis of the five-factor model of personality. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2017;12(4):671–84.
- 3846.** Riccomagno MM, Kolodkin AL. Sculpting neural circuits by axon and dendrite pruning. *Annu Rev Cell Dev Biol.* 2015;31:779–805.
- 3847.** Rice WR, Friberg U, Gavrillets S. Homosexuality as a consequence of epigenetically canalized sexual development. *Q Rev Biol.* 2012 Dec;87(4):343–68.
- 3848.** Rice WR, Friberg U, Gavrillets S. Homosexuality via canalized sexual development: a testing protocol for a new epigenetic model. *BioEssays.* 2013;35(9):764–70.
- 3849.** Rice WR, Friberg U, Gavrillets S. Sexually antagonistic epigenetic marks that canalize sexually dimorphic development. *Mol Ecol.* 2016;25(8):1812–22.
- 3850.** Richard JE, Farkas I, Anesten F, Anderberg RH, Dickson SL, Gribble FM, Reimann F, Jansson JO, Liposits Z, Skibicka KP. GLP-1 receptor stimulation of the lateral parabrachial nucleus reduces food intake: neuroanatomical, electrophysiological, and behavioral evidence. *Endocrinology.* 2014 Nov;155(11):4356–67.
- 3851.** Richards JS, Brown L, Hagglund K, Bua G, Reeder K. Spinal cord injury and concomitant traumatic brain injury. *Am J Phys Med Rehabil.* 1988 Oct;67(5):211–6.
- 3852.** Ridderinkhof KR, Ullsperger M, Crone EA, Nieuwenhuis S. The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science.* 2004 Oct 15;306(5695):443–7.
- 3853.** Riekkii T, Lindeman M, Lipsanen J. Conceptions about the mindbody problem and their relations to afterlife beliefs, paranormal beliefs, religiosity, and ontological confusions. *Adv Cogn Psychol.* 2013;9(3):112–20.
- 3854.** Říhová B, Kopeček J, Ulbrich K, Chytrý V. Immunogenicity of N-(2-hydroxypropyl) methacrylamide copolymers. *Die Makromolekulare Chemie.* 1985 Jan;9(S19851):13–24.
- 3855.** Rinaman L, Comer J. Antagonism of central glucagon-like peptide-1 receptors enhances lipopolysaccharide-induced fever. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2000;85(1–3):98–101.
- 3856.** Rinaman L. Hindbrain noradrenergic A2 neurons: diverse roles in autonomic, endocrine, cognitive, and behavioral functions. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2011 Feb;300(2):R222–35.
- 3857.** Ring C, Brener J, Knapp K, Mailloux J. Effects of heartbeat feedback on beliefs about heart rate and heartbeat counting: a cautionary tale about interoceptive awareness. *Biol Psychol.* 2015;104:193–8.
- 3858.** Rinne JO, Ma SY, Lee MS, Collan Y, Röttä M. Loss of cholinergic neurons in the pedunculopontine nucleus in Parkinson’s disease is related to disability of the patients. *Park Relat Disord.* 2008;14(7):533–7.
- 3859.** Risold PY, Swanson LW. Connections of the rat lateral septal complex. *Brain Res Rev.* 1997;24(2–3):115–95.
- 3860.** Ritchey Z, Mirsky DM, Weitzenkamp D, Bernard TJ, Herson PS, Stence NV. Age-associated hippocampal volume changes in childhood arterial ischemic stroke. *Child’s Nerv Syst.* 2019;35(2):295–300.
- 3861.** Ritzen EM. Advances in anatomy, embryology and cell biology ergebnisse der anatomie und entwicklungsgeschichte revues d’anatomie et de morphologic expérimentale. *Mol Cell Endocrinol.* 1978 May;10(3):344–5.
- 3862.** Riva A, Conti G, Solinas P, Loy F. The evolution of anatomical illustration and wax modelling in Italy from the 16th to early 19th centuries. *J Anat.* 2010;216(2):209–22.
- 3863.** Riva P, Manfrinati A, Sacchi S, Pisoni A, Romero Lauro LJ. Selective changes in moral judgment by noninvasive brain stimulation of the medial prefrontal cortex. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2019;19(4):797–810.
- 3864.** Rivera FJ, Hinrichsen B, Silva ME. Pericytes in multiple sclerosis. *Adv Exp Med Biol.* 2019;1147:167–87.

3865. Rivest F, Bengio Y. Adaptive drift-diffusion process to learn time intervals. 2011; Available from: <http://arxiv.org/abs/1103.2382>.
3866. Rivlin-Etzion M, Marmor O, Heimer G, Raz A, Nini A, Bergman H. Basal ganglia oscillations and pathophysiology of movement disorders. *Curr Opin Neurobiol*. 2006;16(6):629–37.
3867. Rizwan A, Sankari A, Bascom AT, Vaughan S, Badr MS. Nocturnal swallowing and arousal threshold in individuals with chronic spinal cord injury. *J Appl Physiol*. 2018;125(2):445–52.
3868. Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by multiple sclerosis patients. *Mult Scler*. 2004;10(5):589–95.
3869. Rizzoli SO, Betz WJ. Synaptic vesicle pools. *Nat Rev Neurosci*. 2005;6(1):57–69.
3870. Rizzoti K, Lovell-Badge R. Pivotal role of median eminence tanycytes for hypothalamic function and neurogenesis. *Mol Cell Endocrinol*. 2017;445:7–13.
3871. Roballo KCS, Gonçalves NJN, Pieri NCG, Souza AF, Andrade AFC, Ambrósio CE. Regulation of neural stem cells by choroid plexus cells population. *Neurosci Lett*. 2016;626:35–41.
3872. Robbins TW, Vaghi MM, Banca P. Obsessive-compulsive disorder: puzzles and prospects. *Neuron*. 2019;102(1):27–47.
3873. Robel S, Berninger B, Götz M. The stem cell potential of glia: lessons from reactive gliosis. *Nat Rev Neurosci*. 2011;12(2):88–104.
3874. Robert V, Cassim S, Chevalyre V, Piskorowski RA. Hippocampal area CA2: properties and contribution to hippocampal function. *Cell Tissue Res*. 2018;373(3):525–40.
3875. Roberts A, Clarke JD. The neuroanatomy of an amphibian embryo spinal cord. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1982;296(1081):195–212.
3876. Roberts A. Surgical management of spasticity. *J Child Orthop*. 2013;7(5):389–94.
3877. Roberts BL, Meredith GE, Maslam S. Immunocytochemical analysis of the dopamine system in the brain and spinal cord of the European eel, *Anguilla anguilla*. *Anat Embryol (Berl)*. 1989;180(4):401–12.
3878. Roberts BL, Zhu M, Zhao H, Dillon C, Appleyard SM. High glucose increases action potential firing of catecholamine neurons in the nucleus of the solitary tract by increasing spontaneous glutamate inputs. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2017 Sep 1;313(3):R229–R239.
3879. Roberts HJ, Noble JM. Education research: Changing medical student perceptions of dementia: an arts-centered experience. *Neurology*. 2015;85(8):739–41.
3880. Roberts L, Ahmed I, Davison A. Intercessory prayer for the alleviation of ill health. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009;2:CD000368 [PubMed: Roberts L, Ahmed I, Hall S, Davison A. Intercessory prayer for the alleviation of ill health. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 Apr 15;2009(2):CD000368].
3881. Robertson RG, Rolls ET, Georges-François P. Spatial view cells in the primate hippocampus: effects of removal of view details. *J Neurophysiol*. 1998;79(3):1145–56.
3882. Robertson SD, Plummer NW, De Marchena J, Jensen P. Developmental origins of central norepinephrine neuron diversity. *Nat Neurosci*. 2013;16(8):1016–23.
3883. Robinson NTM, Priestley JB, Rueckemann JW, Garcia AD, Smeglin VA, Marino FA, Eichenbaum H. Medial entorhinal cortex selectively supports temporal coding by hippocampal neurons. *Neuron*. 2017 May 3;94(3):677–688.e6.
3884. Rochefort C, Lefort JM, Rondi-Reig L. The cerebellum: a new key structure in the navigation system. *Front Neural Circuits*. 2013 Mar 13;7:35.
3885. Rodríguez EM, Blázquez JL, Guerra M. The design of barriers in the hypothalamus allows the median eminence and the arcuate nucleus to enjoy private milieus: the former opens to the portal blood and the latter to the cerebrospinal fluid. *Peptides*. 2010 Apr;31(4):757–76.
3886. Rodríguez EM, Oksche A, Hein S, Yulis CR. Cell biology of the subcommissural organ. *Int Rev Cytol*. 1992;135:39–121.
3887. Rodríguez EM, Rodríguez S, Hein S. The subcommissural organ. *Microsc Res Tech*. 1998 Apr 15;41(2):98–123.
3888. Rodríguez S, Capriol T. Functional aspects of the subcommissural organ-Reissner's fiber complex with emphasis in the clearance of brain monoamines. *Microsc Res Tech*. 2001 Mar 1;52(5):564–72.
3889. Rodríguez S, Vio K, Wagner C, Barriá M, Navarrete EH, Ramírez VD, Pérez-Figares JM, Rodríguez EM. Changes in the cerebrospinal-fluid monoamines in rats with an immunoneutralization of the subcommissural organ-Reissner's fiber complex by maternal delivery of antibodies. *Exp Brain Res*. 1999 Oct;128(3):278–90.
3890. Rodríguez-Vázquez M, Vega-Ruiz B, Ramos-Zúñiga R, Saldaña-Koppel DA, Quiñones-Olvera LF. Chitosan and its potential use as a scaffold for tissue engineering in regenerative medicine. *Biomed Res Int*. 2015;2015:821279.
3891. Roe CA, Sonnex C, Roxburgh EC. Two meta-analyses of noncontact healing studies. *Explor J Sci Heal*. 2015;11(1):11–23.
3892. Roelofs K. Freeze for action: neurobiological mechanisms in animal and human freezing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2017 Apr 19;372(1718):20160206.
3893. Roeper J. Dissecting the diversity of midbrain dopamine neurons. *Trends Neurosci*. 2013;36(6):336–42.
3894. Rogalski EJ, Gefen T, Shi J, Samimi M, Bigio E, Weintraub S, Geula C, Mesulam MM. Youthful memory capacity in old brains: anatomic and genetic clues from the Northwestern SuperAging Project. *J Cogn Neurosci*. 2013 Jan;25(1):29–36.
3895. Rogers J, Gibbs RA. Comparative primate genomics: emerging patterns of genome content and dynamics. *Nat Rev Genet*. 2014 May;15(5):347–59.
3896. Roh DH, Seo MS, Choi HS, Park SB, Han HJ, Beitz AJ, Kang KS, Lee JH. Transplantation of human umbilical cord blood or amniotic epithelial stem cells alleviates mechanical allodynia after spinal cord injury in rats. *Cell Transplant*. 2013;22(9):1577–90.
3897. Rohde E, Pachler K, Gimona M. Manufacturing and characterization of extracellular vesicles from umbilical cord-derived mesenchymal stromal cells for clinical testing. *Cytotherapy*. 2019;21(6):581–92.
3898. Rohr CS, Dimond D, Schuetz M, Cho IYK, Lichtenstein-Vidne L, Okon-Singer H, Dewey D, Bray S. Girls' attentive traits associate with cerebellar to dorsal attention and default mode network connectivity. *Neuropsychologia*. 2019 Apr;127:84–92.
3899. Rolland AS, Karachi C, Muriel MP, Hirsch EC, François C. Internal pallidum and substantia nigra control different parts of the mesopontine reticular formation in primate. *Mov Disord*. 2011;26(9):1648–56.
3900. Rollenhagen A, Lübke JH. The mossy fiber bouton: the “common” or the “unique” synapse? *Front Synaptic Neurosci*. 2010 Mar 15;2:2.
3901. Rolls ET, Mills P. The generation of time in the hippocampal memory system. *Cell Rep*. 2019 Aug 13;28(7):1649–1658.e6.
3902. Rolls ET, O'Mara SM. View-responsive neurons in the primate hippocampal complex. *Hippocampus*. 1995;5(5):409–24.
3903. Rolls ET, Robertson RG, Georges-François P. Spatial view cells in the primate hippocampus. *Eur J Neurosci*. 1997 Aug;9(8):1789–94.
3904. Rolls ET. A quantitative theory of the functions of the hippocampal CA3 network in memory. *Front Cell Neurosci*. 2013 a;7:98.
3905. Rolls ET. A scientific theory of *Ars Memoriae*: spatial view cells in a continuous attractor network with linked items. *Hippocampus*. 2017 May;27(5):570–9.
3906. Rolls ET. The mechanisms for pattern completion and pattern separation in the hippocampus. *Front Syst Neurosci*. 2013 b;7:74.
3907. Rolls ET. The storage and recall of memories in the hippocampo-cortical system. *Cell Tissue Res*. 2018 Sep;373(3):577–604.
3908. Romeu-Mejia R, Giza CC, Goldman JT. Concussion pathophysiology and injury biomechanics. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019 Jun 28;12(2):105–16.
3909. Romez C, Zaritzky D, Brown JW. Case Report of gastroparesis healing: 16 years of a chronic syndrome resolved after proximal intercessory prayer. *Complement Ther Med*. 2019 Apr;43:289–94.
3910. Ronan L, Fletcher PC. From genes to folds: a review of cortical gyrification theory. *Brain Struct Funct*. 2015;220(5):2475–83.
3911. Ronchi R, Bello-Ruiz J, Lukowska M, Herbelin B, Cabrilo I, Schaller K, Blanke O. Right insular damage decreases heartbeat awareness and alters cardio-visual effects on bodily self-consciousness. *Neuropsychologia*. 2015 Apr;70:11–20.
3912. Roosevelt RW, Smith DC, Clough RW, Jensen RA, Browning RA. Increased extracellular concentrations of norepinephrine in cortex and hippocampus following vagus nerve stimulation in the rat. *Brain Res*. 2006 Nov;1119(1):124–32.
3913. Root DH, Hoffman AF, Good CH, Zhang S, Gigante E, Lupica CR, Morales M. Norepinephrine activates dopamine D4 receptors in the rat lateral habenula. *J Neurosci*. 2015 a;35(8):3460–9.
3914. Root DH, Melendez RI, Zaborsky L, Napier TC. The ventral pallidum: subregion-specific functional anatomy and roles in motivated behaviors. *Prog Neurobiol*. 2015 b;130:29–70. — не знайшов посилання у тексті
3915. Rozenendaal B. Glucocorticoid receptor activation in the rat nucleus of the solitary tract facilitates memory consolidation: involvement of the basolateral amygdala. *Eur J Neurosci*. 1999;11(4):1317–23.
3916. Ropireddy D, Bachus SE, Ascoli GA. Non-homogeneous stereological properties of the rat hippocampus from high-resolution 3D serial reconstruction of thin histological sections. *Neuroscience*. 2012 Mar;205(1):91–111.
3917. Ropireddy D, Scorcioni R, Lasher B, Buzsáki G, Ascoli GA. Axonal morphometry of hippocampal pyramidal neurons semi-automatically reconstructed after in vivo labeling in different CA3 locations. *Brain Struct Funct*. 2011 Mar;216(1):1–15.
3918. Roš H, Magill PJ, Moss J, Bolam JP, Mena-Segovia J. Distinct types of non-cholinergic pedunculopontine neurons are differentially modulated during global brain states. *Neuroscience*. 2010 Sep;170(1):78–91.

3919. Rosandić M, Vlahović I, Glunčić M, Paar V. Trinucleotide's quadruplet symmetries and natural symmetry law of DNA creation ensuing Chargaff's second parity rule. *J Biomol Struct Dyn*. 2016;34(7):1383–94.
3920. Roselli CE. Neurobiology of gender identity and sexual orientation. *J Neuroendocrinol*. 2018 Jul;30(7):e12562.
3921. Rosen AM, Victor JD, di Lorenzo PM. Temporal coding of taste in the parabrachial nucleus of the pons of the rat. *J Neurophysiol*. 2011;105(4):1889–96.
3922. Rosen DS, Erickson B, Kim YE, Mirman D, Hamilton RH, Kounios J. Anodal tDCS to right dorsolateral prefrontal cortex facilitates performance for novice jazz improvisers but hinders experts. *Front Hum Neurosci*. 2016 Nov 16;10:579.
3923. Rosen LG, Sun N, Rushlow W, Laviolette SR. Molecular and neuronal plasticity mechanisms in the amygdala-prefrontal cortical circuit: implications for opiate addiction memory formation. *Front Neurosci*. 2015 Nov 5;9:399.
3924. Rosen SD, Paulesu E, Nihoyannopoulos P, Tousoulis D, Frackowiak RS, Frith CD, Jones T, Camici PG. Silent ischemia as a central problem: regional brain activation compared in silent and painful myocardial ischemia. *Ann Intern Med*. 1996 Jun 1;124(11):939–49.
3925. Rosenfeld CS. Brain sexual differentiation and requirement of SRY: why or why not? *Front Neurosci*. 2017 Nov 16;11:632.
3926. Ross B, McKendy K, Gaid A. Role of urotensin II in health and disease. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2010 May;298(5):R1156–72.
3927. Rossi F, Gianola S, Corvetti L. The strange case of Purkinje axon regeneration and plasticity. *Cerebellum*. 2006;5(2):174–82.
3928. Rosso G, Liashkovich I, Shahin V. In situ investigation of interrelationships between morphology and biomechanics of endothelial and glial cells and their nuclei. *Adv Sci (Weinh)*. 2018 Nov 10;6(1):1801638.
3929. Roth E, Davidoff G, Thomas P, Doljanac R, Dijkers M, Berent S, Morris J, Yarkony G. A controlled study of neuropsychological deficits in acute spinal cord injury patients. *Paraplegia*. 1989 Dec;27(6):480–9.
3930. Roth MM, Dahmen JC, Muir DR, Imhof F, Martini FJ, Hofer SB. Thalamic nuclei convey diverse contextual information to layer 1 of visual cortex. *Nat Neurosci*. 2016;19(2):299–307.
3931. Rouleau N, Murugan NJ, Tessaro LW, Costa JN, Persinger MA. When is the brain dead? Living-like electrophysiological responses and photon emissions from applications of neurotransmitters in fixed post-mortem human brains. *PLoS One*. 2016 Dec 1;11(12):e0167231.
3932. Rowland DC, Obenhaus HA, Skytøen ER, Zhang Q, Kentros CG, Moser EI, Moser MB. Functional properties of stellate cells in medial entorhinal cortex layer II. *Elife*. 2018 Sep 14;7:e36664.
3933. Rowland DC, Roudi Y, Moser M-B, Moser EI. Ten years of grid cells. *Annu Rev Neurosci*. 2016 Jul 8;39(1):19–40.
3934. Rowland DC, Weible AP, Wickersham IR, Wu H, Mayford M, Witter MP, Kentros CG. Transgenically targeted rabies virus demonstrates a major monosynaptic projection from hippocampal area CA2 to medial entorhinal layer II neurons. *J Neurosci*. 2013 Sep 11;33(37):14889–98.
3935. Rowson SA, Bekbat M, Kelly SD, Binder EB, Hyer MM, Shaw G, Bent MA, Hodes G, Tharp G, Weinschenker D, Qin Z, Neigh GN. Chronic adolescent stress sex-specifically alters the hippocampal transcriptome in adulthood. *Neuropsychopharmacology*. 2019 Jun;44(7):1207–15.
3936. Roy A. The theory of localist representation and of a purely abstract cognitive system: the evidence from cortical columns, category cells, and multisensory neurons. *Front Psychol*. 2017 Feb 16;8:186.
3937. Roy B, Haupt LM, Griffiths LR. Review: Alternative Splicing (AS) of Genes As An Approach for Generating Protein Complexity. *Curr Genomics*. 2013 May;14(3):182–94.
3938. Royeck M, Horstmann MT, Remy S, Reitze M, Yaari Y, Beck H. Role of axonal Nav1.6 sodium channels in action potential initiation of CA1 pyramidal neurons. *J Neurophysiol*. 2008;100(4):2361–80.
3939. Rüb U, Del Tedicci K, Schultz C, Thal D, Braak E, Braak H. The autonomic higher order processing nuclei of the lower brain stem are among the early targets of the Alzheimer's disease-related cytoskeletal pathology. *Acta Neuropathol*. 2001 Jun;101(6):555–64.
3940. Rubertone JA, Haroian AJ, Vincent SL, Mehler WR. The rat parvocellular reticular formation: I. Afferents from the cerebellar nuclei. *Neurosci Lett*. 1990;119(1):79–82.
3941. Rubinstein M, Low MJ. Molecular and functional genetics of the proopiomelanocortin gene, food intake regulation and obesity. *FEBS Lett*. 2017 Sep;591(17):2593–606.
3942. Ruby P, Decety J. How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *J Cogn Neurosci*. 2004;16(6):988–99.
3943. Rudick RA, Zirretta DK, Herndon RM. Clearance of albumin from mouse subarachnoid space: a measure of CSF bulk flow. *J Neurosci Methods*. 1982;6(3):253–9.
3944. Ruff CC, Fehr E. The neurobiology of rewards and values in social decision making. *Nat Rev Neurosci*. 2014;15(8):549–62.
3945. Ruggiero F, Lavazza A, Vergari M, Priori A, Ferrucci R. Transcranial direct current stimulation of the left temporal lobe modulates insight. *Creat Res J*. 2018;30(2):143–51.
3946. Ruigrok AN, Salimi-Khorshidi G, Lai MC, Baron-Cohen S, Lombardo MV, Tait RJ, Suckling J. A meta-analysis of sex differences in human brain structure. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014 Feb;39(100):34–50.
3947. Ruitenbergh MJ, Plant GW, Hamers FP, Wortel J, Blits B, Dijkhuizen PA, Gispen WH, Boer GJ, Verhaagen J. Ex vivo adenoviral vector-mediated neurotrophin gene transfer to olfactory ensheathing glia: effects on rubrospinal tract regeneration, lesion size, and functional recovery after implantation in the injured rat spinal cord. *J Neurosci*. 2003 Aug 6;23(18):7045–58.
3948. Ruiz-Rizzo AL, Sorg C, Napiórkowski N, Neitzel J, Menegaux A, Müller HJ, Vangkilde S, Finke K. Decreased cingulo-opercular network functional connectivity mediates the impact of aging on visual processing speed. *Neurobiol Aging*. 2019 Jan;73:50–60.
3949. Runemark A, Eroukhanoff F, Nava-Bolaños A, Hermansen JS, Meier JI. Hybridization, sex-specific genomic architecture and local adaptation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2018 Oct 5;373(1757):20170419.
3950. Rusai K, Wagner B, Roos M, Schmadeder C, Strobl M, Boini KM, Grenz A, Kuhl D, Heemann U, Lang F, Lutz J. The serum and glucocorticoid-regulated kinase 1 in hypoxic renal injury. *Cell Physiol Biochem*. 2009;24(5–6):577–84.
3951. Rusanescu G, Mao J. Peripheral nerve injury induces adult brain neurogenesis and remodelling. *J Cell Mol Med*. 2017;21(2):299–314.
3952. Ruscio MG, Bradley King S, Haun HL. Social isolation increases cell proliferation in male and cell survival in female California mice (*Peromyscus californicus*). *Physiol Behav*. 2015;151:570–6.
3953. Russell ST, Fish JN. Mental health in lesbian, gay, bisexual, and transgender (LGBT) youth. *Annu Rev Clin Psychol*. 2016;12:465–87.
3954. Rusu MC, Hostiu S. Critical review: Cardiac telocytes vs cardiac lymphatic endothelial cells. *Ann Anat*. 2019;222:40–54.
3955. Rutherford MA. Resolving the structure of inner ear ribbon synapses with STED microscopy. *Synapse*. 2015 May;69(5):242–55.
3956. Ryan PJ, Ma S, Olucha-Bordonau FE, Gundlach AL. Nucleus incertus — an emerging modulatory role in arousal, stress and memory. *Neurosci Biobehav Rev*. 2011 May;35(6):1326–41.
3957. Rybak IA, Abdala APL, Markin SN, Paton JFR, Smith JC. Spatial organization and state-dependent mechanisms for respiratory rhythm and pattern generation. *Prog Brain Res*. 2007;165:201–20.
3958. Rye DB, Saper CB, Lee HJ, Wainer BH. Pedunculo-pontine tegmental nucleus of the rat: cytoarchitecture, cytochemistry, and some extrapyramidal connections of the mesopontine tegmentum. *J Comp Neurol*. 1987;259(4):483–528.
3959. Rysevaite K, Saburkina I, Pauziene N, Noujaim SF, Jalife J, Pauza DH. Morphologic pattern of the intrinsic ganglionated nerve plexus in mouse heart. *Hear Rhythm*. 2011;8(3):448–54.
3960. Sá M, Pereira A, Paula-Barbosa M, Madeira M. Anatomical asymmetries in the human hippocampal formation. *Acta Stereol*. 1999;161–76.
3961. Saalman YB. Intralaminar and medial thalamic influence on cortical synchrony, information transmission and cognition. *Front Syst Neurosci*. 2014 May 9;8:83.
3962. Saarikallio S, Erkkilä J. The role of music in adolescents' mood regulation. *Psychol Music*. 2007;35(1):88–109.
3963. Sabet AA, Christoforou E, Zatlín B, Genin GM, Bayly PV. Deformation of the human brain induced by mild angular head acceleration. *J Biomech*. 2008;41(2):307–15.
3964. Sabirzhanov B, Li Y, Coll-Miro M, Matyas JJ, He J, Kumar A, Ward N, Yu J, Faden AI, Wu J. Inhibition of NOX2 signaling limits pain-related behavior and improves motor function in male mice after spinal cord injury: participation of IL-10/miR-155 pathways. *Brain Behav Immun*. 2019 Aug;80:73–87.
3965. Sabourin JC, Ackema KB, Ohayon D, Guichet PO, Perrin FE, Garces A, Ripoll C, Charité J, Simonneau L, Kettenmann H, Zine A, Privat A, Valmier J, Pattyn A, Hugnot JP. A mesenchymal-like ZEB1(+) niche harbors dorsal radial glial fibrillary acidic protein-positive stem cells in the spinal cord. *Stem Cells*. 2009 Nov;27(11):2722–33.
3966. Saburkina I, Gukauskienė L, Rysevaite K, Brack KE, Pauza AG, Pauziene N, Pauza DH. Morphological pattern of intrinsic nerve plexus distributed on the rabbit heart and interatrial septum. *J Anat*. 2014 May;224(5):583–93.

3967. Saburkina I, Rysevaite K, Pauziene N, Mischke K, Schauer P, Jalife J, Pauza DH. Epicardial neural ganglionated plexus of ovine heart: anatomic basis for experimental cardiac electrophysiology and nerve protective cardiac surgery. *Heart Rhythm*. 2010 Jul;7(7):942–50.
3968. Sachdeva R, Gao F, Chan CCH, Krassioukov AV. Cognitive function after spinal cord injury: a systematic review. *Neurology*. 2018;91(13):611–21.
3969. Sachdeva R, Nightingale TE, Krassioukov AV. The blood pressure pendulum following spinal cord injury: implications for vascular cognitive impairment. *Int J Mol Sci*. 2019 May 18;20(10):2464.
3970. Sachs F, Morris CE. Mechanosensitive ion channels in nonspecialized cells. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*. 1998;132:1–77.
3971. Sachs M, Habibi A, Damasio H. Reflections on music, affect, and sociality. *Prog Brain Res*. 2018;237:153–72.
3972. Sadakane K, Kondo M, Nisimaru N. Direct projection from the cardiovascular control region of the cerebellar cortex, the lateral nodulus-uvula, to the brainstem in rabbits. *Neurosci Res*. 2000;36(1):15–26.
3973. Saffari M, Pakpour AH, Naderi MK, Koenig HG, Baldacchino DR, Piper CN. Spiritual coping, religiosity and quality of life: a study on muslim patients undergoing haemodialysis. *Nephrology*. 2013;18(4):269–75.
3974. Safieddine S, El-Amraoui A, Petit C. The auditory hair cell ribbon synapse: from assembly to function. *Annu Rev Neurosci*. 2012;35:509–28.
3975. Sagen J, Pappas GD, Pollard HB. Analgesia induced by isolated bovine chromaffin cells implanted in rat spinal cord. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1986;83(19):7522–6.
3976. Saha S. Role of the central nucleus of the amygdala in the control of blood pressure: descending pathways to medullary cardiovascular nuclei. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2005;32(5–6):450–6.
3977. Sahin M, Hockfield S. Molecular identification of the lugaro cell in the cat cerebellar cortex. *J Comp Neurol*. 1990;301(4):575–84.
3978. Sahuquillo J, Vilalta A. Cooling the injured brain: how does moderate hypothermia influence the pathophysiology of traumatic brain injury. *Curr Pharm Res*. 2007;13(22):2310–22.
3979. Saint Martin M, Roche F, Thomas-Anterion C, Barthélémy JC, Sforza E. Eight-year parallel change in baroreflex sensitivity and memory function in a sample of healthy older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2015;63(2):270–5.
3980. Saint Martin M, Sforza E, Thomas-Anterion C, Barthélémy JC, Roche F. Baroreflex sensitivity, vascular risk factors, and cognitive function in a healthy elderly population: The PROOF cohort. *J Am Geriatr Soc*. 2013;61(12):2096–102.
3981. Saint-Pol J, Gosselet F, Duban-Deweer S, Pottiez G, Karamanos Y. Targeting and crossing the blood-brain barrier with extracellular vesicles. *Cells*. 2020;9(4):851.
3982. Saito Y, Zhang Y, Yanagawa Y. Electrophysiological and morphological properties of neurons in the prepositus hypoglossi nucleus that express both ChAT and VGAT in a double-transgenic rat model. *Eur J Neurosci*. 2015;41(8):1036–48.
3983. Sakadžić S, Mandeville ET, Gagnon L, Musacchia JJ, Yaseen MA, Yucel MA, Lefebvre J, Lesage F, Dale AM, Eikermann-Haerter K, Ayata C, Srinivasan VJ, Lo EH, Devor A, Boas DA. Large arteriolar component of oxygen delivery implies a safe margin of oxygen supply to cerebral tissue. *Nat Commun*. 2014 Dec 8;5:5734.
3984. Sakai K, Crochet S, Onoe H. Pontine structures and mechanisms involved in the generation of paradoxical (REM) sleep. *Arch Ital Biol*. 2001 Feb;139(1-2):93–107.
3985. Sakai K, Sastre JP, Salvert D, Touret M, Tohyama M, Jouvett M. Tegmentoreticular projections with special reference to the muscular atonia during paradoxical sleep in the cat: An HRP study. *Brain Res*. 1979 Nov;176(2):233–54.
3986. Sakai K. Are there sleep-promoting neurons in the mouse parafacial zone? *Neuroscience*. 2017 Dec 26;367:98–109.
3987. Sakai K. Behavioural state-specific neurons in the mouse medulla involved in sleep-wake switching. *Eur J Neurosci*. 2018 Jun;47(12):1482–503.
3988. Sakamoto M, Kageyama R, Imayoshi I. The functional significance of newly born neurons integrated into olfactory bulb circuits. *Front Neurosci*. 2014 May 26;8:121.
3989. Sakamoto N, Pearson J, Shinoda K, Alheid GF, Olmos JS de, Heimer L. The human basal forebrain. Part I. An overview. In: *Handbook of Chemical Neuroanatomy*, Vol. 15. The Primate Nervous System, Part III; F.E. Bloom, A. Björklund, T. Hökfelt (eds). Elsevier Science B.V. 1999:1–55.
3990. Sakka L, Coll G, Chazal J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2011 Dec;128(6):309–16.
3991. Saksela O, Moscatelli D, Sommer A, Rifkin DB. Endothelial cell-derived heparan sulfate binds basic fibroblast growth factor and protects it from proteolytic degradation. *J Cell Biol*. 1988;107(2):743–51.
3992. Sakuma R, Kawahara M, Nakano-Doi A, Takahashi A, Tanaka Y, Narita A, Kuwahara-Otani S, Hayakawa T, Yagi H, Matsuyama T, Nakagomi T. Brain pericytes serve as microglia-generating multipotent vascular stem cells following ischemic stroke. *J Neuroinflammation*. 2016 Mar 7;13(1):57.
3993. Sakuma R, Takahashi A, Nakano-Doi A, Sawada R, Kamachi S, Beppu M, Takagi T, Yoshimura S, Matsuyama T, Nakagomi T. Comparative characterization of ischemia-induced brain multipotent stem cells with mesenchymal stem cells: similarities and differences. *Stem Cells Dev*. 2018 Oct 1;27(19):1322–38.
3994. Sakurai T, Amemiya A, Ishii M, Matsuzaki I, Chemelli RM, Tanaka H, Williams SC, Richardson JA, Kozlowski GP, Wilson S, Arch JR, Buckingham RE, Haynes AC, Carr SA, Annan RS, McNulty DE, Liu WS, Terrett JA, Elshourbagy NA, Bergsma DJ, Yanagisawa M. Orexins and orexin receptors: A family of hypothalamic neuropeptides and G protein-coupled receptors that regulate feeding behavior. *Cell*. 1998;92(4):573–85.
3995. Sala C, Segal M. Dendritic spines: the locus of structural and functional plasticity. *Physiol Rev*. 2014;94(1):141–88.
3996. Salari V, Bökön I, Ghobadi R, Scholkmann F, Tuszynski JA. Relationship between intelligence and spectral characteristics of brain biophoton emission: Correlation does not automatically imply causation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Sep 20;113(38):E5540–1.
3997. Saleem AB, Ayaz AI, Jeffery KJ, Harris KD, Carandini M. Integration of visual motion and locomotion in mouse visual cortex. *Nat Neurosci*. 2013;16(12):1864–9.
3998. Salerian AJ, Saleri NG, Salerian JA. Brain temperature may influence mood: a hypothesis. *Med Hypotheses*. 2008;70(3):497–500.
3999. Salgado S, Kaplitt MG. The nucleus accumbens: a comprehensive review. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2015 Feb 18;93(2):75–93.
4000. Salio C, Averill S, Priestley JV, Merighi A. Costorage of BDNF and neuropeptides within individual dense-core vesicles in central and peripheral neurons. *Dev Neurobiol*. 2007 Feb 15;67(3):326–38.
4001. Salman IM. Major autonomic neuroregulatory pathways underlying short- and long-term control of cardiovascular function. *Curr Hypertens Rep*. 2016 Mar;18(3):18.
4002. Salmína AB, Komleva YK, Lopatina OL, Birbrair A. Pericytes in Alzheimer's disease: novel clues to cerebral amyloid angiopathy pathogenesis. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1147:147–66.
4003. Salomon R, Ronchi R, Dönz J, Bello-Ruiz J, Herbelin B, Faivre N, Schaller K, Blanke O. Insula mediates heartbeat related effects on visual consciousness. *Cortex*. 2018 Apr;101:87–95.
4004. Salomon R, Ronchi R, Dönz J, Bello-Ruiz J, Herbelin B, Martet R, Faivre N, Schaller K, Blanke O. The insula mediates access to awareness of visual stimuli presented synchronously to the heartbeat. *J Neurosci*. 2016 May 4;36(18):5115–27.
4005. Salvador RB, Tomotani BM. The Kraken: when myth encounters science. *Hist Cienc Saude Manguinhos*. 2014 Aug-Sep;21(3):971–94.
4006. Salway T, Ross LE, Fehr CP, Burlley J, Asadi S, Hawkins B, Tarasoff LA. A systematic review and meta-analysis of disparities in the prevalence of suicide ideation and attempt among bisexual populations. *Arch Sex Behav*. 2019 Jan;48(1):89–111.
4007. Salz DM, Tiganj Z, Khasnabish S, Kohley A, Sheehan D, Howard MW, Eichenbaum H. Time cells in hippocampal area CA3. *J Neurosci*. 2016 Jul 13;36(28):7476–84.
4008. Salzman KL, Osborn AG, House P, Jinkins JR, Ditchfield A, Cooper JA, Weller RO. Giant tumefactive perivascular spaces. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005 Feb;26(2):298–305.
4009. Samsonovich AV, Ascoli GA. A simple neural network model of the hippocampus suggesting its pathfinding role in episodic memory retrieval. *Learn Mem*. 2005;12(2):193–208.
4010. Sanchez GM, Burridge AL. Decision making in head injury management in the Edwin Smith Papyrus. *Neurosurg Focus*. 2007;23(1):E5.
4011. Sanchez K, Rowe FJ. Role of neural integrators in oculomotor systems: a systematic narrative literature review. *Acta Ophthalmol*. 2018;96(2):e111–e118.
4012. Sanchez-Ramos JR. Neural cells derived from adult bone marrow and umbilical cord blood. *J Neurosci Res*. 2002;69(6):880–93.
4013. Sandrone S, Moreno-Zambrano D, Kipnis J, van Gijn J. A (delayed) history of the brain lymphatic system. *Nat Med*. 2019 Apr;25(4):538–40.
4014. Sang L, Qin W, Liu Y, Han W, Zhang Y, Jiang T, Yu C. Resting-state functional connectivity of the vermal and hemispheric subregions of the cerebellum with both the cerebral cortical networks and subcortical structures. *Neuroimage*. 2012 Jul 16;61(4):1213–25.
4015. Sankari A, Vaughan S, Bascom A, Martin JL, Badr MS. Sleep-disordered breathing and spinal cord injury: a state-of-the-art review. *Chest*. 2019;155(2):438–45.
4016. Sanner CA, Cunningham TJ, Goldberger ME. NMDA receptor blockade rescues Clarke's and red nucleus neurons after spinal hemisection. *J Neurosci*. 1994;14(11):6472–80.
4017. Santiago RV. Electromyographic indicators of recovery from spinal cord injury. An undergraduate thesis presented in partial fulfillment of the requirements for graduation with distinction from the School of Allied Medical Professions of The Ohio State University. 2007; 58 p. Available from: [https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/28354/1/Raquel\\_Santiago\\_Research\\_Thesis\\_final.pdf](https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/28354/1/Raquel_Santiago_Research_Thesis_final.pdf).

- 4018.** Santillo AF, Englund E. Greater loss of von Economo neurons than loss of layer II and III neurons in behavioral variant frontotemporal dementia. *Am J Neurodegener Dis.* 2014;3(2):64–71.
- 4019.** Santillo AF, Nilsson C, Englund E. von Economo neurones are selectively targeted in frontotemporal dementia. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2013 Aug 9;39(5):572–9.
- 4020.** Santoro G, Wood MD, Merlo L, Anastasi GP, Tomasello F, Germanò A. The anatomic location of the soul from the heart, through the brain, to the whole body, and beyond: A journey through western history, science, and philosophy. *Neurosurgery.* 2009;65(4):633–43.
- 4021.** Santos D, Luzio A, Coimbra AM. Zebrafish sex differentiation and gonad development: A review on the impact of environmental factors. *Aquat Toxicol.* 2017;191:141–63.
- 4022.** Santos M, Uppal N, Butti C, Wicinski B, Schmeidler J, Giannakopoulos P, Heinsen H, Schmitz C, Hof PR. Von Economo neurons in autism: a stereologic study of the fronto-insular cortex in children. *Brain Res.* 2011 Mar 22;1380:206–17.
- 4023.** Santos VR, Melo IS, Pacheco ALD, Castro OW. Life and death in the hippocampus: What's bad? *Epilepsy Behav.* 2019 Nov 20;106:595.
- 4024.** Saper CB, Chou TC, Scammell TE. The sleep switch: hypothalamic control of sleep and wakefulness. *Trends Neurosci.* 2001;24(12):726–31.
- 4025.** Saper CB, Fuller PM, Pedersen NP, Lu J, Scammell TE. Sleep state switching. *Neuron.* 2010;68(6):1023–42.
- 4026.** Saper CB, Fuller PM. Wake–sleep circuitry: an overview. *Curr Opin Neurobiol.* 2017;44:186–92.
- 4027.** Saper CB. The spinoparabrachial pathway: shedding new light on an old path. *J Comp Neurol.* 1995;353(4):477–9.
- 4028.** Sapin E, Lapray D, Bérød A, Goutagny R, Léger L, Ravassard P, Clément O, Hanriot L, Fort P, Luppi PH. Localization of the brainstem GABAergic neurons controlling paradoxical (REM) sleep. *PLoS One.* 2009;4(1):e4272.
- 4029.** Saponjic J, Radulovacki M, Carley DW. Respiratory pattern modulation by the pedunculopontine tegmental nucleus. *Respir Physiol Neurobiol.* 2003 Nov;138(2–3):223–37.
- 4030.** Sapru HN. Role of the hypothalamic arcuate nucleus in cardiovascular regulation. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2013;175(1–2):38–50.
- 4031.** Sapsford I, Buontempo J, Weller RO. Basement membrane surfaces and perivascular compartments in normal human brain and glial tumours. A scanning electron microscope study. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 1983 May;9(3):181–94.
- 4032.** Sara SJ. The locus coeruleus and noradrenergic modulation of cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2009;10(3):211–23.
- 4033.** Sarel A, Finkelstein A, Las L, Ulanovsky N. Vectorial representation of spatial goals in the hippocampus of bats. *Science.* 2017 Jan 13;355(6321):176–80.
- 4034.** Sargolini F, Fyhn M, Hafting T, McNaughton BL, Witter MP, Moser MB, Moser EI. Conjunctive representation of position, direction, and velocity in entorhinal cortex. *Science.* 2006 May 5;312(5774):758–62.
- 4035.** Sarhan M, Pawlowski SA, Barthas F, Yalcin I, Kauffling J, Dardente H, Zachariou V, Dileone RJ, Barrot M, Veinante P. BDNF parabrachio-amygdaloid pathway in morphine-induced analgesia. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2013 Aug;16(7):1649–60.
- 4036.** Sarnat HB, Flores-Sarnat L, Boltshauser E. Area postrema: fetal maturation, tumors, vomiting center, growth, role in neuromyelitis optica. *Pediatr Neurol.* 2019 May;94:21–31.
- 4037.** Sartorius A, Kiening KL, Kirsch P, von Gall CC, Haberkorn U, Unterberg AW, Henn FA, Meyer-Lindenberg A. Remission of major depression under deep brain stimulation of the lateral habenula in a therapy-refractory patient. *Biol Psychiatry.* 2010 Jan 15;67(2):e9–e11.
- 4038.** Saruhashi Y, Young W, Perkins R. The recovery of 5-HT immunoreactivity in lumbosacral spinal cord and locomotor function after thoracic hemisection. *Exp Neurol.* 1996 Jun;139(2):203–13.
- 4039.** Sasaki M, Tohyama K, Matsunaga S, Nakamura M, Tomizawa N, Inoue T, Ogawa H, Ehara S, Ogawa A. MRI identification of dorsal hippocampus homologue in human brain. *Neuroreport.* 2004 Oct 5;15(14):2173–6.
- 4040.** Sasaki S, Iwata M. Ultrastructural study of Betz cells in the primary motor cortex of the human brain. *J Anat.* 2001;199(6):699–708.
- 4041.** Sasaki S, Yamashita T, Hideyama T, Kwak S. Unique nuclear vacuoles in the motor neurons of conditional ADAR2-knockout mice. *Brain Res.* 2014;1550:36–46.
- 4042.** Sasaki S, Yamashita T, Shin K. Autophagy in spinal motor neurons of conditional ADAR2-knockout mice: an implication for a role of calcium in increased autophagy flux in ALS. *Neurosci Lett.* 2015;598:79–84.
- 4043.** Sasaki T, Leutgeb S, Leutgeb JK. Spatial and memory circuits in the medial entorhinal cortex. *Curr Opin Neurobiol.* 2015 Jun;32:16–23.
- 4044.** Sasaki T. The axon as a unique computational unit in neurons. *Neurosci Res.* 2013;75(2):83–8.
- 4045.** Sastre JP, Sakai K, Jouviet M. Are the gigantocellular tegmental field neurons responsible for paradoxical sleep? *Brain Res.* 1981;229(1):147–61.
- 4046.** Sato JR, Kozasa EH, Russell TA, Radvany J, Mello LE, Lacerda SS, Amaro E Jr. Brain imaging analysis can identify participants under regular mental training. *PLoS One.* 2012;7(7):e39832.
- 4047.** Satpute AB, Kragel PA, Barrett LF, Wager TD, Bianciardi M. Deconstructing arousal into wakeful, autonomic and affective varieties. *Neurosci Lett.* 2019 Feb 6;693:19–28.
- 4048.** Sattiraju A, Mintz A. Pericytes in glioblastomas: multifaceted role within tumor microenvironments and potential for therapeutic interventions. *Adv Exp Med Biol.* 2019;1147:65–91.
- 4049.** Saulino M, Guillemette S, Leier J, Hinnenthal J. Medical cost impact of intrathecal baclofen therapy for severe spasticity. *Neuromodulation.* 2015;18(2):141–9.
- 4050.** Saunders A, Granger AJ, Sabatini BL. Corelease of acetylcholine and GABA from cholinergic forebrain neurons. *Elife.* 2015 a;4:e06412.
- 4051.** Saunders A, Oldenburg IA, Berezovskii VK, Johnson CA, Kingery ND, Elliott HL, Xie T, Gerfen CR, Sabatini BL. A direct GABAergic output from the basal ganglia to frontal cortex. *Nature.* 2015 b;521(7550):85–9.
- 4052.** Sauter B, Foedinger D, Sterniczky B, Wolff K, Rappersberger K. Immunoelectron microscopic characterization of human dermal lymphatic microvascular endothelial cells. Differential expression of CD31, CD34, and type IV collagen with lymphatic endothelial cells vs blood capillary endothelial cells in normal human skin, lymphangioma, and hemangioma in situ. *J Histochem Cytochem.* 1998 Feb;46(2):165–76.
- 4053.** Savage KE, Oleson CV, Schroeder GD, Sidhu GS, Vaccaro AR. Neurogenic fever after acute traumatic spinal cord injury: a qualitative systematic review. *Global Spine J.* 2016 Sep;6(6):607–14.
- 4054.** Save E, Sargolini F. Disentangling the role of the MEC and LEC in the processing of spatial and non-spatial information: contribution of lesion studies. *Front Syst Neurosci.* 2017 Oct 27;11:81.
- 4055.** Savelli F, Knierim JJ. Strides toward a structure-function understanding of cortical representations of allocentric space. *Neuron.* 2014 Dec;84(6):1108–9.
- 4056.** Savelli F, Yoganarasimha D, Knierim JJ. Influence of boundary removal on the spatial representations of the medial entorhinal cortex. *Hippocampus.* 2008 Dec;18(12):1270–82.
- 4057.** Saviane C, Mohajerani MH, Cherubini E. An ID-like current that is downregulated by Ca<sup>2+</sup> modulates information coding at CA3-CA3 synapses in the rat hippocampus. *J Physiol.* 2003 Oct 15;552(Pt 2):513–24.
- 4058.** Savitz JB, Nugent AC, Bogers W, Roiser JP, Bain EE, Neumeister A, Zarate CA Jr, Manji HK, Cannon DM, Marrett S, Henn F, Charney DS, Drevets WC. Habenula volume in bipolar disorder and major depressive disorder: a high-resolution magnetic resonance imaging study. *Biol Psychiatry.* 2011 Feb 15;69(4):336–43.
- 4059.** Sawamoto K, Wichterle H, Gonzalez-Perez O, Cholfin JA, Yamada M, Spassky N, Murcia NS, Garcia-Verdugo JM, Marin O, Rubenstein JL, Tessier-Lavigne M, Okano H, Alvarez-Buylla A. New neurons follow the flow of cerebrospinal fluid in the adult brain. *Science.* 2006 Feb 3;311(5761):629–32.
- 4060.** Sawchenko PE, Swanson LW. The organization of noradrenergic pathways from the brainstem to the paraventricular and supraoptic nuclei in the rat. *Brain Res Rev.* 1982;4(3):275–325.
- 4061.** Sawchenko PE. Central connections of the sensory and motor nuclei of the vagus nerve. *J Auton Nerv Syst.* 1983;9(1):13–26.
- 4062.** Saxon DW, Hopkins DA. Efferent and collateral organization of paratrigeminal nucleus projections: an anterograde and retrograde fluorescent tracer study in the rat. *J Comp Neurol.* 1998;402(1):93–110.
- 4063.** Saxon DW, Hopkins DA. Ultrastructure and synaptology of the paratrigeminal nucleus in the rat: primary pharyngeal and laryngeal afferent projections. *Synapse.* 2006;59(4):220–34.
- 4064.** Scaglioni G, Narici MV, Maffiuletti NA, Pensini M, Martin A. Effect of ageing on the electrical and mechanical properties of human soleus motor units activated by the H reflex and M wave. *J Physiol.* 2003;548(2):649–61.
- 4065.** Scammell TE, Gerashchenko DY, Mochizuki T, McCarthy MT, Estabrooke IV, Sears CA, Saper CB, Urade Y, Hayaishi O. An adenosine A<sub>2a</sub> agonist increases sleep and induces Fos in ventrolateral preoptic neurons. *Neuroscience.* 2001;107(4):653–63.
- 4066.** Scanavacca MI, Hachul D. Ganglionated plexi ablation to treat patients with refractory neurally mediated syncope and severe vagal-induced bradycardia. *Arq Bras Cardiol.* 2019;112(6):709–12.

4067. Schaefer N, Rotermond C, Blumrich EM, Lourenco MV, Joshi P, Hegemann RU, Jamwal S, Ali N, García Romero EM, Sharma S, Ghosh S, Sinha JK, Loke H, Jain V, Lepeta K, Salamian A, Sharma M, Golpich M, Nawrotek K, Paidi RK, Shahidzadeh SM, Piernartiri T, Amini E, Pastor V, Wilson Y, Adeniyi PA, Datusalia AK, Vafadari B, Saini V, Suárez-Pozos E, Kushwah N, Fontanet P, Turner AJ. The malleable brain: plasticity of neural circuits and behavior — a review from students to students. *J Neurochem*. 2017 Sep;142(6):790–811.
4068. Schafer M, Schiller D. Navigating social space. *Neuron*. 2018;100(2):476–89.
4069. Schaffert N, Janzen TB, Mattes K, Thaut MH. A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation. *Front Psychol*. 2019 Feb 12;10:244.
4070. Schagdarsurengin U, Steger K. Epigenetics in male reproduction: effect of paternal diet on sperm quality and offspring health. *Nat Rev Urol*. 2016 Oct;13(10):584–95.
4071. Schain AJ, Melo-Carrillo A, Strassman AM, Burstein R. Cortical spreading depression closes paravascular space and impairs glymphatic flow: implications for migraine headache. *J Neurosci*. 2017;37(11):2904–15.
4072. Schandry R, Montoya P. Event-related brain potentials and the processing of cardiac activity. *Biol Psychol*. 1996;42(1–2):75–85.
4073. Schandry R, Sparrer B, Weitkunat R. From the heart to the brain: a study of heartbeat contingent scalp potentials. *Int J Neurosci*. 1986 Nov;30(4):261–75.
4074. Schandry R, Weitkunat R. Enhancement of heartbeat-related brain potentials through cardiac awareness training. *Int J Neurosci*. 1990 Aug;53(2–4):243–53.
4075. Schandry R. Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology*. 1981 Jul;18(4):483–8.
4076. Scharfman HE, Bernstein HL. Potential implications of a monosynaptic pathway from mossy cells to adult-born granule cells of the dentate gyrus. *Front Syst Neurosci*. 2015 Aug 19;9:112.
4077. Scharfman HE, MacLusky NJ. Sex differences in hippocampal area CA3 pyramidal cells. *J Neurosci Res*. 2017;95(1–2):563–75.
4078. Scharfman HE. Advances in understanding hilar mossy cells of the dentate gyrus. *Cell Tissue Res*. 2018;373(3):643–52.
4079. Scharfman HE. The CA3 “backprojection” to the dentate gyrus. *Prog Brain Res*. 2007;163:627–37.
4080. Schenkel E, Siegel JM. REM sleep without atonia after lesions of the medial medulla. *Neurosci Lett*. 1989;98(2):159–65.
4081. Schevernels H, van Bochove ME, De Teye L, Bombeke K, Vonck K, Van Roost D, De Herdt V, Santens P, Raedt R, Boehler CN. The effect of vagus nerve stimulation on response inhibition. *Epilepsy Behav*. 2016 Nov;64(Pt A):171–9.
4082. Schiefelcker AJ, Kofler M, Gaasch M, Beer R, Unterberger I, Pfaußler B, Broessner G, Lackner P, Rhomberg P, Gizewski E, Hackl WO, Mulino M, Ortler M, Thome C, Schmutzhard E, Helbok R. Brain temperature but not core temperature increases during spreading depolarizations in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2018 Mar;38(3):549–58.
4083. Schienle A, Scharmüller W. Cerebellar activity and connectivity during the experience of disgust and happiness. *Neuroscience*. 2013;246:375–81.
4084. Schiera G, Di Liegro CM, Di Liegro I. Cell-to-cell communication in learning and memory: from neuro- and glio-transmission to information exchange mediated by extracellular vesicles. *Int J Mol Sci*. 2019 Dec 30;21(1):266.
4085. Schiller D, Eichenbaum H, Buffalo EA, Davachi L, Foster DJ, Leutgeb S, Ranganath C. Memory and space: towards an understanding of the cognitive map. *J Neurosci*. 2015 Oct 14;35(41):13904–11.
4086. Schindler I, Hosoya G, Menninghaus W, Beermann U, Wagner V, Eid M, Scherer KR. Measuring aesthetic emotions: a review of the literature and a new assessment tool. *PLoSOne*. 2017 Jun 5;12(6):e0178899.
4087. Schirmer A, Meck WH, Penney TB. The socio-temporal brain: connecting people in time. *Trends Cogn Sci*. 2016;20(10):760–72.
4088. Schiweck C, Piette D, Berckmans D, Claes S, Vrieze E. Heart rate and high frequency heart rate variability during stress as biomarker for clinical depression. A systematic review. *Psychol Med*. 2019;49(2):200–11.
4089. Schley D, Carare-Nnadi R, Please CP, Perry VH, Weller RO. Mechanisms to explain the reverse perivascular transport of solutes out of the brain. *J Theor Biol*. 2006;238(4):962–74.
4090. Schmahmann JD, Doyon J, McDonald D, Holmes C, Lavoie K, Hurwitz AS, Kabani N, Toga A, Evans A, Petrides M. Three-dimensional MRI atlas of the human cerebellum in proportional stereotaxic space. *Neuroimage*. 1999 Sep;10(3 Pt 1):233–60.
4091. Schmahmann JD, Sherman JC. The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain*. 1998;121(4):561–79.
4092. Schmahmann JD. Disorders of the cerebellum: ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome. *J Neuropsychiatr*. 2004;16(3):367–78.
4093. Schmahmann JD. The cerebellum and cognition. *Neurosci Lett*. 2019 Jan 1;688:62–75.
4094. Schmauss C. Regulation of serotonin 2C receptor Pre-mRNA editing by serotonin. *Int Rev Neurobiol*. 2005;63:83–100.
4095. Schmidt BJ, Hochman S, MacLean JN. NMDA receptor-mediated oscillatory properties: potential role in rhythm generation in the mammalian spinal cord. *Ann N Y Acad Sci*. 1998 Nov 16;860:189–202.
4096. Schmidt BJ, Jordan LM. The role of serotonin in reflex modulation and locomotor rhythm production in the mammalian spinal cord. *Brain Res Bull*. 2000;53(5):689–710.
4097. Schmidt ERE, Pasterkamp RJ. The molecular mechanisms controlling morphogenesis and wiring of the habenula. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017;162:29–37.
4098. Schmidt H, Gour A, Straehle J, Boergens KM, Brecht M, Helmstaedter M. Axonal synapse sorting in medial entorhinal cortex. *Nature*. 2017 Sep 20;549(7673):469–75.
4099. Schmidt HD, Mietticki-Baase EG, Ige KY, Maurer JJ, Reiner DJ, Zimmer DJ, Van Nest DS, Guercio LA, Wimmer ME, Olivos DR, De Jonghe BC, Hayes MR. Glucagon-like peptide-1 receptor activation in the ventral tegmental area decreases the reinforcing efficacy of cocaine. *Neuropsychopharmacology*. 2016 Jun;41(7):1917–28.
4100. Schmidt TM, Chen S-K, Hattar S. Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: many subtypes, diverse functions. *Trends Neurosci*. 2011 Nov;34(11):572–80.
4101. Schmidt-Hieber C, Häusser M. Cellular mechanisms of spatial navigation in the medial entorhinal cortex. *Nat Neurosci*. 2013 Mar 10;16(3):325–31.
4102. Schneider B, Koenigs M. Human lesion studies of ventromedial prefrontal cortex. *Neuropsychologia*. 2017;107:84–93.
4103. Schoeller F, Perlovsky L, Arseniev D. Physics of mind: experimental confirmations of theoretical predictions. *Phys Life Rev*. 2018;25:45–68.
4104. Schoenberg P, Vago DR. Mapping meditative states and stages with electrophysiology: concepts, classifications, and methods. *Curr Opin Psychol*. 2019 Aug;28:211–7.
4105. Schoenberg PLA, Ruf A, Churchill J, Brown DP, Brewer JA. Mapping complex mind states: EEG neural substrates of meditative unified compassionate awareness. *Conscious Cogn*. 2018;57(June 2017):41–53.
4106. Scholkmann F. Long range physical cell-to-cell signalling via mitochondria inside membrane nanotubes: a hypothesis. *Theor Biol Med Model*. 2016 Jun 6;13(1):16.
4107. Schotland JL, Shupliakov O, Grillner S, Brodin L. Synaptic and nonsynaptic monoaminergic neuron systems in the lamprey spinal cord. *J Comp Neurol*. 1996;372(2):229–44.
4108. Schottler J, Vogel LC, Sturm P. Spinal cord injuries in young children: a review of children injured at 5 years of age and younger. *Dev Med Child Neurol*. 2012;54(12):1138–43.
4109. Schramm LP. Spinal sympathetic interneurons: their identification and roles after spinal cord injury. *Prog Brain Res*. 2006;152:27–37.
4110. Schrödl F, Kaser-Eichberger A, Trost A, Strohmaier C, Bogner B, Runge C, Motloch K, Bruckner D, Laimer M, Heindl LM, Reitsamer HA. Lymphatic markers in the adult human choroid. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Nov;56(12):7406–16.
4111. Schroedl F, Kaser-Eichberger A, Schlereth SL, Bock F, Regenfuss B, Reitsamer HA, Luty GA, Maruyama K, Chen L, Lütjen-Drecoll E, Dana R, Kerjaschki D, Alitalo K, De Stefano ME, Junghans BM, Heindl LM, Cursiefen C. Consensus statement on the immunohistochemical detection of ocular lymphatic vessels. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Oct 14;55(10):6440–2.
4112. Schulz A, Blum WF, Pollmächer T. Low cerebrospinal fluid hypocretin (orexin) and altered energy homeostasis in human narcolepsy. *Ann Neurol*. 2002 May;51(5):660; author reply 660–1.
4113. Schultz H, Sommer T, Peters J. Direct evidence for domain-sensitive functional subregions in human entorhinal cortex. *J Neurosci*. 2012 Apr 4;32(14):4716–23.
4114. Schultz SR, Rolls ET. Analysis of information transmission in the Schaffer collaterals. *Hippocampus*. 1999;9(5):582–98.
4115. Schultze-Kraft M, Birman D, Rusconi M, Allefeld C, Görgen K, Dähne S, Blankertz B, Haynes JD. The point of no return in vetoing self-initiated movements. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Jan 26;113(4):1080–5.
4116. Schulz A, Köster S, Beutel ME, Schächinger H, Vögele C, Rost S, Rauh M, Michal M. Altered patterns of heartbeat-evoked potentials in depersonalization/derealization disorder: neurophysiological evidence for impaired cortical representation of bodily signals. *Psychosom Med*. 2015 Jun;77(5):506–16.
4117. Schulz SM. Neural correlates of heart-focused interoception: a functional magnetic resonance imaging meta-analysis. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160018.
4118. Schurr A. Cerebral energy metabolism: measuring and understanding its rate. *Cell Metab Relat Disord*. 2020;1–18. Available from: <https://www.intechopen.com/books/cellular-metabolism-and-related-disorders/cerebral-energy-metabolism-measuring-and-understanding-its-rate>.

4119. Schwartenbeck P, FitzGerald THB, Dolan R. Neural signals encoding shifts in beliefs. *Neuroimage*. 2016 Jan 15;125:578-86.
4120. Schwartz S. Neurons of origin of the perforant path. *Exp Neurol*. 1981 Oct;74(1):305-12.
4121. Schwartz SA, Dosses L. Nonlocality, intention, and observer effects in healing studies: laying a foundation for the future. *Explore (NY)*. 2010 Sep-Oct;6(5):295-307.
4122. Schwartz SJ, Lilienfeld SO, Meca A, Sauvigné KC. Psychology and neuroscience: how close are we to an integrative perspective? Reply to Staats (2016) and Tryon (2016). *Am Psychol*. 2016 b;71(9):898-9.
4123. Schwartz SJ, Lilienfeld SO, Meca A, Sauvigné KC. The role of neuroscience within psychology: a call for inclusiveness over exclusiveness. *Am Psychol*. 2016 a;71(1):52-70.
4124. Schwartz WJ, Reppert SM. Neural regulation of the circadian vasopressin rhythm in cerebrospinal fluid: a pre-eminent role for the suprachiasmatic nuclei. *J Neurosci*. 1985;5(10):2771-8.
4125. Schwartze M, Keller PE, Kotz SA. Spontaneous, synchronized, and corrective timing behavior in cerebellar lesion patients. *Behav Brain Res*. 2016;312:285-93.
4126. Schwarz LA, Luo L. Organization of the locus coeruleus-norepinephrine system. *Curr Biol*. 2015 Nov 2;25(21):R1051-R1056.
4127. Schwarz LA, Miyamichi K, Gao XJ, Beier KT, Weissbourd B, DeLoach KE, Ren J, Ibanes S, Malenka RC, Kremer EJ, Luo L. Viral-genetic tracing of the input-output organization of a central noradrenergic circuit. *Nature*. 2015 Aug 6;524(7563):88-92.
4128. Schwarz N, Hedrich UBS, Schwarz H, P A H, Dammeier N, Auffenberg E, Bedogni F, Honegger JB, Lerche H, Wuttke TV, Koch H. Human cerebrospinal fluid promotes long-term neuronal viability and network function in human neocortical organotypic brain slice cultures. *Sci Rep*. 2017 Sep 25;7(1):12249.
4129. Schwarzacher SW, Rüb U, Deller T. Neuroanatomical characteristics of the human pre-Bötzing complex and its involvement in neurodegenerative brainstem diseases. *Brain*. 2011;134(1):24-35.
4130. Schwegler H, Crusio WE. Correlations between radial-maze learning and structural variations of septum and hippocampus in rodents. *Behav Brain Res*. 1995;67(1):29-41.
4131. Schyztz HW, Hargreaves R, Ashina M. Challenges in developing drugs for primary headaches. *Prog Neurobiol*. 2017;152:70-88.
4132. Scorcioni R, Ascoli GA. Algorithmic reconstruction of complete axonal arborizations in rat hippocampal neurons. *Neurocomputing*. 2005;65-66:15-22.
4133. Scorcioni R, Lazarewicz MT, Ascoli GA. Quantitative morphometry of hippocampal pyramidal cells: differences between anatomical classes and reconstructing laboratories. *J Comp Neurol*. 2004;473(2):177-93.
4134. Scremin OU. Cerebral vascular system. In: Paxinos G, editor. *The rat nervous system*. 4th ed., London: Elsevier; 2015. Chapter 31; p. 985-1011 (pp. 1003, 1005).
4135. Seano G, Nia HT, Emblem KE, Datta M, Ren J, Krishnan S, Kloepper J, Pinho MC, Ho WW, Ghosh M, Askoxylakis V, Ferraro GB, Riedemann L, Gerstner ER, Batchelor TT, Wen PY, Lin NU, Grodzinsky AJ, Fukumura D, Huang P, Baish JW, Padera TP, Munn LL, Jain RK. Solid stress in brain tumours causes neuronal loss and neurological dysfunction and can be reversed by lithium. *Nat Biomed Eng*. 2019 Mar;3(3):230-45.
4136. Sébille SB, Belaid H, Philippe AC, André A, Lau B, François C, Karachi C, Bardin E. Anatomical evidence for functional diversity in the mesencephalic locomotor region of primates. *Neuroimage*. 2017 Feb 15;147:66-78.
4137. Sébille SB, Rolland AS, Faillot M, Perez-Garcia F, Colomb-Clerc A, Lau B, Dumas S, Vidal SF, Welter ML, Francois C, Bardin E, Karachi C. Normal and pathological neuronal distribution of the human mesencephalic locomotor region. *Mov Disord*. 2019 Feb;34(2):218-27.
4138. Seckl J, Lightman S. Cerebrospinal fluid neurohypophysial peptides in benign intracranial hypertension. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1988;51(12):1538-41.
4139. Šedý J, Urdžiková L, Jendelová P, Syková E. Methods for behavioral testing of spinal cord injured rats. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32(3):550-80.
4140. Seeley WW, Carlin DA, Allman JM, Macedo MN, Bush C, Miller BL, Dearmond SJ. Early frontotemporal dementia targets neurons unique to apes and humans. *Ann Neurol*. 2006 Dec;60(6):660-7.
4141. Seeley WW, Merkle FT, Gaus SE, Craig AD, Allman JM, Hof PR. Distinctive neurons of the anterior cingulate and fronto-insular cortex: a historical perspective. *Cereb Cortex*. 2012 Feb;22(2):245-50.
4142. Seeley WW. Selective functional, regional, and neuronal vulnerability in frontotemporal dementia. *Curr Opin Neurol*. 2008 Dec;21(6):701-7.
4143. Segal JP, Tresidder KA, Bhatt C, Gilron I, Ghasemlou N. Circadian control of pain and neuroinflammation. *J Neurosci Res*. 2018;96(6):1002-20.
4144. Segal MB. Extracellular and cerebrospinal fluids. *J Inherit Metab Dis*. 1993;16(4):617-38.
4145. Segarra AB, Prieto I, Banegas I, Villarejo AB, Wangenstein R, de Gasparo M, Vives F, Ramírez-Sánchez M. The brain-heart connection: frontal cortex and left ventricle angiotensinase activities in control and captopril-treated hypertensive rats-a bilateral study. *Int J Hypertens*. 2013;2013:156179.
4146. Segelcke D, Messlinger K. Putative role of 5-HT<sub>2B</sub> receptors in migraine pathophysiology. *Cephalalgia*. 2017 Apr;37(4):365-71.
4147. Segers LS, Nuding SC, Dick TE, Shannon R, Baekey DM, Solomon IC, Morris KF, Lindsey BG. Functional connectivity in the pontomedullary respiratory network. *J Neurophysiol*. 2008 Oct;100(4):1749-69.
4148. Seif M, Curt A, Thompson AJ, Grabher P, Weiskopf N, Freund P. Quantitative MRI of rostral spinal cord and brain regions is predictive of functional recovery in acute spinal cord injury. *Neuroimage Clin*. 2018 Aug 19;20:556-63.
4149. Seif M, Ziegler G, Freund P. Progressive ventricles enlargement and cerebrospinal fluid volume increases as a marker of neurodegeneration in patients with spinal cord injury: a longitudinal magnetic resonance imaging study. *J Neurotrauma*. 2018 Dec 15;35(24):2941-6.
4150. Seifert G, Steinhäuser C. Heterogeneity and function of hippocampal macroglia. *Cell Tissue Res*. 2018 Sep;373(3):653-70.
4151. Seifert K, Spottke A, Fließbach K. Effects of sculpture based art therapy in dementia patients — a pilot study. *Heliyon*. 2017 Nov 22;3(11):e00460.
4152. Seitz J, Kubicki M, Jacobs EG, Cherkerzian S, Weiss BK, Papadimitriou G, Mouradian P, Buka S, Goldstein JM, Makris N. Impact of sex and reproductive status on memory circuitry structure and function in early midlife using structural covariance analysis. *Hum Brain Mapp*. 2019 Mar;40(4):1221-33.
4153. Seitz R, Löhler J, Schwendemann G. Ependyma and meninges of the spinal cord of the mouse. A light-and electron-microscopic study. *Cell Tissue Res*. 1981;220(1):61-72.
4154. Seitz RJ, Paloutzian RF, Angel HF. Believing is representation mediated by the dopamine brain system. *Eur J Neurosci*. 2019 May;49(10):1212-4.
4155. Seitz RJ, Paloutzian RF, Angel HF. From believing to belief: a general theoretical model. *J Cogn Neurosci*. 2018 Sep;30(9):1254-64.
4156. Seitz RJ, Paloutzian RF, Angel HF. Processes of believing: Where do they come from? What are they good for? [version 2; referees: 2 approved, 1 approved with reservations] *F1000Res*. 2017;5:2573; Last updated: 17 JAN 2017 [PubMed: Seitz RJ, Paloutzian RF, Angel HF. Processes of believing: where do they come from? What are they good for? *F1000Res*. 2016 Oct 25;5:2573].
4157. Sekeres MJ, Winocur G, Moscovitch M. The hippocampus and related neocortical structures in memory transformation. *Neurosci Lett*. 2018 Jul 27;680:39-53.
4158. Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Dec 15;26(24 Suppl):S2-12.
4159. Sel A, Azevedo RT, Tsakiris M. Heartfelt self: cardio-visual integration affects self-face recognition and interoceptive cortical processing. *Cereb Cortex*. 2017 Nov 1;27(11):5144-55.
4160. Sellaro R, Güröglu B, Nitsche MA, van den Wildenberg WP, Massaro V, Durieux J, Hommel B, Colzato LS. Increasing the role of belief information in moral judgments by stimulating the right temporoparietal junction. *Neuropsychologia*. 2015 a;77:400-8.
4161. Sellaro R, van Leusden JW, Tona KD, Verkuil B, Nieuwenhuis S, Colzato LS. Transcutaneous vagus nerve stimulation enhances post-error slowing. *J Cogn Neurosci*. 2015 b;27(11):2126-32.
4162. Sellmeijer J, Mathis V, Hugel S, Li XH, Song Q, Chen QY, Barthas F, Lutz PE, Karatas M, Luthi A, Veinante P, Aertsen A, Barrot M, Zhuo M, Yalcin I. Hyperactivity of anterior cingulate cortex areas 24a/24b drives chronic pain-induced anxiodepressive-like consequences. *J Neurosci*. 2018 Mar 21;38(12):3102-15.
4163. Semba K. Aminergic and cholinergic afferents to REM sleep induction regions of the pontine reticular formation in the rat. *J Comp Neurol*. 1993 Apr 22;330(4):543-56.
4164. Semendeferi K, Armstrong E, Schleicher A, Zilles K, Van Hoesen GW. Prefrontal cortex in humans and apes: a comparative study of area 10. *Am J Phys Anthropol*. 2001 Mar;114(3):224-41.
4165. Seminowicz DA, Moayedi M. The dorsolateral prefrontal cortex in acute and chronic pain. *J Pain*. 2017 Sep;18(9):1027-35.
4166. Semyachkina-Glushkovskaya O, Postnov D, Kurths J. Blood-brain barrier, lymphatic clearance, and recovery: Ariadne's thread in labyrinths of hypotheses. *Int J Mol Sci*. 2018 Nov 30;19(12):3818.
4167. Senatorov VV, Damadzic R, Mann CL, Schwandt ML, George DT, Hommer DW, Heilig M, Momenan R. Reduced anterior insula, enlarged amygdala in alcoholism and associated depleted von Economo neurons. *Brain*. 2015 Jan;138(Pt 1):69-79.
4168. Sengul G, Watson C. Ascending and descending pathways in the spinal cord. In: *The rat nervous system: Fourth Edition*. G. Paxinos (ed). Elsevier Inc. 2015:1052 p., p. 115-130.



4169. Sentilhes L, Michel C, Lecourtois M, Cateau J, Bourgeois P, Laudenbach V, Marret S, Laquerrière A. Vascular endothelial growth factor and its high-affinity receptor (VEGFR-2) are highly expressed in the human forebrain and cerebellum during development. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2010 Feb;69(2):111–28.
4170. Senzai Y, Buzsáki G. Physiological properties and behavioral correlates of hippocampal granule cells and mossy cells. *Neuron*. 2017 Feb 8;93(3):691–704.e5.
4171. Senzai Y. Function of local circuits in the hippocampal dentate gyrus-CA3 system. *Neurosci Res*. 2019 Mar;140:43–52.
4172. Sepulcre J, Sabuncu MR, Yeo TB, Liu H, Johnson KA. Stepwise connectivity of the modal cortex reveals the multimodal organization of the human brain. *J Neurosci*. 2012 Aug 1;32(31):10649–61.
4173. Seress L. Interspecies comparison of the hippocampal formation shows increased emphasis on the regio superior in the Ammon's horn of the human brain. *J Hirnforsch*. 1988;29(3):335–40.
4174. Serra C, Guida L, Staartjes VE, Krayenbühl N, Türe U. Historical controversies about the thalamus: from etymology to function. *Neurosurg Focus*. 2019 Sep 1;47(3):E13.
4175. Sesti F. Oxidation of K(+) channels in aging and neurodegeneration. *Aging Dis*. 2016 Mar 15;7(2):130–5.
4176. Seth AK, Friston KJ. Active interoceptive inference and the emotional brain. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160007.
4177. Seth AK. Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends Cogn Sci*. 2013 Nov;17(11):565–73.
4178. Seth AK. Putting Descartes before the horse: Quantum theories of consciousness: Comment on “Consciousness, biology, and quantum hypotheses” by Baars & Edelman. *Phys Life Rev*. 2012 Sep;9(3):297–8; discussion 306–7.
4179. Sevigny CP, Bassi J, Teschemacher AG, Kim KS, Williams DA, Anderson CR, Allen AM. C1 neurons in the rat rostral ventrolateral medulla differentially express vesicular monoamine transporter 2 in soma and axonal compartments. *Eur J Neurosci*. 2008 Oct;28(8):1536–44.
4180. Sevinc G, Gurvit H, Spreng RN. Salience network engagement with the detection of morally laden information. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2017 Jul 1;12(7):1118–27.
4181. Shabbir A, Bianchetti E, Cargonja R, Petrovic A, Mladinic M, Pilipović K, Nistri A. Role of HSP70 in motoneuron survival after excitotoxic stress in a rat spinal cord injury model in vitro. *Eur J Neurosci*. 2015 Dec;42(12):3054–65.
4182. Shabel SJ, Proulx CD, Trias A, Murphy RT, Malinow R. Input to the lateral habenula from the basal ganglia is excitatory, aversive, and suppressed by serotonin. *Neuron*. 2012 May 10;74(3):475–81.
4183. Shafei MN, Nasimi A, Alaei H, Pourshanzari AA, Hosseini M. Role of cuneiform nucleus in regulation of sympathetic vasomotor tone in rats. *Pathophysiology*. 2012 Jun;19(3):151–5.
4184. Shafei MN, Nasimi A. Effect of glutamate stimulation of the cuneiform nucleus on cardiovascular regulation in anesthetized rats: role of the pontine Kolliker-Fuse nucleus. *Brain Res*. 2011 Apr 18;1385:135–43.
4185. Shafei MN, Niazmand S, Enayatifard L, Hosseini M, Dalooe MH. Pharmacological study of cholinergic system on cardiovascular regulation in the cuneiform nucleus of rat. *Neurosci Lett*. 2013 Aug 9;549:12–7.
4186. Shah A, Zuo W, Kang S, Li J, Fu R, Zhang H, Bekker A, Ye JH. The lateral habenula and alcohol: role of glutamate and M-type potassium channels. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017 Nov;162:94–102.
4187. Shah K, McCormack CE, Bradbury NA. Do you know the sex of your cells? *Am J Physiol Cell Physiol*. 2014 Jan 1;306(1):C3–18.
4188. Shah M, Peterson C, Yilmaz E, Halalmeah DR, Moisi M. Current advancements in the management of spinal cord injury: a comprehensive review of literature. *Surg Neurol Int*. 2020 Jan 3;11:2.
4189. Shalilaie K, Chang DJ, Anderson JT. Nonmissile penetrating spinal injury. Case report and review of the literature. *J Neurosurg Spine*. 2006 May;4(5):400–8.
4190. Shahnavaz M, van der Westhuizen LR, Gledhill RF. Episodic cervical dystonia associated with gastro-oesophageal reflux. A case of adult-onset Sandifer syndrome. *Clin Neurol Neurosurg*. 2001 Dec;103(4):212–5.
4191. Shammah-Lagnado SJ, Costa MS, Ricardo JA. Afferent connections of the parvocellular reticular formation: a horseradish peroxidase study in the rat. *Neuroscience*. 1992 Sep;50(2):403–25.
4192. Shammah-Lagnado SJ, Negrão N, Silva BA, Ricardo JA. Afferent connections of the nuclei reticularis pontis oralis and caudalis: a horseradish peroxidase study in the rat. *Neuroscience*. 1987 Mar;20(3):961–89.
4193. Shanei A, Alinasab Z, Kiani A, Nematollahi MA. Detection of ultraweak photon emission (UPE) from cells as a tool for pathological studies. *J Biomed Phys Eng*. 2017 Dec 1;7(4):389–96.
4194. Shani I. Cosmopsychism: a holistic approach to the metaphysics of experience. *Philos Pap*. 2015;44(3):389–437.
4195. Shankar KH, Howard MW. A scale-invariant internal representation of time. *Neural Comput*. 2012 Jan;24(1):134–93.
4196. Shanmughapriya S, Langford D, Natarajaseenivasan K. Inter and Intracellular mitochondrial trafficking in health and disease. *Ageing Res Rev*. 2020 Sep;62:101128.
4197. Shao S, Shen K, Wilder-Smith EP, Li X. Effect of pain perception on the heartbeat evoked potential. *Clin Neurophysiol*. 2011 Sep;122(9):1838–45.
4198. Sharma G, Grybko M, Vijayaraghavan S. Action potential-independent and nicotinic receptor-mediated concerted release of multiple quanta at hippocampal CA3-mossy fiber synapses. *J Neurosci*. 2008 Mar 5;28(10):2563–75.
4199. Sharma G, Vijayaraghavan S. Modulation of presynaptic store calcium induces release of glutamate and postsynaptic firing. *Neuron*. 2003 Jun 19;38(6):929–39.
4200. Sharma R, Kumar D, Jha NK, Jha SK, Ambasta RK, Kumar P. Re-expression of cell cycle markers in aged neurons and muscles: whether cells should divide or die? *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*. 2017 Jan;1863(1):324–36.
4201. Sharp KG, Dickson AR, Marchenko SA, Yee KM, Emery PN, Laidmãe I, Uibo R, Sawyer ES, Steward O, Flanagan LA. Salmon fibrin treatment of spinal cord injury promotes functional recovery and density of serotonergic innervation. *Exp Neurol*. 2012 May;235(1):345–56.
4202. Shavit-Stein E, Artan-Furman A, Feingold E, Ben Shimon M, Itzekson-Hayosh Z, Chapman J, Vlachos A, Maggio N. Protease activated receptor 2 (PAR2) induces long-term depression in the hippocampus through transient receptor potential vanilloid 4 (TRPV4). *Front Mol Neurosci*. 2017 Mar 2;10:42.
4203. Shaw P, Kabani NJ, Lerch JP, Eckstrand K, Lenroot R, Gogtay N, Greenstein D, Clasen L, Evans A, Rapoport JL, Giedd JN, Wise SP. Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *J Neurosci*. 2008 Apr 2;28(14):3586–94.
4204. Shea S, Di Tullio M. Atrial fibrillation, silent cerebral ischemia, and cognitive function. *J Am Coll Cardiol*. 2013 Nov 19;62(21):1998–9.
4205. Sheean G, McGuire JR. Spastic hypertonia and movement disorders: pathophysiology, clinical presentation, and quantification. *PM R*. 2009 Sep;1(9):827–33.
4206. Sheline YI, Price JL, Yan Z, Mintun MA. Resting-state functional MRI in depression unmasks increased connectivity between networks via the dorsal nexus. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010 Jun 15;107(24):11020–5.
4207. Shen EY, Ahern TH, Cheung I, Straubhaar J, Dincer A, Houston I, de Vries GJ, Akbarian S, Forger NG. Epigenetics and sex differences in the brain: A genome-wide comparison of histone-3 lysine-4 trimethylation (H3K4me3) in male and female mice. *Exp Neurol*. 2015 Jun;268:21–9.
4208. Shen X, Scherlag BJ, He B, Sun J, Mei G, Po SS. The role of the atrial neural network in atrial fibrillation: the metastatic progression hypothesis. *J Atr Fibrillation*. 2013 Aug 31;6(2):882.
4209. Sheng S, Perry CJ, Kashlan OB, Kleyman TR. Side chain orientation of residues lining the selectivity filter of epithelial Na<sup>+</sup> channels. *J Biol Chem*. 2005 Mar 4;280(9):8513–22.
4210. Shenton FC, Pyner S. Transient receptor potential vanilloid type 4 is expressed in vasopressinergic neurons within the magnocellular subdivision of the rat paraventricular nucleus of the hypothalamus. *J Comp Neurol*. 2018 Dec 15;526(18):3035–44.
4211. Shepherd J. Consciousness and Moral Status. Oxon (UK): Routledge; 2018. PMID: 31017748.
4212. Shepherd J. Ethical (and epistemological) issues regarding consciousness in cerebral organoids. *J Med Ethics*. 2018 Sep;44(9):611–2.
4213. Sherin JE, Elmquist JK, Torrealba F, Saper CB. Innervation of histaminergic tuberomammillary neurons by GABAergic and galaninergic neurons in the ventrolateral preoptic nucleus of the rat. *J Neurosci*. 1998 Jun 15;18(12):4705–21.
4214. Sherin JE, Shiromani PJ, McCarley RW, Saper CB. Activation of ventrolateral preoptic neurons during sleep. *Science*. 1996 Jan 12;271(5246):216–9.
4215. Sherman DD, Gonnering RS, Wallow IH, Lemke BN, Doos WG, Dortzbach RK, Lyon DB, Binkley CD. Identification of orbital lymphatics: enzyme histochemical light microscopic and electron microscopic studies. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 1993;9(3):153–69.
4216. Sherman D, Fuller PM, Marcus J, Yu J, Zhang P, Chamberlin NL, Saper CB, Lu J. Anatomical location of the mesencephalic locomotor region and its possible role in locomotion, posture, cataplexy, and parkinsonism. *Front Neurol*. 2015 a;6:140.
4217. Sherman D, Worrell JW, Cui Y, Feldman JL. Optogenetic perturbation of preBöttinger complex inhibitory neurons modulates respiratory pattern. *Nat Neurosci*. 2015 b;18(3):408–14.
4218. Sherpa AD, van de Nes P, Xiao F, Weedon J, Hrabetova S. Gliotoxin-induced swelling of astrocytes hinders diffusion in brain extracellular space via formation of dead-space microdomains. *Glia*. 2014 Jul;62(7):1053–65.

4219. Sherriff FE, Henderson Z. The paraventricular nucleus of the ventral medulla: a secondary source of cholinergic innervation of rat brainstem nuclei. *Brain Res.* 1994 Feb 4;636(1):119–25.
4220. Shi C, Flanagan SR, Samadani U. Vagus nerve stimulation to augment recovery from severe traumatic brain injury impeding consciousness: a prospective pilot clinical trial. *Neurol Res.* 2013 Apr;35(3):263–76.
4221. Shi M, Du F, Liu Y, Li L, Cai J, Zhang GF, Xu XF, Lin T, Cheng HR, Liu XD, Xiong LZ, Zhao G. Glial cell-expressed mechanosensitive channel TRPV4 mediates infrasound-induced neuronal impairment. *Acta Neuropathol.* 2013 Nov;126(5):725–39.
4222. Shi Y, Grieco SF, Holmes TC, Xu X. Development of local circuit connections to hilar mossy cells in the mouse dentate gyrus. *eNeuro.* 2019 Mar 26;6(2):ENEURO.0370-18.2019.
4223. Shi Y, Thrippleton MJ, Blair GW, Dickie DA, Marshall I, Hamilton I, Doubal FN, Chappell F, Wardlaw JM. Small vessel disease is associated with altered cerebrovascular pulsatility but not resting cerebral blood flow. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2020 Jan;40(1):85–99.
4224. Shi YF, Han Y, Su YT, Yang JH, Yu YQ. Silencing of cholinergic basal forebrain neurons using archaerhodopsin prolongs slow-wave sleep in mice. *PLoS One.* 2015 Jul 7;10(7):e0130130.
4225. Shi YJ, Shi M, Xiao LJ, Li L, Zou LH, Li CY, Zhang QJ, Zhou LF, Ji XC, Huang H, Xi Y, Liu L, Zhang HY, Zhao G, Ma L. Inhibitive effects of FGF2/FGFR1 pathway on astrocyte-mediated inflammation in vivo and in vitro after infrasound exposure. *Front Neurosci.* 2018 Aug 24;12:582.
4226. Shiao R, Lee-Kubli CA. Neuropathic pain after spinal cord injury: challenges and research perspectives. *Neurotherapeutics.* 2018 Jul;15(3):635–53.
4227. Shibasaki K, Sugio S, Takao K, Yamanaka A, Miyakawa T, Tominaga M, Ishizaki Y. TRPV4 activation at the physiological temperature is a critical determinant of neuronal excitability and behavior. *Pflugers Arch.* 2015 a;467(12):2495–507.
4228. Shibasaki K, Suzuki M, Mizuno A, Tominaga M. Effects of body temperature on neural activity in the hippocampus: regulation of resting membrane potentials by transient receptor potential vanilloid 4. *J Neurosci.* 2007 Feb 14;27(7):1566–75.
4229. Shibasaki K, Tominaga M, Ishizaki Y. Hippocampal neuronal maturation triggers post-synaptic clustering of brain temperature-sensor TRPV4. *Biochem Biophys Res Commun.* 2015 b;458(1):168–73.
4230. Shigematsu N, Nishi A, Fukuda T. Gap junctions interconnect different subtypes of parvalbumin-positive interneurons in barrels and septa with connectivity unique to each subtype. *Cereb Cortex.* 2019 Apr 1;29(4):1414–29.
4231. Shimamura M, Edgerton VR, Kogure I. Application of autoradiographic analysis of 2-deoxyglucose in the study of locomotion. *J Neurosci Methods.* 1987 Oct;21(2–4):303–10.
4232. Shin JW, Geerling JC, Loewy AD. Inputs to the ventrolateral bed nucleus of the stria terminalis. *J Comp Neurol.* 2008 a;511(5):628–57.
4233. Shin LM, Liberson I. The neurocircuitry of fear, stress, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology.* 2010 Jan;35(1):169–91.
4234. Shin RM, Masuda M, Miura M, Sano H, Shirasawa T, Song WJ, Kobayashi K, Aosaki T. Dopamine D4 receptor-induced postsynaptic inhibition of GABAergic currents in mouse globus pallidus neurons. *J Neurosci.* 2003 Dec 17;23(37):11662–72.
4235. Shinder ME, Taube JS. Three-dimensional tuning of head direction cells in rats. *J Neurophysiol.* 2019 Jan 1;121(1):4–37.
4236. Shine JP, Valdés-Herrera JP, Tempelmann C, Wolbers T. Evidence for allocentric boundary and goal direction information in the human entorhinal cortex and subiculum. *Nat Commun.* 2019 Sep 5;10(1):4004.
4237. Shiozawa P, Silva ME, Carvalho TC, Cordeiro Q, Brunoni AR, Fregni F. Transcutaneous vagus and trigeminal nerve stimulation for neuropsychiatric disorders: a systematic review. *Arq Neuropsiquiatr.* 2014 Jul;72(7):542–7.
4238. Shipp S. The functional logic of corticostriatal connections. *Brain Struct Funct.* 2017 Mar;222(2):669–706.
4239. Shipston-Sharman O, Solanka L, Nolan MF. Continuous attractor network models of grid cell firing based on excitatory-inhibitory interactions. *J Physiol.* 2016 Nov 15;594(22):6547–57.
4240. Shirey MJ, Smith JB, Kudlik DE, Huo BX, Greene SE, Drew PJ. Brief anesthesia, but not voluntary locomotion, significantly alters cortical temperature. *J Neurophysiol.* 2015 Jul;114(1):309–22.
4241. Shirzadi Z, Robertson AD, Metcalfe AW, Duff-Canning S, Marras C, Lang AE, Masellis M, MacIntosh BJ. Brain tissue pulsatility is related to clinical features of Parkinson's disease. *Neuroimage Clin.* 2018 Jul 23;20:222–7.
4242. Shivkumar K, Ajjilola OA, Anand I, Armour JA, Chen PS, Esler M, De Ferrari GM, Fishbein MC, Goldberger JJ, Harper RM, Joyner MJ, Khalsa SS, Kumar R, Lane R, Mahajan A, Po S, Schwartz PJ, Somers VK, Valderabano M, Vaseghi M, Zipes DP. Clinical neurocardiology defining the value of neuroscience-based cardiovascular therapeutics. *J Physiol.* 2016 Jul 15;594(14):3911–54.
4243. Shmagel A, Foley R, Ibrahim H. Epidemiology of chronic low back pain in US adults: data from the 2009–2010 National Health and Nutrition Examination Survey. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2016 Nov;68(11):1688–94.
4244. Shoemaker JK, Badrov MB, Al-Khazraji BK, Jackson DN. Neural control of vascular function in skeletal muscle. *Compr Physiol.* 2015 Dec 15;6(1):303–29.
4245. Shoemaker JK, Wong SW, Cechetto DF. Cortical circuitry associated with reflex cardiovascular control in humans: does the cortical autonomic network “speak” or “listen” during cardiovascular arousal. *Anat Rec (Hoboken).* 2012 Sep;295(9):1375–84.
4246. Shokri-Kojori E, Tomasi D, Volkow ND. An autonomic network: synchrony between slow rhythms of pulse and brain resting state is associated with personality and emotions. *Cereb Cortex.* 2018 Sep 1;28(9):3356–71.
4247. Short DJ, Stradling JR, Williams SJ. Prevalence of sleep apnoea in patients over 40 years of age with spinal cord lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1992 Nov;55(11):1032–6.
4248. Shrivastava S, Kang KH, Schneider MF. Collision and annihilation of nonlinear sound waves and action potentials in interfaces. *J R Soc Interface.* 2018 Jun;15(143):20170803.
4249. Shrivastava S, Schneider MF. Evidence for two-dimensional solitary sound waves in a lipid controlled interface and its implications for biological signalling. *J R Soc Interface.* 2014 Aug 6;11(97):20140098.
4250. Shrivastava S, Schneider MF. Opto-mechanical coupling in interfaces under static and propagative conditions and its biological implications. *PLoS One.* 2013 Jul 4;8(7):e67524.
4251. Shumake J, Ilango A, Scheich H, Wetzel W, Ohl FW. Differential neuromodulation of acquisition and retrieval of avoidance learning by the lateral habenula and ventral tegmental area. *J Neurosci.* 2010 Apr 28;30(17):5876–83.
4252. Siddiqui RA, Saueremann U, Altmüller J, Fritzer E, Nothnagel M, Dalibor N, Fellay J, Kaup FJ, Stahl-Hennig C, Nürnberg P, Krawczak M, Platzer M. X chromosomal variation is associated with slow progression to AIDS in HIV-1-infected women. *Am J Hum Genet.* 2009 Aug;85(2):228–39.
4253. Sidhu GS, Ghag A, Prokaski V, Vaccaro AR, Radcliff KE. Civilian gunshot injuries of the spinal cord: a systematic review of the current literature. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Dec;471(12):3945–55.
4254. Sieber-Blum M. Epidermal neural crest stem cells and their use in mouse models of spinal cord injury. *Brain Res Bull.* 2010 Oct 30;83(5):189–93.
4255. Siebert JR, Eade AM, Osterhout DJ. Biomaterial approaches to enhancing neurorestoration after spinal cord injury: strategies for overcoming inherent biological obstacles. *Biomed Res Int.* 2015;2015:752572.
4256. Siebert JR, Middleton FA, Stelzner DJ. Long descending cervical propriospinal neurons differ from thoracic propriospinal neurons in response to low thoracic spinal injury. *BMC Neurosci.* 2010 Nov 23;11:148.
4257. Siegel JM, Nienhuis R, Fahringer HM, Paul R, Shiromani P, Dement WC, Mignot E, Chiu C. Neuronal activity in narcolepsy: identification of cataplexy-related cells in the medial medulla. *Science.* 1991 May 31;252(5010):1315–8.
4258. Siegel JM, Wheeler RL, McGinty DJ. Activity of medullary reticular formation neurons in the unrestrained cat during waking and sleep. *Brain Res.* 1979 Dec 21;179(1):49–60.
4259. Siegel JM. REM sleep: a biological and psychological paradox. *Sleep Med Rev.* 2011 Jun;15(3):139–42.
4260. Siegel M, Warden MR, Miller EK. Phase-dependent neuronal coding of objects in short-term memory. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009 Dec 15;106(50):21341–6.
4261. Sigel E, Steinmann ME. Structure, function, and modulation of GABA(A) receptors. *J Biol Chem.* 2012 Nov 23;287(48):40224–31.
4262. Sights WP, Bye RJ. The fate of retained intracerebral shotgun pellets. An experimental study. *J Neurosurg.* 1970 Dec;33(6):646–53.
4263. Sik A, Tamamaki N, Freund TF. Complete axon arborization of a single CA3 pyramidal cell in the rat hippocampus, and its relationship with postsynaptic parvalbumin-containing interneurons. *Eur J Neurosci.* 1993 Dec 1;5(12):1719–28.
4264. Silbereis JC, Pochareddy S, Zhu Y, Li M, Sestan N. The cellular and molecular landscapes of the developing human central nervous system. *Neuron.* 2016 Jan 20;89(2):248–68.

4265. Silva DS, Coan AC, Avelar WM. Neuropsychological and neuroimaging evidences of cerebral dysfunction in stroke-free patients with atrial fibrillation: A review. *J Neurol Sci.* 2019 Apr 15;399:172–181.
4266. Silvani A, Calandra-Buonaura G, Benarroch EE, Dampney RA, Cortelli P. Bidirectional interactions between the baroreceptor reflex and arousal: an update. *Sleep Med.* 2015 Feb;16(2):210–6.
4267. Silvani A, Calandra-Buonaura G, Dampney RA, Cortelli P. Brain-heart interactions: physiology and clinical implications. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2016 May 13;374(2067):20150181.
4268. Silvani A, Dampney RA. Central control of cardiovascular function during sleep. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2013 Dec;305(12):H1683–92.
4269. Silva-Vargas V, Maldonado-Soto AR, Mizrak D, Codega P, Doetsch F. Age-dependent niche signals from the choroid plexus regulate adult neural stem cells. *Cell Stem Cell.* 2016 Nov 3;19(5):643–52.
4270. Silver I, Kim C, Mollanji R, Johnston M. Cerebrospinal fluid outflow resistance in sheep: impact of blocking cerebrospinal fluid transport through the cribriform plate. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2002 Feb;28(1):67–74.
4271. Silver I, Li B, Szalai J, Johnston M. Relationship between intracranial pressure and cervical lymphatic pressure and flow rates in sheep. *Am J Physiol.* 1999 Dec;277(6):R1712–7.
4272. Simen P, Balci F, de Souza L, Cohen JD, Holmes P. A model of interval timing by neural integration. *J Neurosci.* 2011 Jun 22;31(25):9238–53.
4273. Simic G, Bexheti S, Kelovic Z, Kos M, Grbic K, Hof PR, Kostovic I. Hemispheric asymmetry, modular variability and age-related changes in the human entorhinal cortex. *Neuroscience.* 2005;130(4):911–25.
4274. Simić G, Kostović I, Winblad B, Bogdanović N. Volume and number of neurons of the human hippocampal formation in normal aging and Alzheimer's disease. *J Comp Neurol.* 1997 Mar 24;379(4):482–94.
4275. Simis M, Bravo GL, Boggio PS, Devido M, Gagliardi RJ, Fregni F. Transcranial direct current stimulation in de novo artistic ability after stroke. *Neuromodulation.* 2014 Jul;17(5):497–501.
4276. Simmons AN, Thayer RE, Spadoni AD, Matthews SC, Strigo IA, Tapert SF. The parametric, psychological, neuropsychological, and neuroanatomical properties of self and world evaluation. *PLoS One.* 2012;7(2):e31509.
4277. Simmons WK, DeVille DC. Interoceptive contributions to healthy eating and obesity. *Curr Opin Psychol.* 2017 Oct;17:106–112.
4278. Simms ML, Kemper TL, Timbie CM, Bauman ML, Blatt GJ. The anterior cingulate cortex in autism: heterogeneity of qualitative and quantitative cytoarchitectonic features suggests possible subgroups. *Acta Neuropathol.* 2009 Nov;118(5):673–84.
4279. Simon B, Blake J. Mechanism of action of non-invasive cervical vagus nerve stimulation for the treatment of primary headaches. *Am J Manag Care.* 2017 Nov;23(17 Suppl):S312–S316.
4280. Simon E, Iriki M. Sensory transmission of spinal heat and cold sensitivity in ascending spinal neurons. *Pflugers Arch.* 1971;328(2):103–20.
4281. Simon E. Temperature signals from skin and spinal cord converging on spinothalamic neurons. *Pflugers Arch.* 1972;337(4):323–32.
4282. Simon MJ, Iliff JJ. Regulation of cerebrospinal fluid (CSF) flow in neurodegenerative, neurovascular and neuroinflammatory disease. *Biochim Biophys Acta.* 2016 Mar;1862(3):442–51.
4283. Simons JS, Henson RN, Gilbert SJ, Fletcher PC. Separable forms of reality monitoring supported by anterior prefrontal cortex. *J Cogn Neurosci.* 2008 Mar;20(3):447–57.
4284. Simons LE, Elman I, Borsook D. Psychological processing in chronic pain: a neural systems approach. *Neurosci Biobehav Rev.* 2014 Feb;39:61–78.
4285. Simons LE, Goubert L, Vervoort T, Borsook D. Circles of engagement: childhood pain and parent brain. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016 Sep;68:537–46.
4286. Simpson DA, Morrisroe E, McCoe JM, Lombard AH, Mendis DC, Treussart F, Hall LT, Petrou S, Hollenberg LCL. Non-neurotoxic nanodiamond probes for intraneuronal temperature mapping. *ACS Nano.* 2017 Dec 26;11(12):12077–86.
4287. Sindou M. Microsurgical DREZotomy (MDT) for pain, spasticity, and hyperactive bladder: a 20-year experience. *Acta Neurochir (Wien).* 1995;137(1–2):1–5.
4288. Singh A, Tetreault L, Kalsi-Ryan S, Nouri A, Fehlings MG. Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. *Clin Epidemiol.* 2014 Sep 23;6:309–31.
4289. Singh P, Doshi S, Spaethling JM, Hockenberry AJ, Patel TP, Geddes-Klein DM, Lynch DR, Meaney DF. N-methyl-D-aspartate receptor mechanosensitivity is governed by C terminus of NR2B subunit. *J Biol Chem.* 2012 Feb 3;287(6):4348–59.
4290. Sipsan DG, Aliu OF. Adjusting the light in the limit conditions of consciousness by the means of ascending reticular activating system (ARAS) and of subordinated systems: Part 2: continuation & conclusion of the article. *Laser Ther.* 2014 b;23(2):97–108.
4291. Sipsan DG, Aliu OF. Adjusting the light in the limit conditions of consciousness by the means of ascending reticular activating system (ARAS) and of subordinated systems Part 1: introduction and aims. *Laser Ther.* 2014 a;23(1):31–40.
4292. Sirieux C, Gervasoni D, Luppi PH, Léger L. Role of the lateral paraventricular nucleus in the network of paradoxical (REM) sleep: an electrophysiological and anatomical study in the rat. *PLoS One.* 2012;7(1):e28724.
4293. Sirota A, Csicsvari J, Buhl D, Buzsáki G. Communication between neocortex and hippocampus during sleep in rodents. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003 Feb 18;100(4):2065–9.
4294. Sísó S, Jeffrey M, González L. Sensory circumventricular organs in health and disease. *Acta Neuropathol.* 2010 Dec;120(6):689–705.
4295. Sizemore AE, Giusti C, Kahn A, Vettel JM, Betzel RF, Bassett DS. Cliques and cavities in the human connectome. *J Comput Neurosci.* 2018 Feb;44(1):115–45.
4296. Skaggs WE, Knierim JJ, Kudrimoti HS, McNaughton BL. A model of the neural basis of the rat's sense of direction. *Adv Neural Inf Process Syst.* 1995;7:173–80.
4297. Skakkebaek NE, Rajpert-De Meyts E, Buck Louis GM, Toppari J, Andersson AM, Eisenberg ML, Jensen TK, Jørgensen N, Swan SH, Sapra KJ, Ziebe S, Priskorn L, Juul A. Male reproductive disorders and fertility trends: influences of environment and genetic susceptibility. *Physiol Rev.* 2016 Jan;96(1):55–97.
4298. Skinner DC, Malpoux B. High melatonin concentrations in third ventricular cerebrospinal fluid are not due to Galen vein blood recirculating through the choroid plexus. *Endocrinology.* 1999 Oct;140(10):4399–405.
4299. Skinner RD, Homma Y, Garcia-Rill E. Arousal mechanisms related to posture and locomotion: 2. Ascending modulation. *Prog Brain Res.* 2004;143:291–8.
4300. Skinner RD, Kinjo N, Henderson V, Garcia-Rill E. Locomotor projections from the pedunculopontine nucleus to the spinal cord. *Neuroreport.* 1990 a;1(3–4):183–6.
4301. Skinner RD, Kinjo N, Ishikawa Y, Biedermann JA, Garcia-Rill E. Locomotor projections from the pedunculopontine nucleus to the medioventral medulla. *Neuroreport.* 1990 b;1(3–4):207–10.
4302. Skipor J, Thiery JC. The choroid plexus — cerebrospinal fluid system: undervaluated pathway of neuroendocrine signaling into the brain. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2008;68(3):414–28.
4303. Sköld C, Levi R, Seiger A. Spasticity after traumatic spinal cord injury: nature, severity, and location. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999 Dec;80(12):1548–57.
4304. Sledge J, Graham WA, Westmoreland S, Sejdic E, Miller A, Hoggatt A, Nesathurai S. Spinal cord injury models in non human primates: are lesions created by sharp instruments relevant to human injuries? *Med Hypotheses.* 2013 Oct;81(4):747–8.
4305. Slomianka L, Geneser FA. Distribution of acetylcholinesterase in the hippocampal region of the mouse: I. Entorhinal area, parasubiculum, retrosplenial area, and presubiculum. *J Comp Neurol.* 1991 Jan 15;303(3):339–54.
4306. Slomianka L, Geneser FA. Postnatal development of zinc-containing cells and neuropil in the hippocampal region of the mouse. *Hippocampus.* 1997;7(3):321–40.
4307. Slotkin W, Nishikura K. Adenosine-to-inosine RNA editing and human disease. *Genome Med.* 2013 Nov 29;5(11):105.
4308. Sloviter RS, Lomo T. Updating the lamellar hypothesis of hippocampal organization. *Front Neural Circuits.* 2012 Dec 10;6:102.
4309. Smith AF, Doyeux V, Berg M, Peyrounette M, Haft-Javaherian M, Larue AE, Slater JH, Lauwers F, Blinder P, Tsai P, Kleinfeld D, Schaffer CB, Nishimura N, Davit Y, Lorthois S. Brain capillary networks across species: a few simple organizational requirements are sufficient to reproduce both structure and function. *Front Physiol.* 2019 Mar 26;10:233.
4310. Smith AJ, Jin BJ, Verkman AS. Muddying the water in brain edema? *Trends Neurosci.* 2015 Jun;38(6):331–2.
4311. Smith AJ, Verkman AS. The “glymphatic” mechanism for solute clearance in Alzheimer's disease: game changer or unproven speculation? *FASEB J.* 2018 Feb;32(2):543–51.
4312. Smith AJ, Yao X, Dix JA, Jin BJ, Verkman AS. Test of the ‘glymphatic’ hypothesis demonstrates diffusive and aquaporin-4-independent solute transport in rodent brain parenchyma. *Elife.* 2017 Aug 21;6:e27679.
4313. Smith CC, Greene RW. CNS dopamine transmission mediated by noradrenergic innervation. *J Neurosci.* 2012 May 2;32(18):6072–80.
4314. Smith CM, Walker AW, Hosken IT, Chua BE, Zhang C, Haidar M, Gundlach AL. Relaxin-3/RXFP3 networks: an emerging target for the treatment of depression and other neuropsychiatric diseases? *Front Pharmacol.* 2014 Mar 21;5:46.

4315. Smith CU. Cardiocentric neurophysiology: the persistence of a delusion. *J Hist Neurosci*. 2013;22(1):6–13.
4316. Smith CU. Descartes' visit to the town library, or how Augustinian is Descartes' neurophysiology? *J Hist Neurosci*. 1998 Aug;7(2):93–100.
4317. Smith DE, Johanson CE, Keep RF. Peptide and peptide analog transport systems at the blood-CSF barrier. *Adv Drug Deliv Rev*. 2004 Oct 14;56(12):1765–91.
4318. Smith DV, Clithero JA, Boltuck SE, Huettel SA. Functional connectivity with ventromedial prefrontal cortex reflects subjective value for social rewards. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2014 Dec;9(12):2017–25.
4319. Smith E, Junger J, Pauly K, Kellermann T, Neulen J, Neuschaefer-Rube C, Derntl B, Habel U. Gender incongruence and the brain — behavioral and neural correlates of voice gender perception in transgender people. *Horm Behav*. 2018 Sep;105:11–21.
4320. Smith JC, Abdala AP, Borgmann A, Rybak IA, Paton JF. Brainstem respiratory networks: building blocks and microcircuits. *Trends Neurosci*. 2013 Mar;36(3):152–62.
4321. Smith JC, Abdala AP, Rybak IA, Paton JF. Structural and functional architecture of respiratory networks in the mammalian brainstem. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2009 Sep 12;364(1529):2577–87.
4322. Smith JC, Ellenberger HH, Ballanyi K, Richter DW, Feldman JL. Pre-Bötzinger complex: a brainstem region that may generate respiratory rhythm in mammals. *Science*. 1991 Nov 1;254(5032):726–9.
4323. Smith MA, Ghazizadeh A, Shadmehr R. Interacting adaptive processes with different timescales underlie short-term motor learning. *PLoS Biol*. 2006 Jun;4(6):e179.
4324. Smith R, Lane RD. The neural basis of one's own conscious and unconscious emotional states. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015 Oct;57:1–29.
4325. Smits AM, Dronkers E, Goumans MJ. The epicardium as a source of multipotent adult cardiac progenitor cells: their origin, role and fate. *Pharmacol Res*. 2018 Jan;127:129–140.
4326. Smucny J, Visani A, Tregellas JR. Could vagus nerve stimulation target hippocampal hyperactivity to improve cognition in schizophrenia? *Front Psychiatry*. 2015 Mar 24;6:43.
4327. Snider WD, Elliott JL, Yan Q. Axotomy-induced neuronal death during development. *J Neurobiol*. 1992 Nov;23(9):1231–46.
4328. Snijders AH, Takakusaki K, Debu B, Lozano AM, Krishna V, Fasano A, Aziz TZ, Papa SM, Factor SA, Hallett M. Physiology of freezing of gait. *Ann Neurol*. 2016 Nov;80(5):644–59.
4329. Snyder JS. Recalibrating the relevance of adult neurogenesis. *Trends Neurosci*. 2019 Mar;42(3):164–78.
4330. Sober SJ, Sponberg S, Nemenman I, Ting LH. Millisecond Spike Timing Codes for Motor Control. *Trends Neurosci*. 2018 Oct;41(10):644–48.
4331. Sobrino V, Annesse V, Navarro-Guerrero E, Platero-Luengo A, Pardal R. The carotid body: a physiologically relevant germinal niche in the adult peripheral nervous system. *Cell Mol Life Sci*. 2019 Mar;76(6):1027–39.
4332. Sobrino V, Annesse V, Pardal R. Progenitor cell heterogeneity in the adult carotid body germinal niche. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1123:19–38.
4333. Sobrino V, González-Rodríguez P, Annesse V, López-Barneo J, Pardal R. Fast neurogenesis from carotid body quiescent neuroblasts accelerates adaptation to hypoxia. *EMBO Rep*. 2018 Mar;19(3):e44598.
4334. Sochocka M, Donskow-Tysoniewska K, Diniz BS, Kurpas D, Brzozowska E, Leszek J. The gut microbiome alterations and inflammation-driven pathogenesis of Alzheimer's disease — a critical review. *Mol Neurobiol*. 2019 Mar;56(3):1841–51.
4335. Soddou A, Boly M, Nir Y, Noirhomme Q, Vanhaudenhuyse A, Demertzi A, Arzi A, Ovadia S, Stanziano M, Papa M, Laureys S, Malach R. Reaching across the abyss: recent advances in functional magnetic resonance imaging and their potential relevance to disorders of consciousness. *Prog Brain Res*. 2009;177:261–74.
4336. Sodian B, Frith U. Deception and sabotage in autistic, retarded and normal children. *J Child Psychol Psychiatry*. 1992 Mar;33(3):591–605.
4337. Soiza-Reilly M, Commons KG. Glutamatergic drive of the dorsal raphe nucleus. *J Chem Neuroanat*. 2011 Jul;41(4):247–55.
4338. Soiza-Reilly M, Commons KG. Unraveling the architecture of the dorsal raphe synaptic neuropil using high-resolution neuroanatomy. *Front Neural Circuits*. 2014 Aug 26;8:105.
4339. Soja PJ, Morales FR, Baranyi A, Chase MH. Effect of inhibitory amino acid antagonists on IPSPs induced in lumbar motoneurons upon stimulation of the nucleus reticularis gigantocellularis during active sleep. *Brain Res*. 1987 Oct 13;423(1–2):353–8.
4340. Solanka L, van Rossum MC, Nolan MF. Noise promotes independent control of gamma oscillations and grid firing within recurrent attractor networks. *Elife*. 2015 Jul 6;4:e06444.
4341. Solano-Flores LP, Rosas-Arellano MP, Ciriello J. Fos induction in central structures after afferent renal nerve stimulation. *Brain Res*. 1997 Apr 4;753(1):102–19.
4342. Solberg Nes L, Roach AR, Segerstrom SC. Executive functions, self-regulation, and chronic pain: a review. *Ann Behav Med*. 2009 Apr;37(2):173–83.
4343. Soleng AF, Chiu K, Raastad M. Unmyelinated axons in the rat hippocampus hyperpolarize and activate an H current when spike frequency exceeds 1 Hz. *J Physiol*. 2003 a;552(Pt 2):459–70.
4344. Soleng AF, Raastad M, Andersen P. Conduction latency along CA3 hippocampal axons from rat. *Hippocampus*. 2003 b;13(8):953–61.
4345. Solodkin A, Van Hoesen GW. Entorhinal cortex modules of the human brain. *J Comp Neurol*. 1996 Feb 19;365(4):610–7.
4346. Solstad T, Boccara CN, Kropff E, Moser MB, Moser EI. Representation of geometric borders in the entorhinal cortex. *Science*. 2008 Dec 19;322(5909):1865–8.
4347. Solstrand Dahlberg L, Becerra L, Borsook D, Linnman C. Brain changes after spinal cord injury, a quantitative meta-analysis and review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2018 Jul;90:272–93.
4348. Soltesz I, Losonczy A. CA1 pyramidal cell diversity enabling parallel information processing in the hippocampus. *Nat Neurosci*. 2018 Apr;21(4):484–93.
4349. Soman K, Chakravarthy S, Yartsev MM. A hierarchical anti-Hebbian network model for the formation of spatial cells in three-dimensional space. *Nat Commun*. 2018 Oct 2;9(1):4046.
4350. Soman R, Walberg F. The cerebellar projection from the paratrigeminal nucleus in the cat. *Neurosci Lett*. 1979 Nov;15(1):49–54.
4351. Somia IKA, Teeratakulpisarn N, Jee WS, Yee IA, Pankam T, Nonenoy S, Trachuntong D, Mingkwanrungrueng P, Sukmawati MDD, Ramautarsing R, Nilasari H, Hairunisa N, Azwa I, Yuniastuti E, Merati TP, Phanuphak P, Palefsky J, Phanuphak N; ANSAP Study Group. Prevalence of and risk factors for anal high-risk HPV among HIV-negative and HIV-positive MSM and transgender women in three countries at South-East Asia. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Mar;97(10):e9898.
4352. Sommerfeld DK, Eek EU, Svensson AK, Holmqvist LW, von Arbin MH. Spasticity after stroke: its occurrence and association with motor impairments and activity limitations. *Stroke*. 2004 Jan;35(1):134–9.
4353. Somogyi P, Klausberger T. Defined types of cortical interneurone structure space and spike timing in the hippocampus. *J Physiol*. 2005 Jan 1;562(Pt 1):9–26.
4354. Song AH, Kucyi A, Napadow V, Brown EN, Loggia ML, Akeju O. Pharmacological modulation of noradrenergic arousal circuitry disrupts functional connectivity of the locus ceruleus in humans. *J Neurosci*. 2017 Jul 19;37(29):6938–45.
4355. Song H, Konan LM, Cui J, Johnson CE, Hubler GK, DePalma RG, Gu Z. Nanometer ultrastructural brain damage following low intensity primary blast wave exposure. *Neural Regen Res*. 2018 Sep;13(9):1516–9.
4356. Song J, Olsen RH, Sun J, Ming GL, Song H. Neuronal circuitry mechanisms regulating adult mammalian neurogenesis. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2016 Aug 1;8(8):a018937.
4357. Song N, Zhang G, Geng W, Liu Z, Jin W, Li L, Cao Y, Zhu D, Yu J, Shen L. Acid sensing ion channel 1 in lateral hypothalamus contributes to breathing control. *PLoS One*. 2012;7(7):e39982.
4358. Soriano E, Frotscher M. Spiny nonpyramidal neurons in the CA3 region of the rat hippocampus are glutamate-like immunoreactive and receive convergent mossy fiber input. *J Comp Neurol*. 1993 Jul 15;333(3):435–48.
4359. Soriano J, Kubo T, Inoue T, Kida H, Yamakawa T, Suzuki M, Ikeda K. Differential temperature sensitivity of synaptic and firing processes in a neural mass model of epileptic discharges explains heterogeneous response of experimental epilepsy to focal brain cooling. *PLoS Comput Biol*. 2017 Oct 5;13(10):e1005736.
4360. Sorrells SF, Paredes MF, Cebrian-Silla A, Sandoval K, Qi D, Kelley KW, James D, Mayer S, Chang J, Auguste KI, Chang EF, Gutierrez AJ, Kriegstein AR, Mathern GW, Oldham MC, Huang EJ, Garcia-Verdugo JM, Yang Z, Alvarez-Buylla A. Human hippocampal neurogenesis drops sharply in children to undetectable levels in adults. *Nature*. 2018 Mar 15;555(7696):377–81.
4361. Sousa M, Szucs P, Lima D, Aguiar P. The pronociceptive dorsal reticular nucleus contains mostly tonic neurons and shows a high prevalence of spontaneous activity in block preparation. *J Neurophysiol*. 2014 Apr;111(7):1507–18.
4362. Sousa N, Almeida OF, Holsboer F, Paula-Barbosa MM, Madeira MD. Maintenance of hippocampal cell numbers in young and aged rats submitted to chronic unpredictable stress. Comparison with the effects of corticosterone treatment. *Stress*. 1998 Dec;2(4):237–49.
4363. Sowden S, Wright GR, Banissy MJ, Catmur C, Bird G. Transcranial Current Stimulation of the Temporoparietal Junction Improves Lie Detection. *Curr Biol*. 2015 Sep 21;25(18):2447–51.

4364. Spector R, Johanson CE. The nexus of vitamin homeostasis and DNA synthesis and modification in mammalian brain. *Mol Brain*. 2014 Jan 10;7:3.
4365. Spector R, Keep RF, Robert Snodgrass S, Smith QR, Johanson CE. A balanced view of choroid plexus structure and function: Focus on adult humans. *Exp Neurol*. 2015 May;267:78–86.
4366. Spector R. Vitamin transport diseases of brain: focus on folates, thiamine and riboflavin. *Brain Disord Ther*. 2014;3(2):120.
4367. Spee B, Ishizu T, Leder H, Mikuni J, Kawabata H, Pelowski M. Neuropsychopharmacological aesthetics: a theoretical consideration of pharmacological approaches to causative brain study in aesthetics and art. *Prog Brain Res*. 2018;237:343–72.
4368. Spencer RC, Devilbiss DM, Berridge CW. The cognition-enhancing effects of psychostimulants involve direct action in the prefrontal cortex. *Biol Psychiatry*. 2015 Jun 1;77(11):940–50.
4369. Spierings E. Minor histocompatibility antigens: past, present, and future. *Tissue Antigens*. 2014 Oct;84(4):374–60.
4370. Spitzer NC. Activity-dependent neurotransmitter respecification. *Nat Rev Neurosci*. 2012 Jan 18;13(2):94–106.
4371. Spitzer NC. How GABA generates depolarization. *J Physiol*. 2010 Mar 1;588(Pt 5):757–8.
4372. Spitzer NC. Neurotransmitter Switching? No surprise. *Neuron*. 2015 Jun 3;86(5):1131–44.
4373. Sprincl L, Exner J, Stërba O, Kopecek J. New types of synthetic infusion solutions. III. Elimination and retention of poly-[N-(2-hydroxypropyl)methacrylamide] in a test organism. *J Biomed Mater Res*. 1976 Nov;10(6):953–63.
4374. Spyer KM, Gourine AV. Chemosensory pathways in the brainstem controlling cardiorespiratory activity. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2009 Sep 12;364(1529):2603–10.
4375. Spyer KM. To breathe or not to breathe? That is the question. *Exp Physiol*. 2009 Jan;94(1):1–10.
4376. Squair JW, Phillips AA, Harmon M, Krassioukov AV. Emergency management of autonomic dysreflexia with neurologic complications. *CMAJ*. 2016 Oct 18;188(15):1100–3.
4377. Squier W, Lindberg E, Mack J, Darby S. Demonstration of fluid channels in human dura and their relationship to age and intradural bleeding. *Childs Nerv Syst*. 2009 Aug;25(8):925–31.
4378. Staal JA, Dickson TC, Gasperini R, Liu Y, Foa L, Vickers JC. Initial calcium release from intracellular stores followed by calcium dysregulation is linked to secondary axotomy following transient axonal stretch injury. *J Neurochem*. 2010 Mar;112(5):1147–55.
4379. Staats AW. Neurological exclusiveness or unified science inclusiveness: Comment on Schwartz et al. (2016). *Am Psychol*. 2016 Dec;71(9):894–95.
4380. Stackman RW, Clark AS, Taube JS. Hippocampal spatial representations require vestibular input. *Hippocampus*. 2002;12(3):291–303.
4381. Stackman RW, Taube JS. Firing properties of head direction cells in the rat anterior thalamic nucleus: dependence on vestibular input. *J Neurosci*. 1997 Jun 1;17(11):4349–58.
4382. Stackman RW, Taube JS. Firing properties of rat lateral mamillaris single units: head direction, head pitch, and angular head velocity. *J Neurosci*. 1998 Nov 1;18(21):9020–37.
4383. Staddon JE, Chelaru IM, Higa JJ. A tuned-trace theory of interval-timing dynamics. *J Exp Anal Behav*. 2002 Jan;77(1):105–24.
4384. Staddon JE, Higa JJ. Multiple time scales in simple habituation. *Psychol Rev*. 1996 Oct;103(4):720–33.
4385. Staddon JE, Higa JJ. Time and memory: towards a pacemaker-free theory of interval timing. *J Exp Anal Behav*. 1999 Mar;71(2):215–51.
4386. Stahl PD, Raposo G. Extracellular vesicles: exosomes and microvesicles, integrators of homeostasis. *Physiology (Bethesda)*. 2019 May 1;34(3):169–77.
4387. Stamm S, Gruber SB, Rabchevsky AG, Emeson RB. The activity of the serotonin receptor 2C is regulated by alternative splicing. *Hum Genet*. 2017 Sep;136(9):1079–91.
4388. Stampacchia G, Rustici A, Bigazzi S, Gerini A, Tombini T, Mazzoleni S. Walking with a powered robotic exoskeleton: Subjective experience, spasticity and pain in spinal cord injured persons. *NeuroRehabilitation*. 2016 Jun 27;39(2):277–83.
4389. Stanfield AC, McIntosh AM, Spencer MD, Philip R, Gaur S, Lawrie SM. Towards a neuroanatomy of autism: a systematic review and meta-analysis of structural magnetic resonance imaging studies. *Eur Psychiatry*. 2008 Jun;23(4):289–99.
4390. Star EN, Kwiatkowski DJ, Murthy VN. Rapid turnover of actin in dendritic spines and its regulation by activity. *Nat Neurosci*. 2002 Mar;5(3):239–46.
4391. Starowicz-Filip A, Milczarek O, Kwiatkowski S, Bętkowska-Korpała B, Prochwicz K. Cerebellar cognitive affective syndrome CCAS — a case report. *Arch Psychiatry Psychother*. 2013;15(3):57–64.
4392. Staud R, Nagel S, Robinson ME, Price DD. Enhanced central pain processing of fibromyalgia patients is maintained by muscle afferent input: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Pain*. 2009 Sep;145(1–2):96–104.
4393. Staud R. Is it all central sensitization? Role of peripheral tissue nociception in chronic musculoskeletal pain. *Curr Rheumatol Rep*. 2010 Dec;12(6):448–54.
4394. Staud R. Peripheral pain mechanisms in chronic widespread pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011 Apr;25(2):155–64.
4395. Stavrakis AI, Loftin AH, Lord EL, Hu Y, Manegold JE, Dworsky EM, Scaduto AA, Reinhart NM. Current Animal Models of Postoperative Spine Infection and Potential Future Advances. *Front Med (Lausanne)*. 2015 May 26;2:34.
4396. Stavrakis S, Nakagawa H, Po SS, Scherlag BJ, Lazzara R, Jackman WM. The role of the autonomic ganglia in atrial fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol*. 2015 Mar–Apr;1(1–2):1–13.
4397. Stavrakis S, Po S. Ganglionated plexi ablation: physiology and clinical applications. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2017 Dec;6(4):186–190.
4398. Steenbergen L, Sellaro R, Stock AK, Verkuil B, Beste C, Colzato LS. Transcutaneous vagus nerve stimulation (tvNS) enhances response selection during action cascading processes. *Eur Neuropsychopharmacol*. 2015 Jun;25(6):773–8.
4399. Steeves JD. Bench to bedside: challenges of clinical translation. *Prog Brain Res*. 2015;218:227–39.
4400. Stefańska A, Péault B, Mullins JJ. Renal pericytes: multifunctional cells of the kidneys. *Pflugers Arch*. 2013 Jun;465(6):767–73.
4401. Steidl S, Wang H, Ordonez M, Zhang S, Morales M. Optogenetic excitation in the ventral tegmental area of glutamatergic or cholinergic inputs from the latero-dorsal tegmental area drives reward. *Eur J Neurosci*. 2017 Feb;45(4):559–71.
4402. Stein ML, Bruno JL, Konopacki KL, Kesler S, Reinhartz O, Rosenthal D. Cognitive outcomes in pediatric heart transplant recipients bridged to transplantation with ventricular assist devices. *J Heart Lung Transplant*. 2013 Feb;32(2):212–20.
4403. Steinbeck JA, Studer L. Moving stem cells to the clinic: potential and limitations for brain repair. *Neuron*. 2015 Apr 8;86(1):187–206.
4404. Steininger TL, Rye DB, Wainer BH. Afferent projections to the cholinergic pedunclopontine tegmental nucleus and adjacent midbrain extrapyramidal area in the albino rat. I. Retrograde tracing studies. *J Comp Neurol*. 1992 Jul 22;321(4):515–43.
4405. Stensola H, Stensola T, Solstad T, Frøland K, Moser MB, Moser EI. The entorhinal grid map is discretized. *Nature*. 2012 Dec 6;492(7427):72–8.
4406. Stephan H. *Alloccortex*. Springer-Verlag, Berlin. 1975; 1000 p.
4407. Stephens T, Parmar H, Cornblath W. Giant tumefactive perivascular spaces. *J Neurol Sci*. 2008 Mar 15;266(1–2):171–3.
4408. Steriade M, Dossi RC, Paré D, Oakson G. Fast oscillations (20–40 Hz) in thalamocortical systems and their potentiation by mesopontine cholinergic nuclei in the cat. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1991 May 15;88(10):4396–400.
4409. Serman MB, Clemente CD. Forebrain inhibitory mechanisms: cortical synchronization induced by basal forebrain stimulation. *Exp Neurol*. 1962 Aug;6:91–102.
4410. Stern ER, Grimaldi SJ, Muratore A, Murrugh J, Leib E, Fleysher L, Goodman WK, Burdick KE. Neural correlates of interoception: Effects of interoceptive focus and relationship to dimensional measures of body awareness. *Hum Brain Mapp*. 2017 Dec;38(12):6068–82.
4411. Sternberg JR, Prendergast AE, Brosse L, Cantaut-Belarif Y, Thouvenin O, Orts-Del'Imagine A, Castillo L, Djénoune L, Kurisu S, McDearmid JR, Bardet PL, Boccard C, Okamoto H, Delmas P, Wyart C. Pkd2l1 is required for mechanoreception in cerebrospinal fluid-contacting neurons and maintenance of spine curvature. *Nat Commun*. 2018 Sep 18;9(1):3804.
4412. Sterpenich V, D'Argembeau A, Desseilles M, Baeteau E, Albouy G, Vandewalle G, Degueldre C, Luxen A, Collette F, Maquet P. The locus ceruleus is involved in the successful retrieval of emotional memories in humans. *J Neurosci*. 2006 Jul 12;26(28):7416–23.
4413. Stettner GM, Lei Y, Benincasa Herr K, Kubin L. Evidence that adrenergic ventrolateral medullary cells are activated whereas precerebellar lateral reticular nucleus neurons are suppressed during REM sleep. *PLoS One*. 2013 Apr 22;8(4):e62410.
4414. Stevens JR. Schizophrenia: reproductive hormones and the brain. *Am J Psychiatry*. 2002 May;159(5):713–9.
4415. Stevenson RF, Zheng J, Mnatsakanyan L, Vadera S, Knight RT, Lin JJ, Yassa MA. Hippocampal CA1 gamma power predicts the precision of spatial memory judgments. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Oct 2;115(40):10148–53.
4416. Stevenson RJ, Mahmut M, Rooney K. Individual differences in the interoceptive states of hunger, fullness and thirst. *Appetite*. 2015 Dec;95:44–57.

4417. Stevenson V, Playford D. Neurological rehabilitation and the management of spasticity. *Medicine*. 2012;40(9):513–7.
4418. Stichel CC, Hermanns S, Luhmann HJ, Lausberg F, Niermann H, D'Urso D, Servos G, Hartwig HG, Müller HW. Inhibition of collagen IV deposition promotes regeneration of injured CNS axons. *Eur J Neurosci*. 1999 Feb;11(2):632–46.
4419. Stier M, Schoene-Seifert B, Rütger M, Muders S. The philosophy of psychiatry and biologism. *Front Psychol*. 2014 Sep 18;5:1032.
4420. Stier M. Normative preconditions for the assessment of mental disorder. *Front Psychol*. 2013 Sep 9;4:611.
4421. Stimpson CD, Tetreault NA, Allman JM, Jacobs B, Butti C, Hof PR, Sherwood CC. Biochemical specificity of von Economo neurons in hominoids. *Am J Hum Biol*. 2011 Jan–Feb;23(1):22–8.
4422. Stoeckel ME, Uhl-Bronner S, Hugel S, Veinante P, Klein MJ, Mutterer J, Freund-Mercier MJ, Schlichter R. Cerebrospinal fluid-contacting neurons in the rat spinal cord, a gamma-aminobutyric acidergic system expressing the P2X2 subunit of purinergic receptors, PSA-NCAM, and GAP-43 immunoreactivities: light and electron microscopic study. *J Comp Neurol*. 2003 Mar 3;457(2):159–74.
4423. Stoffel JT, Van der Aa F, Wittmann D, Yande S, Elliott S. Fertility and sexuality in the spinal cord injury patient. *World J Urol*. 2018 Oct;36(10):1577–85.
4424. Stone J, Johnstone DM, Mitrofanis J, O'Rourke M. The mechanical cause of age-related dementia (Alzheimer's disease): the brain is destroyed by the pulse. *J Alzheimers Dis*. 2015;44(2):355–73.
4425. Stoodley CJ, Schmähmann JD. Functional topography of the human cerebellum. *Handb Clin Neurol*. 2018;154:59–70.
4426. Stopper CM, Floresco SB. What's better for me? Fundamental role for lateral habenula in promoting subjective decision biases. *Nat Neurosci*. 2014 Jan;17(1):33–5.
4427. Storm L, Tressoldi P. Meta-analysis of free-response studies 2009–2018: assessing the noise-reduction model ten years on. Preprint. In press *Journal of the Society for Psychological Research*. 2021:1–28. Available from: <https://psyarxiv.com/3d7at/>.
4428. Storm L, Tressoldi PE, Di Risio L. Meta-analysis of free-response studies, 1992–2008: assessing the noise reduction model in parapsychology. *Psychol Bull*. 2010 Jul;136(4):471–85.
4429. Storm L, Tressoldi PE, Utts J. Testing the Storm et al. (2010) meta-analysis using Bayesian and frequentist approaches: reply to Rouder et al. (2013). *Psychol Bull*. 2013 Jan;139(1):248–54.
4430. Stornetta RL, Guyenet PG. C1 neurons: a nodal point for stress? *Exp Physiol*. 2018 Mar 1;103(3):332–6.
4431. Stornetta RL, Guyenet PG. Distribution of glutamic acid decarboxylase mRNA-containing neurons in rat medulla projecting to thoracic spinal cord in relation to monoaminergic brainstem neurons. *J Comp Neurol*. 1999 May 10;407(3):367–80.
4432. Stornetta RL, Inglis MA, Viar KE, Guyenet PG. Afferent and efferent connections of C1 cells with spinal cord or hypothalamic projections in mice. *Brain Struct Funct*. 2016 Nov;221(8):4027–44.
4433. Strachan GD, Kopp AS, Koike MA, Morgan KL, Jordan-Sciutto KL. Chemokine- and neurotrophic factor-induced changes in E2F1 localization and phosphorylation of the retinoblastoma susceptibility gene product (pRb) occur by distinct mechanisms in murine cortical cultures. *Exp Neurol*. 2005 Jun;193(2):455–68.
4434. Strange BA, Witter MP, Lein ES, Moser EI. Functional organization of the hippocampal longitudinal axis. *Nat Rev Neurosci*. 2014 Oct;15(10):655–69.
4435. Strick PL, Dum RP, Fiez JA. Cerebellum and nonmotor function. *Annu Rev Neurosci*. 2009;32:413–34.
4436. Striedter GF, Srinivasan S, Monuki ES. Cortical folding: when, where, how, and why? *Annu Rev Neurosci*. 2015 Jul 8;38:291–307.
4437. Strigo IA, Craig AD. Interception, homeostatic emotions and sympathovagal balance. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016 Nov 19;371(1708):20160010.
4438. Stringer C, Pachitariu M, Steinmetz N, Reddy CB, Carandini M, Harris KD. Spontaneous behaviors drive multidimensional, brainwide activity. *Science*. 2019 Apr 19;364(6437):255.
4439. Strohalm J, Kopeček J. Poly[N-(2-hydroxypropyl)methacrylamide]. IV. Heterogeneous polymerization. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*. 1978;70(1):109–18.
4440. Stroobant N, Vingerhoets G. Pre-existing cognitive impairment in candidates for cardiac surgery: an overview. *Heart*. 2009 Nov;95(22):1820–5.
4441. Strotmann B, Heidemann RM, Anwander A, Weiss M, Trampel R, Villringer A, Turner R. High-resolution MRI and diffusion-weighted imaging of the human habenula at 7 tesla. *J Magn Reson Imaging*. 2014 Apr;39(4):1018–26.
4442. Struve AR, Lu DF, Hart LK, Keller T. The use of intercessory prayer to reduce disruptive behaviors of patients with dementia: a pilot feasibility study. *J Holist Nurs*. 2016 Jun;34(2):135–45.
4443. Stuber GD, Hnasko TS, Britt JP, Edwards RH, Bonci A. Dopaminergic terminals in the nucleus accumbens but not the dorsal striatum corelease glutamate. *J Neurosci*. 2010 Jun 16;30(24):8229–33.
4444. Stultz BG, McGinnis K, Thompson EE, Lo Surdo JL, Bauer SR, Hursh DA. Chromosomal stability of mesenchymal stromal cells during in vitro culture. *Cytotherapy*. 2016 Mar;18(3):336–43.
4445. Sturm T. Consciousness regained? Philosophical arguments for and against reductive physicalism. *Dialogues Clin Neurosci*. 2012 Mar;14(1):55–63.
4446. Su YT, Gu MY, Chu X, Feng X, Yu YQ. Whole-brain mapping of direct inputs to and axonal projections from GABAergic neurons in the parafacial zone. *Neurosci Bull*. 2018 Jun;34(3):485–96.
4447. Suckow SK, Deichsel EL, Ingram SL, Morgan MM, Aicher SA. Columnar distribution of catecholaminergic neurons in the ventrolateral periaqueductal gray and their relationship to efferent pathways. *Synapse*. 2013 Feb;67(2):94–108.
4448. Sugar J, Moser MB. Episodic memory: neuronal codes for what, where, and when. *Hippocampus*. 2019 Dec;29(12):1190–205.
4449. Sugo T, Murakami Y, Shimomura Y, Harada M, Abe M, Ishibashi Y, Kitada C, Miyajima N, Suzuki N, Mori M, Fujino M. Identification of urotensin II-related peptide as the urotensin II-immunoreactive molecule in the rat brain. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003 Oct 24;310(3):860–8.
4450. Suh H, Deng W, Gage FH. Signaling in adult neurogenesis. *Annu Rev Cell Dev Biol*. 2009;25:253–75.
4451. Sukstanskii AL, Yablonskiy DA. Theoretical model of temperature regulation in the brain during changes in functional activity. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Aug 8;103(32):12144–9.
4452. Sun BL, Wang LH, Yang T, Sun JY, Mao LL, Yang MF, Yuan H, Colvin RA, Yang XY. Lymphatic drainage system of the brain: A novel target for intervention of neurological diseases. *Prog Neurobiol*. 2018 Apr–May;163–164:118–43.
4453. Sun C, Kitamura T, Yamamoto J, Martin J, Pignatelli M, Kitch LJ, Schnitzer MJ, Tonegawa S. Distinct speed dependence of entorhinal island and ocean cells, including respective grid cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Jul 28;112(30):9466–71.
4454. Sun H, Li DP, Chen SR, Hittelmann WN, Pan HL. Sensing of blood pressure increase by transient receptor potential vanilloid 1 receptors on baroreceptors. *J Pharmacol Exp Ther*. 2009 Dec;331(3):851–9.
4455. Sun X, Jones ZB, Chen XM, Zhou L, So KF, Ren Y. Multiple organ dysfunction and systemic inflammation after spinal cord injury: a complex relationship. *J Neuroinflammation*. 2016 Oct 6;13(1):260.
4456. Sun Y, Grieco SF, Holmes TC, Xu X. Local and long-range circuit connections to hilar mossy cells in the dentate gyrus. *eNeuro*. 2017 Apr 19;4(2):ENEURO.0097-17.2017.
4457. Supple WF Jr, Kapp BS. Anatomical and physiological relationships between the anterior cerebellar vermis and the pontine parabrachial nucleus in the rabbit. *Brain Res Bull*. 1994;33(5):561–74.
4458. Sürmeli G, Marcu DC, McClure C, Garden DLF, Pastoll H, Nolan MF. Molecularly defined circuitry reveals input-output segregation in deep layers of the medial entorhinal cortex. *Neuron*. 2015 Dec 2;88(5):1040–53.
4459. Suschinsky KD, Dawson SJ, Chivers ML. Assessing the relationship between sexual concordance, sexual attractions, and sexual identity in women. *Arch Sex Behav*. 2017 Jan;46(1):179–92.
4460. Suthana N, Haneef Z, Stern J, Mukamel R, Behnke E, Knowlton B, Fried I. Memory enhancement and deep-brain stimulation of the entorhinal area. *N Engl J Med*. 2012 Feb 9;366(6):502–10.
4461. Sutherland RJ. The dorsal diencephalic conduction system: a review of the anatomy and functions of the habenular complex. *Neurosci Biobehav Rev*. 1982 Spring;6(1):1–13.
4462. Suto F, Tsuboi M, Kamiya H, Mizuno H, Kiyama Y, Komai S, Shimizu M, Sanbo M, Yagi T, Hiromi Y, Chédotal A, Mitchell KJ, Manabe T, Fujisawa H. Interactions between plexin-A2, plexin-A4, and semaphorin 6A control lamina-restricted projection of hippocampal mossy fibers. *Neuron*. 2007 Feb 15;53(4):535–47.
4463. Suzuki IK, Vanderhaeghen P. Is this a brain which I see before me? Modeling human neural development with pluripotent stem cells. *Development*. 2015 Sep 15;142(18):3138–50.
4464. Suzuki J, Osumi N. Neural crest and placode contributions to olfactory development. *Curr Top Dev Biol*. 2015;111:351–74.

4465. Suzuki K, Garfinkel SN, Critchley HD, Seth AK. Multisensory integration across exteroceptive and interoceptive domains modulates self-experience in the rubber-hand illusion. *Neuropsychologia*. 2013 Nov;51(13):2909–17.
4466. Suzuki TW, Kunimatsu J, Tanaka M. Correlation between pupil size and subjective passage of time in non-human primates. *J Neurosci*. 2016 Nov 2;36(44):11331–7.
4467. Suzuki WA, Porteros A. Distribution of calbindin D-28k in the entorhinal, perirhinal, and parahippocampal cortices of the macaque monkey. *J Comp Neurol*. 2002 Sep 30;451(4):392–412.
4468. Svob C, Wang Z, Weissman MM, Wickramaratne P, Posner J. Religious and spiritual importance moderate relation between default mode network connectivity and familial risk for depression. *Neurosci Lett*. 2016 Nov 10;634:94–7.
4469. Swaab DF. Sexual orientation and its basis in brain structure and function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008 Jul 29;105(30):10273–4.
4470. Swannell S, Martin G, Page A. Suicidal ideation, suicide attempts and non-suicidal self-injury among lesbian, gay, bisexual and heterosexual adults: findings from an Australian national study. *Aust N Z J Psychiatry*. 2016 Feb;50(2):145–53.
4471. Swanson LW, Cowan WM. An autoradiographic study of the organization of the efferent connections of the hippocampal formation in the rat. *J Comp Neurol*. 1977 Mar 1;172(1):49–84.
4472. Sweeney MD, Ayyadurai S, Zlokovic BV. Pericytes of the neurovascular unit: key functions and signaling pathways. *Nat Neurosci*. 2016 May 26;19(6):771–83.
4473. Sweeney MD, Zhao Z, Montagne A, Nelson AR, Zlokovic BV. Blood-brain barrier: from physiology to disease and back. *Physiol Rev*. 2019 Jan 1;99(1):21–78.
4474. Sweetman B, Linninger AA. Cerebrospinal fluid flow dynamics in the central nervous system. *Ann Biomed Eng*. 2011 Jan;39(1):484–96.
4475. Swieck K, Conta-Steencken A, Middleton FA, Siebert JR, Osterhout DJ, Stelzner DJ. Effect of lesion proximity on the regenerative response of long descending propriospinal neurons after spinal transection injury. *BMC Neurosci*. 2019 Mar 18;20(1):10.
4476. Syková E, Nicholson C. Diffusion in brain extracellular space. *Physiol Rev*. 2008 Oct;88(4):1277–340.
4477. Syková E. Extrasynaptic volume transmission and diffusion parameters of the extracellular space. *Neuroscience*. 2004;129(4):861–76.
4478. Sylantsev S, Savtchenko LP, Ermolyuk Y, Michaluk P, Rusakov DA. Spike-driven glutamate electrodiffusion triggers synaptic potentiation via a homer-dependent mGluR-NMDAR link. *Neuron*. 2013 Feb 6;77(3):528–41.
4479. Szabadi E. Functional neuroanatomy of the central noradrenergic system. *J Psychopharmacol*. 2013 Aug;27(8):659–93.
4480. Szalkai B, Varga B, Grolmusz V. Comparing advanced graph-theoretical parameters of the connectomes of the lobes of the human brain. *Cogn Neurodyn*. 2018 Dec;12(6):549–59.
4481. Szentágotthai J. The ‘module-concept’ in cerebral cortex architecture. *Brain Res*. 1975 Sep 23;95(2-3):475–96.
4482. Szentistványi I, Patlak CS, Ellis RA, Cserr HF. Drainage of interstitial fluid from different regions of rat brain. *Am J Physiol*. 1984 Jun;246(6 Pt 2):F835–44.
4483. Szili-Török T, Kálmán J, Paprika D, Dibó G, Rózsa Z, Rudas L. Depressed baroreflex sensitivity in patients with Alzheimer’s and Parkinson’s disease. *Neurobiol Aging*. 2001 May-Jun;22(3):435–8.
4484. Szirmai I, Buzsáki G, Kamondi A. 120 years of hippocampal Schaffer collaterals. *Hippocampus*. 2012 Jul;22(7):1508–16.
4485. Szucs P, Luz LL, Lima D, Safronov BV. Local axon collaterals of lamina I projection neurons in the spinal cord of young rats. *J Comp Neurol*. 2010 Jul 15;518(14):2645–65.
4486. Szymusiak R, Alam N, Steininger TL, McGinty D. Sleep-waking discharge patterns of ventrolateral preoptic/anterior hypothalamic neurons in rats. *Brain Res*. 1998 Aug 24;803(1-2):178–88.
4487. T Noghani M, Rezaeizadeh H, Fazljoor SM, Keshavarz M. Gastrointestinal headache: a narrative review. *Emerg (Tehran)*. 2016 Nov;4(4):171–83.
4488. Taal W, Holstege JC. GABA and glycine frequently colocalize in terminals on cat spinal motoneurons. *Neuroreport*. 1994 Nov 21;5(17):2225–8.
4489. Tabansky I, Liang Y, Frankfurt M, Daniels MA, Harrigan M, Stern S, Milner TA, Leshan R, Rama R, Moll T, Friedman JM, Stern JNH, Pfaff DW. Molecular profiling of reticular gigantocellularis neurons indicates that eNOS modulates environmentally dependent levels of arousal. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Jul 17;115(29):E6900–E6909.
4490. Tabansky I, Quinkert AW, Rahman N, Muller SZ, Lofgren J, Rudling J, Goodman A, Wang Y, Pfaff DW. Temporally-patterned deep brain stimulation in a mouse model of multiple traumatic brain injury. *Behav Brain Res*. 2014 Oct 15;273:123–32.
4491. Taggart P, Critchley H, Lambiase PD. Heart-brain interactions in cardiac arrhythmia. *Heart*. 2011 May;97(9):698–708.
4492. Taggart P, Critchley H, van Duijvendoden S, Lambiase PD. Significance of neuro-cardiac control mechanisms governed by higher regions of the brain. *Auton Neurosci*. 2016 Aug;199:54–65.
4493. Tahayori B, Kocaja DM. Activity-dependent plasticity of spinal circuits in the developing and mature spinal cord. *Neural Plast*. 2012;2012:964843.
4494. Tahsili-Fahadan P, Geocadin RG. Heart-brain axis: effects of neurologic injury on cardiovascular function. *Circ Res*. 2017 Feb 3;120(3):559–72.
4495. Tai SK, Ma J, Ossenkopp KP, Leung LS. Activation of immobility-related hippocampal theta by cholinergic septohippocampal neurons during vestibular stimulation. *Hippocampus*. 2012 Apr;22(4):914–25.
4496. Takagi T, Yoshimura S, Sakuma R, Nakano-Doi A, Matsuyama T, Nakagomi T. Novel regenerative therapies based on regionally induced multipotent stem cells in post-stroke brains: their origin, characterization, and perspective. *Transl Stroke Res*. 2017 Dec;8(6):515–28.
4497. Takahashi K, Liu FC, Oishi T, Mori T, Higo N, Hayashi M, Hirokawa K, Takahashi H. Expression of FOXP2 in the developing monkey forebrain: comparison with the expression of the genes FOXP1, PBX3, and MEIS2. *J Comp Neurol*. 2008 Jul 10;509(2):180–9.
4498. Takakusaki K, Chiba R, Nozu T, Okumura T. Brainstem control of locomotion and muscle tone with special reference to the role of the mesopontine tegmentum and medullary reticulospinal systems. *J Neural Transm (Vienna)*. 2016 Jul;123(7):695–729.
4499. Takakusaki K, Habaguchi T, Ohtinata-Sugimoto J, Saitoh K, Sakamoto T. Basal ganglia efferents to the brainstem centers controlling postural muscle tone and locomotion: a new concept for understanding motor disorders in basal ganglia dysfunction. *Neuroscience*. 2003 a;119(1):293–308.
4500. Takakusaki K, Habaguchi T, Saitoh K, Kohyama J. Changes in the excitability of hindlimb motoneurons during muscular atonia induced by stimulating the pedunculopontine tegmental nucleus in cats. *Neuroscience*. 2004 a;124(2):467–80.
4501. Takakusaki K, Kohyama J, Matsuyama K, Mori S. Medullary reticulospinal tract mediating the generalized motor inhibition in cats: parallel inhibitory mechanisms acting on motoneurons and on interneuronal transmission in reflex pathways. *Neuroscience*. 2001;103(2):511–27.
4502. Takakusaki K, Kohyama J, Matsuyama K, Mori S. Synaptic mechanisms acting on lumbar motoneurons during postural augmentation induced by serotonin injection into the rostral pontine reticular formation in decerebrate cats. *Exp Brain Res*. 1993 a;93(3):471–82.
4503. Takakusaki K, Kohyama J, Matsuyama K. Medullary reticulospinal tract mediating a generalized motor inhibition in cats: III. Functional organization of spinal interneurons in the lower lumbar segments. *Neuroscience*. 2003 b;121(3):731–46.
4504. Takakusaki K, Matsuyama K, Kobayashi Y, Kohyama J, Mori S. Pontine microinjection of carbachol and critical zone for inducing postural atonia in reflexively standing decerebrate cats. *Neurosci Lett*. 1993 b;153(2):185–8.
4505. Takakusaki K, Ohta Y, Mori S. Single medullary reticulospinal neurons exert postsynaptic inhibitory effects via inhibitory interneurons upon alpha-motoneurons innervating cat hindlimb muscles. *Exp Brain Res*. 1989;74(1):11–23.
4506. Takakusaki K, Saitoh K, Harada H, Kashiwayanagi M. Role of basal ganglia-brainstem pathways in the control of motor behaviors. *Neurosci Res*. 2004 c;50(2):137–51.
4507. Takakusaki K, Saitoh K, Harada H, Okumura T, Sakamoto T. Evidence for a role of basal ganglia in the regulation of rapid eye movement sleep by electrical and chemical stimulation for the pedunculopontine tegmental nucleus and the substantia nigra pars reticulata in decerebrate cats. *Neuroscience*. 2004 b;124(1):207–20.
4508. Takakusaki K, Shimoda N, Matsuyama K, Mori S. Discharge properties of medullary reticulospinal neurons during postural changes induced by intrapontine injections of carbachol, atropine and serotonin, and their functional linkages to hindlimb motoneurons in cats. *Exp Brain Res*. 1994;99(3):361–74.
4509. Takakusaki K, Takahashi K, Saitoh K, Harada H, Okumura T, Kayama Y, Koyama Y. Orexinergic projections to the cat midbrain mediate alternation of emotional behavioural states from locomotion to cataplexy. *J Physiol*. 2005 Nov 1;568(Pt 3):1003–20.
4510. Takakusaki K. Functional neuroanatomy for posture and gait control. *J Mov Disord*. 2017 Jan;10(1):1–17.
4511. Takata N. Thalamic reticular nucleus in the thalamocortical loop. *Neurosci Res*. 2020;156:32–40.
4512. Takemura M, Sugimoto T, Sakai A. Topographic organization of central terminal region of different sensory branches of the rat mandibular nerve. *Exp Neurol*. 1987 Jun;96(3):540–57.
4513. Takeoka A, Kubasak MD, Zhong H, Kaplan J, Roy RR, Phelps PE. Noradrenergic innervation of the rat spinal cord caudal to a complete spinal cord transection: effects of olfactory ensheathing glia. *Exp Neurol*. 2010 Mar;222(1):59–69.

4514. Takeoka A, Kubasak MD, Zhong H, Roy RR, Phelps PE. Serotonergic innervation of the caudal spinal stump in rats after complete spinal transection: effect of olfactory ensheathing glia. *J Comp Neurol.* 2009 Aug 20;515(6):664–76.
4515. Takesue H, Miyauchi CM, Sakaiya S, Fan H, Matsuda T, Kato J. Human pursuance of equality hinges on mental processes of projecting oneself into the perspectives of others and into future situations. *Sci Rep.* 2017 Jul 19;7(1):5878.
4516. Takeuchi H, Taki Y, Hashizume H, Sassa Y, Nagase T, Nouchi R, Kawashima R. The association between resting functional connectivity and creativity. *Cereb Cortex.* 2012 Dec;22(12):2921–9.
4517. Takeuchi T, Duszkievicz AJ, Sonneborn A, Spooner PA, Yamasaki M, Watanabe M, Smith CC, Fernández G, Deisseroth K, Greene RW, Morris RG. Locus coeruleus and dopaminergic consolidation of everyday memory. *Nature.* 2016 Sep 15;537(7620):357–62.
4518. Tal I, Large EW, Rabinovitch E, Wei Y, Schroeder CE, Poeppel D, Zion Golumbic E. Neural entrainment to the beat: the “missing-pulse” phenomenon. *J Neurosci.* 2017 Jun 28;37(26):6331–41.
4519. Talbot K, Woolf NJ, Butcher LL. Feline islands of Calleja complex: I. Cytoarchitectural organization and comparative anatomy. *J Comp Neurol.* 1988 Sep 22;275(4):553–79.
4520. Talley AE, Gilbert PA, Mitchell J, Goldbach J, Marshall BD, Kaysen D. Addressing gaps on risk and resilience factors for alcohol use outcomes in sexual and gender minority populations. *Drug Alcohol Rev.* 2016 Jul;35(4):484–93.
4521. Tallon-Baudry C, Campana F, Park HD, Babo-Rebello M. The neural monitoring of visceral inputs, rather than attention, accounts for first-person perspective in conscious vision. *Cortex.* 2018 May;102:139–49.
4522. Tamamaki N, Nojyo Y. Crossing fiber arrays in the rat hippocampus as demonstrated by three-dimensional reconstruction. *J Comp Neurol.* 1991 Jan 15;303(3):435–42.
4523. Tamamaki N, Nojyo Y. Projection of the entorhinal layer II neurons in the rat as revealed by intracellular pressure-injection of neurobiotin. *Hippocampus.* 1993 Oct;3(4):471–80.
4524. Tamano H, Koike Y, Nakada H, Shakushi Y, Takeda A. Significance of synaptic Zn<sup>2+</sup> signaling in zincergic and non-zincergic synapses in the hippocampus in cognition. *J Trace Elem Med Biol.* 2016 Dec;38:93–8.
4525. Tamisier R, Weiss JW, Pépin JL. Sleep biology updates: hemodynamic and autonomic control in sleep disorders. *Metabolism.* 2018 Jul;84:3–10.
4526. Tamura M, Koyama R, Ikegaya Y, Matsuki N, Yamada MK. K252a, an inhibitor of Trk, disturbs pathfinding of hippocampal mossy fibers. *Neuroreport.* 2006 Apr 3;17(5):481–6.
4527. Tan AM, Chakrabarty S, Kimura H, Martin JH. Selective corticospinal tract injury in the rat induces primary afferent fiber sprouting in the spinal cord and hyper-reflexia. *J Neurosci.* 2012 Sep 12;32(37):12896–908.
4528. Tan AM, Waxman SG. Spinal cord injury, dendritic spine remodeling, and spinal memory mechanisms. *Exp Neurol.* 2012 May;235(1):142–51.
4529. Tan AY, Li H, Wachsmann-Hogiu S, Chen LS, Chen PS, Fishbein MC. Autonomic innervation and segmental muscular disconnections at the human pulmonary vein-atrial junction: implications for catheter ablation of atrial-pulmonary vein junction. *J Am Coll Cardiol.* 2006 Jul 4;48(1):132–43.
4530. Tan FC, Hutchison ER, Eitan E, Mattson MP. Are there roles for brain cell senescence in aging and neurodegenerative disorders? *Biogerontology.* 2014 Dec;15(6):643–60.
4531. Tan RH, Wong S, Kril JJ, Piguet O, Hornberger M, Hodges JR, Halliday GM. Beyond the temporal pole: limbic memory circuit in the semantic variant of primary progressive aphasia. *Brain.* 2014 Jul;137(Pt 7):2065–76.
4532. Tan RH, Yang Y, McCann H, Shepherd C, Halliday GM. Von Economo neurons in behavioral variant frontotemporal dementia with underlying Alzheimer’s disease. *J Alzheimers Dis.* 2019;69(4):963–67.
4533. Tan W, Sherman D, Turesson J, Shao XM, Janczewski WA, Feldman JL. Reelin demarcates a subset of pre-Bötzing complex neurons in adult rat. *J Comp Neurol.* 2012 Feb 15;520(3):606–19.
4534. Tang FR, Loke WK, Khoo BC. Postnatal irradiation-induced hippocampal neuropathology, cognitive impairment and aging. *Brain Dev.* 2017 Apr;39(4):277–93.
4535. Tang Q, Buralgossi A, Ebbesen CL, Ray S, Naumann R, Schmidt H, Spicher D, Brecht M. Pyramidal and stellate cell specificity of grid and border representations in layer 2 of medial entorhinal cortex. *Neuron.* 2014 Dec 17;84(6):1191–7.
4536. Tang Q, Buralgossi A, Ebbesen CL, Sanguinetti-Scheck JI, Schmidt H, Tukker JJ, Naumann R, Ray S, Preston-Ferrer P, Schmitz D, Brecht M. Functional architecture of the rat parasubiculum. *J Neurosci.* 2016 Feb 17;36(7):2289–301.
4537. Tang Q, Ebbesen CL, Sanguinetti-Scheck JI, Preston-Ferrer P, Gundlfinger A, Winterer J, Beed P, Ray S, Naumann R, Schmitz D, Brecht M, Buralgossi A. Anatomical organization and spatiotemporal firing patterns of layer 3 neurons in the rat medial entorhinal cortex. *J Neurosci.* 2015 Sep 9;35(36):12346–54.
4538. Tang R, Dai J. Biophoton signal transmission and processing in the brain. *J Photochem Photobiol B.* 2014 Oct 5;139:71–5.
4539. Tang R, Dai J. Spatiotemporal imaging of glutamate-induced biophotonic activities and transmission in neural circuits. *PLoS One.* 2014 Jan 15;9(1):e85643.
4540. Tang Y, Nyengaard JR, De Groot DM, Gundersen HJ. Total regional and global number of synapses in the human brain neocortex. *Synapse.* 2001 Sep 1;41(3):258–73.
4541. Tang YY, Tang R, Rothbart MK, Posner MI. Frontal theta activity and white matter plasticity following mindfulness meditation. *Curr Opin Psychol.* 2019 Aug;28:294–97.
4542. Tang YY, Tang R. Ventral-subgenual anterior cingulate cortex and self-transcendence. *Front Psychol.* 2013 Dec 27;4:1000.
4543. Tanigawa S, Perantoni AO. Modeling renal progenitors — defining the niche. *Differentiation.* 2016 Apr–Jun;91(4–5):152–8.
4544. Tanimoto R, Hiraawa T, Nakai Y, Shindo Y, Oka K, Hiroi N, Funahashi A. Detection of temperature difference in neuronal cells. *Sci Rep.* 2016 Mar 1;6:22071.
4545. Tanner J, Asbridge M, Wortley S. Our favourite melodies: musical consumption and teenage lifestyles. *Br J Sociol.* 2008 Mar;59(1):117–44.
4546. Tao YX. AMPA receptor trafficking in inflammation-induced dorsal horn central sensitization. *Neurosci Bull.* 2012 Apr;28(2):111–20.
4547. Taoka T, Masutani Y, Kawai H, Nakane T, Matsuoka K, Yasuno F, Kishimoto T, Naganawa S. Evaluation of glymphatic system activity with the diffusion MR technique: diffusion tensor image analysis along the perivascular space (DTI-ALPS) in Alzheimer’s disease cases. *Jpn J Radiol.* 2017 Apr;35(4):172–8.
4548. Taoka T, Yamada S, Yamatani Y, Akashi T, Miyasaka T, Emura T, Nakase H, Kichikawa K. Brain surface motion imaging to predict adhesions between meningiomas and the brain surface. *Neuroradiology.* 2010 Nov;52(11):1003–10.
4549. Tardivel M, Bégard S, Bousset L, Dujardin S, Coens A, Melki R, Buée L, Colin M. Tunneling nanotube (TNT)-mediated neuron-to neuron transfer of pathological Tau protein assemblies. *Acta Neuropathol Commun.* 2016 Nov 4;4(1):117.
4550. Tarlaci S, Pregolato M. Quantum neurophysics: from non-living matter to quantum neurobiology and psychopathology. *Int J Psychophysiol.* 2016 May;103:161–73.
4551. Taruffi L, Pehrs C, Skouras S, Koelsch S. Effects of sad and happy music on mind-wandering and the default mode network. *Sci Rep.* 2017 Oct 31;7(1):14396.
4552. Tasaki I, Kusano K, Byrne PM. Rapid mechanical and thermal changes in the garfish olfactory nerve associated with a propagated impulse. *Biophys J.* 1989 Jun;55(6):1033–40.
4553. Tashiro A, Minden A, Yuste R. Regulation of dendritic spine morphology by the rho family of small GTPases: antagonistic roles of Rac and Rho. *Cereb Cortex.* 2000 Oct;10(10):927–38.
4554. Tasker RC, Acerini CL. Cerebral edema in children with diabetic ketoacidosis: vasogenic rather than cellular? *Pediatr Diabetes.* 2014 Jun;15(4):261–70.
4555. Tasneem N, Samaniego EA, Pieper C, Leira EC, Adams HP, Hasan D, Ortega-Gutierrez S. Brain multimodality monitoring: a new tool in neurocritical care of comatose patients. *Crit Care Res Pract.* 2017;2017:6097265.
4556. Tatebayashi K, Tanaka Y, Nakano-Doi A, Sakuma R, Kamachi S, Shirakawa M, Uchida K, Kageyama H, Takagi T, Yoshimura S, Matsuyama T, Nakagomi T. Identification of multipotent stem cells in human brain tissue following stroke. *Stem Cells Dev.* 2017 Jun 1;26(11):787–97.
4557. Tatu L, Vuillier F. Structure and vascularization of the human hippocampus. *Front Neurol Neurosci.* 2014;34:18–25.
4558. Taube JS, Muller RU, Ranck JB Jr. Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. I. Description and quantitative analysis. *J Neurosci.* 1990 a;10(2):420–35.
4559. Taube JS, Muller RU, Ranck JB Jr. Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. II. Effects of environmental manipulations. *J Neurosci.* 1990 b;10(2):436–47.
4560. Taube JS. Head direction cells recorded in the anterior thalamic nuclei of freely moving rats. *J Neurosci.* 1995 Jan;15(1 Pt 1):70–86.
4561. Taube JS. The head direction signal: origins and sensory-motor integration. *Annu Rev Neurosci.* 2007;30:181–207.
4562. Taylor L, Jones L, Tuszyński MH, Blesch A. Neurotrophin-3 gradients established by lentiviral gene delivery promote short-distance axonal bridging beyond cellular grafts in the injured spinal cord. *J Neurosci.* 2006 Sep 20;26(38):9713–21.



4563. Taylor SR, Badurek S, Dileone RJ, Nashmi R, Minichiello L, Picciotto MR. GABAergic and glutamatergic efferents of the mouse ventral tegmental area. *J Comp Neurol*. 2014 Oct 1;522(14):3308–34.
4564. Taziaux M, Staphorsius AS, Ghatei MA, Bloom SR, Swaab DF, Bakker J. Kisspeptin expression in the human infundibular nucleus in relation to sex, gender identity, and sexual orientation. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016 Jun;101(6):2380–9.
4565. Taziaux M, Swaab DF, Bakker J. Sex differences in the neurokinin B system in the human infundibular nucleus. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012 Dec;97(12):E2210–20.
4566. Tehse J, Taghibiglou C. The overlooked aspect of excitotoxicity: glutamate-independent excitotoxicity in traumatic brain injuries. *Eur J Neurosci*. 2019 May;49(9):1157–70.
4567. Teixeira MJ, Schroeder HK, Lepski G. Evaluating cerebellar dentatotomy for the treatment of spasticity with or without dystonia. *Br J Neurosurg*. 2015;29(6):772–7.
4568. Teki S, Griffiths TD. Brain bases of working memory for time intervals in rhythmic sequences. *Front Neurosci*. 2016 Jun 1;10:239.
4569. Teki S, Grube M, Kumar S, Griffiths TD. Distinct neural substrates of duration-based and beat-based auditory timing. *J Neurosci*. 2011 Mar 9;31(10):3805–12.
4570. Teki S, Gu BM, Meck WH. The Persistence of memory: how the brain encodes time in memory. *Curr Opin Behav Sci*. 2017 Oct;17:178–85.
4571. Telles-Correia D. The mind-brain gap and the neuroscience-psychiatry gap. *J Eval Clin Pract*. 2018 Aug;24(4):797–802.
4572. Ten Brinke MM, Heiney SA, Wang X, Proietti-Onori M, Boele HJ, Bakermans J, Medina JF, Gao Z, De Zeeuw CI. Dynamic modulation of activity in cerebellar nuclei neurons during pavlovian eyeblink conditioning in mice. *Elife*. 2017 Dec 15;6:e28132.
4573. Teng YD. Functional multipotency of stem cells: Biological traits gleaned from neural progeny studies. *Semin Cell Dev Biol*. 2019 Nov;95:74–83.
4574. Tennant SA, Fischer L, Garden DLF, Gerlei KZ, Martinez-Gonzalez C, McClure C, Wood ER, Nolan MF. Stellate cells in the medial entorhinal cortex are required for spatial learning. *Cell Rep*. 2018 Jan 30;22(5):1313–24.
4575. Tepper JM, Bolam JP. Functional diversity and specificity of neostriatal interneurons. *Curr Opin Neurobiol*. 2004 Dec;14(6):685–92.
4576. Ter Horst GJ, Copray A, Liem RS, Van Willigen JD. Projections from the rostral parvocellular reticular formation to pontine and medullary nuclei in the rat: involvement in autonomic regulation and orofacial motor control. *Neuroscience*. 1991;40(3):735–58.
4577. Ter Horst GJ, de Boer P, Luiten PG, van Willigen JD. Ascending projections from the solitary tract nucleus to the hypothalamus. A Phaseolus vulgaris lectin tracing study in the rat. *Neuroscience*. 1989;31(3):785–97.
4578. Terhaar J, Viola FC, Bär KJ, Debener S. Heartbeat evoked potentials mirror altered body perception in depressed patients. *Clin Neurophysiol*. 2012 Oct;123(10):1950–7.
4579. Terniff R, Cazals X, Desmidt T, Andersson F, Camus V, Cottier JP, Patat F, Remenieras JP. Ultrasound measurements of brain tissue pulsatility correlate with the volume of MRI white-matter hyperintensity. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2014 Jun;34(6):942–4.
4580. Tetzlaff W, Kobayashi NR, Giehlf KM, Tsui BJ, Cassar SL, Bedard AM. Response of rubrospinal and corticospinal neurons to injury and neurotrophins. *Prog Brain Res*. 1994;103:271–86.
4581. Teune TM, van der Burg J, van der Moer J, Voogd J, Ruigrok TJ. Topography of cerebellar nuclear projections to the brain stem in the rat. *Prog Brain Res*. 2000;124:141–72.
4582. Thacker EL, McKnight B, Psaty BM, Longstreth WT Jr, Sitrani CM, Dublin S, Arnold AM, Fitzpatrick AL, Gottesman RF, Heckbert SR. Atrial fibrillation and cognitive decline: a longitudinal cohort study. *Neurology*. 2013 Jul 9;81(2):119–25.
4583. Thagard P. Why cognitive science needs philosophy and vice versa. *Top Cogn Sci*. 2009 Apr;1(2):237–54.
4584. Thayer JF, Hansen AL, Saus-Rose E, Johnsen BH. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann Behav Med*. 2009 Apr;37(2):141–53.
4585. Thayer JF, Lane RD. Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2009 Feb;33(2):81–8.
4586. Theise ND, Kafatos MC. Fundamental awareness: a framework for integrating science, philosophy and metaphysics. *Commun Integr Biol*. 2016 May 12;9(3):e1155010.
4587. Thevathasan W, Debu B, Aziz T, Bloem BR, Blahak C, Butson C, Czernecki V, Foltynie T, Fraix V, Grabli D, Joint C, Lozano AM, Okun MS, Ostrem J, Pavese N, Schrader C, Tai CH, Krauss JK, Moro E; Movement Disorders Society PPN DBS Working Group in collaboration with the World Society for Stereotactic and Functional Neurosurgery. Pedunculopontine nucleus deep brain stimulation in Parkinson's disease: a clinical review. *Mov Disord*. 2018 Jan;33(1):10–20.
4588. Thibaut F. The mind-body Cartesian dualism and psychiatry. *Dialogues Clin Neurosci*. 2018 Mar;20(1):3.
4589. Thielscher A, Pessoa L. Neural correlates of perceptual choice and decision making during fear-disgust discrimination. *J Neurosci*. 2007 Mar 14;27(11):2908–17.
4590. Thomas MSC, Ansari D, Knowland VCP. Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. *J Child Psychol Psychiatry*. 2019 Apr;60(4):477–92.
4591. Thomas SL, Gorassini MA. Increases in corticospinal tract function by treadmill training after incomplete spinal cord injury. *J Neurophysiol*. 2005 Oct;94(4):2844–55.
4592. Thome C, Roth FC, Obermayer J, Yanez A, Draguhn A, Egorov AV. Synaptic entrainment of ectopic action potential generation in hippocampal pyramidal neurons. *J Physiol*. 2018 Nov;596(21):5237–49.
4593. Thompson AG, Gray E, Mager I, Fischer R, Thézénas ML, Charles PD, Talbot K, El Andaloussi S, Kessler BM, Wood M, Turner MR. UFLC-derived CSF extracellular vesicle origin and proteome. *Proteomics*. 2018 Dec;18(24):e1800257.
4594. Thompson AJ, Pillai EK, Dimov IB, Foster SK, Holt CE, Franze K. Rapid changes in tissue mechanics regulate cell behaviour in the developing embryonic brain. *Elife*. 2019 Jan 15;8:e39356.
4595. Thompson JM, Neugebauer V. Cortico-limbic pain mechanisms. *Neurosci Lett*. 2019 May 29;702:15–23.
4596. Thompson R, Casali C, Chan C. Forskolin and IBMX induce neural transdifferentiation of MSCs through downregulation of the NRSF. *Sci Rep*. 2019 Feb 27;9(1):2969.
4597. Thorin-Trescases N, de Montgolfier O, Pinçon A, Raignault A, Caland L, Labbé P, Thorin E. Impact of pulse pressure on cerebrovascular events leading to age-related cognitive decline. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2018 Jun 1;314(6):H1214–H1224.
4598. Thorne RG, Hrabetová S, Nicholson C. Diffusion of epidermal growth factor in rat brain extracellular space measured by integrative optical imaging. *J Neurophysiol*. 2004 Dec;92(6):3471–81.
4599. Thorne RG, Nicholson C. In vivo diffusion analysis with quantum dots and dextrans predicts the width of brain extracellular space. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Apr 4;103(14):5567–72.
4600. Thrane AS, Rangroo Thrane V, Plog BA, Nedergaard M. Filtering the muddied waters of brain edema. *Trends Neurosci*. 2015 Jun;38(6):333–5.
4601. Thrasher TN. Baroreceptors, baroreceptor unloading, and the long-term control of blood pressure. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2005 Apr;288(4):R819–27.
4602. Tian F, Chen Q, Zhu W, Wang Y, Yang W, Zhu X, Tian X, Zhang Q, Cao G, Qiu J. The association between visual creativity and cortical thickness in healthy adults. *Neurosci Lett*. 2018 Sep 14;683:104–10.
4603. Tian L, Prabhakaran MP, Ramakrishna S. Strategies for regeneration of components of nervous system: scaffolds, cells and biomolecules. *Regen Biomater*. 2015 Mar;2(1):31–45.
4604. Tiessen A, Pérez-Rodríguez P, Delaye-Arredondo LJ. Mathematical modeling and comparison of protein size distribution in different plant, animal, fungal and microbial species reveals a negative correlation between protein size and protein number, thus providing insight into the evolution of proteomes. *BMC Res Notes*. 2012 Feb 1;5:85.
4605. Timsit Y, Bennequin D. Nervous-like circuits in the ribosome facts, hypotheses and perspectives. *Int J Mol Sci*. 2019 Jun 14;20(12):2911.
4606. Titman R, Liang J, Craven BC. Diagnostic accuracy and feasibility of depression screening in spinal cord injury: a systematic review. *J Spinal Cord Med*. 2019 Oct;42(sup1):99–107.
4607. Toda C, Santoro A, Kim JD, Diano S. POMC neurons: from birth to death. *Annu Rev Physiol*. 2017 Feb 10;79:209–36.
4608. Toda T, Gage FH. Review: adult neurogenesis contributes to hippocampal plasticity. *Cell Tissue Res*. 2018 Sep;373(3):693–709.
4609. Toda T, Ishida K, Kiyama H, Yamashita T, Lee S. Down-regulation of KCC2 expression and phosphorylation in motoneurons, and increases the number of in primary afferent projections to motoneurons in mice with post-stroke spasticity. *PLoS One*. 2014 Dec 29;9(12):e114328.
4610. Toda T, Parylak SL, Linker SB, Gage FH. The role of adult hippocampal neurogenesis in brain health and disease. *Mol Psychiatry*. 2019 Jan;24(1):67–87.

4611. Todd AJ, Polgár E, Watt C, Bailey ME, Watanabe M. Neurokinin 1 receptor-expressing projection neurons in laminae III and IV of the rat spinal cord have synaptic AMPA receptors that contain GluR2, GluR3 and GluR4 subunits. *Eur J Neurosci*. 2009 Feb;29(4):718–26.
4612. Todd AJ. Neuronal circuitry for pain processing in the dorsal horn. *Nat Rev Neurosci*. 2010 Dec;11(12):823–36.
4613. Todd AJ. Plasticity of inhibition in the spinal cord. *Handb Exp Pharmacol*. 2015;227:171–90.
4614. Todd NP, Cody FW. Vestibular responses to loud dance music: a physiological basis of the “rock and roll threshold”? *J Acoust Soc Am*. 2000 Jan;107(1):496–500.
4615. Todd NP, Paillard AC, Kluk K, Whittle E, Colebatch JG. Vestibular receptors contribute to cortical auditory evoked potentials. *Hear Res*. 2014 Mar;309(100):63–74.
4616. Todorov MI, Paetzold JC, Schoppe O, Tetteh G, Shit S, Efremov V, Todorov-Völgyi K, Düring M, Dichgans M, Piraud M, Menze B, Ertürk A. Machine learning analysis of whole mouse brain vasculature. *Nat Methods*. 2020 Apr;17(4):442–9.
4617. Tognini P. Gut microbiota: a potential regulator of neurodevelopment. *Front Cell Neurosci*. 2017 Feb 7;11:25.
4618. Tokita K, Boughter JD Jr. Sweet-bitter and umami-bitter taste interactions in single parabrachial neurons in C57BL/6J mice. *J Neurophysiol*. 2012 Oct;108(8):2179–90.
4619. Tolman EC. Cognitive maps in rats and men. *Psychol Rev*. 1948 Jul;55(4):189–208.
4620. Tolnay M, Clavaguera F. Argyrophilic grain disease: a late-onset dementia with distinctive features among tauopathies. *Neuropathology*. 2004 Dec;24(4):269–83.
4621. Tomaselli S, Locatelli F, Gallo A. The RNA editing enzymes ADARs: mechanism of action and human disease. *Cell Tissue Res*. 2014 Jun;356(3):527–32.
4622. Tomasi D, Volkow ND. Functional connectivity hubs in the human brain. *Neuroimage*. 2011 Aug 1;57(3):908–17.
4623. Tomey MI, Komotar RJ, Mocco J. Herophilus, Erasistratus, Aretaeus, and Galen: ancient roots of the Bell-Magendie Law. *Neurosurg Focus*. 2007;23(1):E12.
4624. Tonnesen A, Christensen SM, Tkach V, Stamou D. Geometrical membrane curvature as an allosteric regulator of membrane protein structure and function. *Bioophys J*. 2014 Jan 7;106(1):201–9.
4625. Toorop RJ, Scheltinga MR, Moll FL, Bleys RL. Anatomy of the carotid sinus nerve and surgical implications in carotid sinus syndrome. *J Vasc Surg*. 2009 Jul;50(1):177–82.
4626. Topchiy I, Waxman J, Radulovacki M, Carley DW. Functional topography of respiratory, cardiovascular and pontine-wave responses to glutamate microstimulation of the pedunculo-pontine tegmentum of the rat. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010 Aug 31;173(11):64–70.
4627. Torrealba F, Riveros M, Contreras M, Valdes JL. Histamine and motivation. *Front Syst Neurosci*. 2012 Jul 4;6:51.
4628. Torres-Espín A, Redondo-Castro E, Hernández J, Navarro X. Bone marrow mesenchymal stromal cells and olfactory ensheathing cells transplantation after spinal cord injury — a morphological and functional comparison in rats. *Eur J Neurosci*. 2014 May;39(10):1704–17.
4629. Torres-Espín A, Redondo-Castro E, Hernandez J, Navarro X. Immunosuppression of allogenic mesenchymal stem cells transplantation after spinal cord injury improves graft survival and beneficial outcomes. *J Neurotrauma*. 2015 Mar 15;32(6):367–80.
4630. Tort ABL, Brankač J, Draguhn A. Respiration-entrained brain rhythms are global but often overlooked. *Trends Neurosci*. 2018 Apr;41(4):186–97.
4631. Tortorolo M, Vallarola A, Lidonnici D, Battaglia E, Gensano F, Spaltro G, Fiordaliso F, Corbelli A, Garetto S, Martini E, Pasetto L, Kallikourdis M, Bonetto V, Bendotti C. Lack of TNF-alpha receptor type 2 protects motor neurons in a cellular model of amyotrophic lateral sclerosis and in mutant SOD1 mice but does not affect disease progression. *J Neurochem*. 2015 Oct;135(1):109–24.
4632. Tortorolo P, Lagos P, Monti JM. Melanin-concentrating hormone: a new sleep factor? *Front Neurol*. 2011 Mar 18;2:14.
4633. Tortorolo P, Sampogna S, Chase MH. Hypocretinergic and non-hypocretinergic projections from the hypothalamus to the REM sleep executive area of the pons. *Brain Res*. 2013 Jan 23;1491:68–77.
4634. Tortorolo P, Sampogna S, Chase MH. MCHergic projections to the nucleus pontis oralis participate in the control of active (REM) sleep. *Brain Res*. 2009 May 1;1268:76–87.
4635. Tortorolo P, Scorza C, Lagos P, Urbanavicius J, Benedetto L, Pasovich C, López-Hill X, Chase MH, Monti JM. Melanin-concentrating hormone (MCH): role in REM sleep and depression. *Front Neurosci*. 2015 Dec 17;9:475.
4636. Tortora L, Meynen G, Bijlsma J, Tronci E, Ferracuti S. Neuroprediction and A.I. in forensic psychiatry and criminal justice: a neurolaw perspective. *Front Psychol*. 2020 Mar 17;11:220.
4637. Tosoni G, Conti M, Diaz Hejtz R. Bacterial peptidoglycans as novel signaling molecules from microbiota to brain. *Curr Opin Pharmacol*. 2019 Oct;48:107–13.
4638. Tóth K, Freund TF. Calbindin D28k-containing nonpyramidal cells in the rat hippocampus: their immunoreactivity for GABA and projection to the medial septum. *Neuroscience*. 1992 Aug;49(4):793–805.
4639. Toth P, Tarantini S, Csiszar A, Ungvari Z. Functional vascular contributions to cognitive impairment and dementia: mechanisms and consequences of cerebral autoregulatory dysfunction, endothelial impairment, and neurovascular uncoupling in aging. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2017 Jan 1;312(1):H1–H20.
4640. Tower J. Sex-specific gene expression and life span regulation. *Trends Endocrinol Metab*. 2017 Oct;28(10):735–47.
4641. Tozzi A, Peters JF, Çankaya MN. The informational entropy endowed in cortical oscillations. *Cogn Neurodyn*. 2018 Oct;12(5):501–7.
4642. Tozzi A, Peters JF, Fingelkurts AA, Marijuán PC. Topodynamics of metastable brains. *Phys Life Rev*. 2017;21:1–20.
4643. Tozzi A, Peters JF. From abstract topology to real thermodynamic brain activity. *Cogn Neurodyn*. 2017 b;11(3):283–92.
4644. Tozzi A, Peters JF. Towards a fourth spatial dimension of brain activity. *Cogn Neurodyn*. 2016 Jun;10(3):189–99.
4645. Tozzi A, Peters JF. Towards topological mechanisms underlying experience acquisition and transmission in the human brain. *Integr Psychol Behav Sci*. 2017 a;51(2):303–23.
4646. Tozzi A, Peters JF. What is it like to be “the same”? *Prog Biophys Mol Biol*. 2018 Mar;133:30–5.
4647. Tozzi A, Zare M, Benasich AA. New perspectives on spontaneous brain activity: dynamic networks and energy matter. *Front Hum Neurosci*. 2016 May 26;10:247.
4648. Tozzi A. Information processing in the CNS: a supramolecular chemistry? *Cogn Neurodyn*. 2015 Oct;9(5):463–77.
4649. Tracey KJ. Reflex control of immunity. *Nat Rev Immunol*. 2009 Jun;9(6):418–28.
4650. Tran AP, Warren PM, Silver J. The biology of regeneration failure and success after spinal cord injury. *Physiol Rev*. 2018 Apr 1;98(2):881–917.
4651. Tran US, Kossmeier M, Voracek M. Associations of bisexuality and homosexuality with handedness and footedness: a latent variable analysis approach. *Arch Sex Behav*. 2019 Jul;48(5):1451–61.
4652. Trapp S, Cork SC. PPG neurons of the lower brain stem and their role in brain GLP-1 receptor activation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015 Oct 15;309(8):R795–804.
4653. Travers JB, Yoo JE, Chandran R, Herman K, Travers SP. Neurotransmitter phenotypes of intermediate zone reticular formation projections to the motor trigeminal and hypoglossal nuclei in the rat. *J Comp Neurol*. 2005 Jul 18;488(1):28–47.
4654. Treisman M. Temporal discrimination and the indifference interval. Implications for a model of the “internal clock”. *Psychol Monogr*. 1963;77(13):1–31.
4655. Tremblay RE, Côté SM. Sex differences in the development of physical aggression: An intergenerational perspective and implications for preventive interventions. *Infant Ment Health J*. 2019 Jan;40(1):129–40.
4656. Tressoldi PE, Facco E, Lucangeli D. On the primacy and irreducible nature of first-person versus third-person information. *F1000Res*. 2017 Feb 1;6:99.
4657. Tressoldi PE, Maier MA, Buechner VL, Khrennikov A. A macroscopic violation of no-signaling in time inequalities? How to test temporal entanglement with behavioral observables. *Front Psychol*. 2015 b;6:1061.
4658. Tressoldi PE, Martinelli M, Semenzato L, Gonella A. Does psychophysiological predictive anticipatory activity predict real or future probable events? *Explore (NY)*. 2015 a;11(2):109–17.
4659. Tressoldi PE. Extraordinary claims require extraordinary evidence: the case of non-local perception, a classical and bayesian review of evidences. *Front Psychol*. 2011 Jun 10;2:117.
4660. Tricoire H, Locatelli A, Chemineau P, Malpoux B. Melatonin enters the cerebrospinal fluid through the pineal recess. *Endocrinology*. 2002 Jan;143(1):84–90.
4661. Trigg J, Kalish M. Explaining how the mind works: on the relation between cognitive science and philosophy. *Top Cogn Sci*. 2011 Apr;3(2):399–424.
4662. Trigo FF. Antidromic analog signaling. *Front Cell Neurosci*. 2019 Aug 2;13:354.
4663. Tripp RA, Jones LP, Haynes LM, Zheng H, Murphy PM, Anderson LI. CX3C chemokine mimicry by respiratory syncytial virus G glycoprotein. *Nat Immunol*. 2001 Aug;2(8):732–8.
4664. Tritsch NX, Ding JB, Sabatini BL. Dopaminergic neurons inhibit striatal output through non-canonical release of GABA. *Nature*. 2012 Oct 11;490(7419):262–6.
4665. Trompetto C, Marinelli L, Mori L, Pelosin E, Currà A, Molfetta L, Abbruzzese G. Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. *Biomed Res Int*. 2014;2014:354906.
4666. Trost W, Ethofer T, Zentner M, Vuilleumier P. Mapping aesthetic musical emotions in the brain. *Cereb Cortex*. 2012 Dec;22(12):2769–83.

4667. Trudeau LE, Hnasko TS, Wallén-Mackenzie A, Morales M, Rayport S, Sulzer D. The multilingual nature of dopamine neurons. *Prog Brain Res.* 2014;211:141–64.
4668. Trukhina AV, Lukina NA, Nekrasova AA, Smirnov AF. Sex inversion and epigenetic regulation in Vertebrates. *Russian Journal of Genetics*, 2015;51(3):231–7.
4669. Trullioff A, Ermakov A, Malashichev Y. Primary cilia as a possible link between left-right asymmetry and neurodevelopmental diseases. *Genes (Basel)*. 2017 Jan 25;8(2):48.
4670. Trutti AC, Mulder MJ, Hommel B, Forstmann BU. Functional neuroanatomical review of the ventral tegmental area. *Neuroimage*. 2019 May 1;191:258–68.
4671. Tsai PS, Kaufhold JP, Blinder P, Friedman B, Drew PJ, Karten HJ, Lyden PD, Kleinfeld D. Correlations of neuronal and microvascular densities in murine cortex revealed by direct counting and colocalization of nuclei and vessels. *J Neurosci*. 2009 Nov 18;29(46):14553–70.
4672. Tsakiris M, Critchley H. Interoception beyond homeostasis: affect, cognition and mental health. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016 Nov 19;371(1708):20160002.
4673. Tsakiris M. The multisensory basis of the self: From body to identity to others. *Q J Exp Psychol (Hove)*. 2017 Apr;70(4):597–609.
4674. Tzanov M. Differential and complementary roles of medial and lateral septum in the orchestration of limbic oscillations and signal integration. *Eur J Neurosci.* 2018 Oct;48(8):2783–94.
4675. Tzanov M. Speed and oscillations: medial septum integration of attention and navigation. *Front Syst Neurosci.* 2017 Sep 20;11:67.
4676. Tsao A, Moser MB, Moser EI. Traces of experience in the lateral entorhinal cortex. *Curr Biol.* 2013 Mar 4;23(5):399–405.
4677. Tsao A, Sugar J, Lu L, Wang C, Knierim JJ, Moser MB, Moser EI. Integrating time from experience in the lateral entorhinal cortex. *Nature*. 2018 Sep;561(7721):57–62.
4678. Tsintou M, Dalamagkas K, Seifalian AM. Advances in regenerative therapies for spinal cord injury: a biomaterials approach. *Neural Regen Res.* 2015 May;10(5):726–42.
4679. Tsigiriotis K, Gruszczynski W, Tsigiriotis-Maniecka MA. Indirect self-destructiveness in homosexual individuals. *Psychiatr Pol.* 2015 May–Jun;49(3):543–57.
4680. Tsuda M, Koga K, Chen T, Zhuo M. Neuronal and microglial mechanisms for neuropathic pain in the spinal dorsal horn and anterior cingulate cortex. *J Neurochem.* 2017 May;141(4):486–98.
4681. Tsujino N, Sakurai T. Role of orexin in modulating arousal, feeding, and motivation. *Front Behav Neurosci.* 2013 Apr 18;7:28.
4682. Tsukiura T, Cabeza R. Shared brain activity for aesthetic and moral judgments: implications for the Beauty-is-Good stereotype. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2011 Jan;6(1):138–48.
4683. Tsunematsu T, Ueno T, Tabuchi S, Inutsuka A, Tanaka KF, Hasuwa H, Kilduff TS, Terao A, Yamanaka A. Optogenetic manipulation of activity and temporally controlled cell-specific ablation reveal a role for MCH neurons in sleep/wake regulation. *J Neurosci.* 2014 May 14;34(20):6896–909.
4684. Tuesta LM, Chen Z, Duncan A, Fowler CD, Ishikawa M, Lee BR, Liu XA, Lu Q, Cameron M, Hayes MR, Kamenecka TM, Pletcher M, Kenny PJ. GLP-1 acts on habenular avoidance circuits to control nicotine intake. *Nat Neurosci.* 2017 May;20(5):708–16.
4685. Tully K, Bolshakov VY. Emotional enhancement of memory: how norepinephrine enables synaptic plasticity. *Mol Brain.* 2010 May 13;3:15.
4686. Tuman H, Huss A, Bachhuber F. The cerebrospinal fluid and barriers — anatomic and physiologic considerations. *Handb Clin Neurol.* 2017;146:21–32.
4687. Tuñón T, Insausti R, Ferrer I, Sobreviola T, Soriano E. Parvalbumin and calbindin D-28K in the human entorhinal cortex. An immunohistochemical study. *Brain Res.* 1992 Aug 28;589(1):24–32.
4688. Turano A, Osborne BF, Schwarz JM. Sexual differentiation and sex differences in neural development. *Curr Top Behav Neurosci.* 2019;43:69–110.
4689. Turner DA, Li XG, Pyapali GK, Ylinen A, Buzsáki G. Morphometric and electrical properties of reconstructed hippocampal CA3 neurons recorded in vivo. *J Comp Neurol.* 1995 Jun 12;356(4):580–94.
4690. Turski L, Jacobsen P, Honoré T, Stephens DN. Relief of experimental spasticity and anxiolytic/anticonvulsant actions of the alpha-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionate antagonist 2,3-dihydroxy-6-nitro-7-sulfamoyl-benzo(F)quinoxaline. *J Pharmacol Exp Ther.* 1992 Feb;260(2):742–7.
4691. Tykocki T, Mandat T, Nauman P. Pedunculopontine nucleus deep brain stimulation in Parkinson's disease. *Arch Med Sci.* 2011 Aug;7(4):555–64.
4692. Tyler WJ. The mechanobiology of brain function. *Nat Rev Neurosci.* 2012 Dec;13(12):867–78.
4693. Tye SM, de Lecea L. Optogenetic Investigation of Arousal Circuits. *Int J Mol Sci.* 2017 Aug 15;18(8):1773.
4694. Tyrrell T, Willshaw D. Cerebellar cortex: its simulation and the relevance of Marr's theory. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1992 May 29;336(1277):239–57.
4695. Úbeda F, Jansen VA. The evolution of sex-specific virulence in infectious diseases. *Nat Commun.* 2016 Dec 13;7:13849.
4696. Úbeda-Bañón I, Novejarque A, Mohedano-Moriano A, Pro-Sistiaga P, Insausti R, Martínez-García F, Lanuza E, Martínez-Marcos A. Vomeronasal inputs to the rodent ventral striatum. *Brain Res Bull.* 2008 Mar 18;75(2-4):467–73.
4697. Ubels JL, Edelhauser HF, Austin KH. A comparison of healing of corneal epithelial wounds stained with fluorescein or Richardson's stain. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1982 Jul;23(1):127–31.
4698. Uddin LQ, Nomi JS, Hébert-Seropian B, Ghaziri J, Boucher O. Structure and Function of the Human Insula. *J Clin Neurophysiol.* 2017 Jul;34(4):300–6.
4699. Uddin LQ. Salience processing and insular cortical function and dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* 2015 Jan;16(1):55–61.
4700. Uematsu K, Shirasaki M, Storm-Mathisen J. GABA- and glycine-immunoreactive neurons in the spinal cord of the carp, *Cyprinus carpio*. *J Comp Neurol.* 1993 Jun 1;332(1):59–68.
4701. Ugolini G. Rabies virus as a transneuronal tracer of neuronal connections. *Adv Virus Res.* 2011;79:165–202.
4702. Ulbrich K, Pechar M, Strohm J, Subr V, Rihová B. Synthesis of biodegradable polymers for controlled drug release. *Ann N Y Acad Sci.* 1997 Dec 31;831:47–56.
4703. Ulbrich K, Zachariava EI, Obereigner B, Kopecek J. Polymers containing enzymatically degradable bonds V. Hydrophilic polymers degradable by papain. *Biomaterials.* 1980 Oct;1(4):199–204.
4704. Umeda S, Tochizawa S, Shibata M, Terasawa Y. Prospective memory mediated by interoceptive accuracy: a psychophysiological approach. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016 Nov 19;371(1708):20160005.
4705. Umemoto A, HajiHossein A, Yates ME, Holroyd CB. Reward-based contextual learning supported by anterior cingulate cortex. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2017 Jun;17(3):642–51.
4706. Unal G, Joshi A, Viney TJ, Kis V, Somogyi P. Synaptic targets of medial septal projections in the hippocampus and extrahippocampal cortices of the mouse. *J Neurosci.* 2015 Dec 2;35(48):15812–26.
4707. Ung RV, Lapointe NP, Tremblay C, Larouche A, Guertin PA. Spontaneous recovery of hindlimb movement in completely spinal cord transected mice: a comparison of assessment methods and conditions. *Spinal Cord.* 2007 May;45(5):367–79.
4708. Ungureanu AA, Benilova I, Krylychikina O, Braeken D, De Strooper B, Van Haesendonck C, Dotti CG, Bartic C. Amyloid beta oligomers induce neuronal elasticity changes in age-dependent manner: a force spectroscopy study on living hippocampal neurons. *Sci Rep.* 2016 May 13;6:25841.
4709. Uppal N, Wicinski B, Buxbaum JD, Heinsen H, Schmitz C, Hof PR. Neuropathology of the anterior midcingulate cortex in young children with autism. *J Neuropathol Exp Neurol.* 2014 Sep;73(9):891–902.
4710. Upton ML, Weller RO. The morphology of cerebrospinal fluid drainage pathways in human arachnoid granulations. *J Neurosurg.* 1985 Dec;63(6):867–75.
4711. Urban-Ciecko J, Barth AL. Somatostatin-expressing neurons in cortical networks. *Nat Rev Neurosci.* 2016 Jul;17(7):401–9.
4712. Urbano FJ, Bisagno V, González B, Celeste Rivero-Echeto M, Muñiz JA, Luster B, D'Onofrio S, Mahaffey S, Garcia-Rill E. Pedunculopontine arousal system physiology — Effects of psychostimulant abuse. *Sleep Sci.* 2015 Nov;8(3):162–8.
4713. Urbano FJ, D'Onofrio SM, Luster BR, Beck PB, Hyde JR, Bisagno V, Garcia-Rill E. Pedunculopontine nucleus gamma band activity-preconscious awareness, waking, and REM sleep. *Front Neurosci.* 2014 Oct 20;5:210.
4714. Urgesi C, Aglioti SM, Skrap M, Fabbro F. The spiritual brain: selective cortical lesions modulate human self-transcendence. *Neuron.* 2010 Feb 11;65(3):309–19.
4715. Urner S, Kelly-Goss M, Peirce SM, Lammert E. Mechanotransduction in blood and lymphatic vascular development and disease. *Adv Pharmacol.* 2018;81:155–208.
4716. Urrutia DN, Cavedies P, Mardones R, Minguel J, Vega-Letter AM, Jofre CM. Comparative study of the neural differentiation capacity of mesenchymal stromal cells from different tissue sources: an approach for their use in neural regeneration therapies. *PLoS One.* 2019 Mar 11;14(3):e0213032.
4717. Uttley L, Scope A, Stevenson M, Rawdin A, Taylor Buck E, Sutton A, Stevens J, Kaltenthaler E, Dent-Brown K, Wood C. Systematic review and economic modelling of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of art therapy among people with non-psychotic mental health disorders. *Health Technol Assess.* 2015 Mar;19(18):1–120, v–vi.
4718. Uylings HB, Groenewegen HJ, Kolb B. Do rats have a prefrontal cortex? *Behav Brain Res.* 2003 Nov 30;146(1–2):3–17.
4719. Vaara J, Kyröläinen H, Koivu M, Tulppo M, Finni T. The effect of 60-h sleep deprivation on cardiovascular regulation and body temperature. *Eur J Appl Physiol.* 2009 Feb;105(3):439–44.

- 4720.** Vagnozzi RJ, Molkentin JD, Houser SR. New myocyte formation in the adult heart: endogenous sources and therapeutic implications. *Circ Res.* 2018 Jul 6;123(2):159–76.
- 4721.** Vaidya SP, Johnston D. Temporal synchrony and gamma-to-theta power conversion in the dendrites of CA1 pyramidal neurons. *Nat Neurosci.* 2013 Dec;16(12):1812–20.
- 4722.** Vajkoczy P, Laschinger M, Engelhardt B. Alpha4-integrin-VCAM-1 binding mediates G protein-independent capture of encephalitogenic T cell blasts to CNS white matter microvessels. *J Clin Invest.* 2001 Aug;108(4):557–65.
- 4723.** Valencia Garcia S, Brischoux F, Clément O, Libourel PA, Arthaud S, Lazarus M, Luppi PH, Fort P. Ventromedial medulla inhibitory neuron inactivation induces REM sleep without atonia and REM sleep behavior disorder. *Nat Commun.* 2018 Feb 5;9(1):504.
- 4724.** Valencia Garcia S, Libourel PA, Lazarus M, Grassi D, Luppi PH, Fort P. Genetic inactivation of glutamate neurons in the rat sublateral dorsal tegmental nucleus recapitulates REM sleep behaviour disorder. *Brain.* 2017 Feb;140(2):414–28.
- 4725.** Valentine SE, Shpherd JC. A systematic review of social stress and mental health among transgender and gender non-conforming people in the United States. *Clin Psychol Rev.* 2018 Dec;66:24–38.
- 4726.** Valentino RJ, Reyes B, Van Bockstaele E, Bangasser D. Molecular and cellular sex differences at the intersection of stress and arousal. *Neuropharmacology.* 2012 Jan;62(1):13–20.
- 4727.** Valenzuela CF, Lindquist B, Zamudio-Bulcock PA. A review of synaptic plasticity at Purkinje neurons with a focus on ethanol-induced cerebellar dysfunction. *Int Rev Neurobiol.* 2010;91:339–72.
- 4728.** Valerio S, Taube JS. Head direction cell activity is absent in mice without the horizontal semicircular canals. *J Neurosci.* 2016 Jan 20;36(3):741–54.
- 4729.** Vallon M, Chang J, Zhang H, Kuo CJ. Developmental and pathological angiogenesis in the central nervous system. *Cell Mol Life Sci.* 2014 Sep;71(18):3489–506.
- 4730.** Valverde F. Estructura de la corteza cerebral. Organización intrínseca y análisis comparativo del neocórtex [Structure of the cerebral cortex. Intrinsic organization and comparative analysis of the neocortex]. *Rev Neurol.* 2002 Apr 16–30;34(8):758–80. Spanish.
- 4731.** van Beek JGM, van den Bosch QCC, Naus N, Paridaens D, de Klein A, Kilič E, Verdijk RM. Absence of intraocular lymphatic vessels in uveal melanomas with extracranial growth. *Cancers (Basel).* 2019 Feb 15;11(2):228.
- 4732.** Van Bockstaele EJ, Akaoka H, Aston-Jones G. Brainstem afferents to the rostral (juxtafacial) nucleus paragigantocellularis: integration of exteroceptive and interoceptive sensory inputs in the ventral tegmentum. *Brain Res.* 1993 Feb 12;603(1):1–18.
- 4733.** Van Bockstaele EJ, Aston-Jones G. Integration in the ventral medulla and coordination of sympathetic, pain and arousal functions. *Clin Exp Hypertens.* 1995 Jan–Feb;17(1–2):153–65.
- 4734.** Van Bockstaele EJ, Pieribone VA, Aston-Jones G. Diverse afferents converge on the nucleus paragigantocellularis in the rat ventrolateral medulla: retrograde and anterograde tracing studies. *J Comp Neurol.* 1989 Dec 22;290(4):561–84.
- 4735.** van Bruggen N, Thibodeaux H, Palmer JT, Lee WP, Fu L, Cairns B, Tumas D, Gerlai R, Williams SP, van Lookeren Campagne M, Ferrara N. VEGF antagonism reduces edema formation and tissue damage after ischemia/reperfusion injury in the mouse brain. *J Clin Invest.* 1999 Dec;104(11):1613–20.
- 4736.** van de Beek D, de Gans J, Spanjaard L, Weisfelt M, Reitsma JB, Vermeulen M. Clinical features and prognostic factors in adults with bacterial meningitis. *N Engl J Med.* 2004 Oct 28;351(18):1849–59.
- 4737.** van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Rietman JS, Hermens HJ. Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: support of the “guarding” hypothesis? *J Electromyogr Kinesiol.* 2010 a;20(1):31–8.
- 4738.** van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Rietman JS, Schaake L, Groothuis-Oudshoorn KG, Hermens HJ. Back muscle activation patterns in chronic low back pain during walking: a “guarding” hypothesis. *Clin J Pain.* 2010 b;26(1):30–7.
- 4739.** van der Meer P, Post MW, van Leeuwen CM, van Kuppevelt HJ, Smit CA, van Asbeck FW. Impact of health problems secondary to SCI one and five years after first inpatient rehabilitation. *Spinal Cord.* 2017 Jan;55(1):98–104.
- 4740.** Van Dongen PA, Broekkamp CL, Cools AR. Atonia after carbachol microinjections near the locus coeruleus in cats. *Pharmacol Biochem Behav.* 1978 May;8(5):527–32.
- 4741.** van Dongen PA. Locus coeruleus region: effects on behavior of cholinergic, noradrenergic, and opiate drugs injected intracerebrally into freely moving cats. *Exp Neurol.* 1980 Jan;67(1):52–78.
- 4742.** Van Dort CJ, Zachs DP, Kenny JD, Zheng S, Goldblum RR, Gelwan NA, Ramos DM, Nolan MA, Wang K, Weng FJ, Lin Y, Wilson MA, Brown EN. Optogenetic activation of cholinergic neurons in the PPT or LDT induces REM sleep. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2015 Jan 13;112(2):584–9.
- 4743.** van Elk M, Aleman A. Brain mechanisms in religion and spirituality: an integrative predictive processing framework. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017 Feb;73:359–78.
- 4744.** Van Gennip JLM, Boswell CW, Ciruna B. Neuroinflammatory signals drive spinal curve formation in zebrafish models of idiopathic scoliosis. *Sci Adv.* 2018 Dec 12;4(12):eaav1781.
- 4745.** van Gorp S, Leerink M, Kakinohana O, Platoshyn O, Santucci C, Galik J, Joosten EA, Hruska-Plochan M, Goldberg D, Marsala S, Johe K, Ciaci JD, Marsala M. Amelioration of motor/sensory dysfunction and spasticity in a rat model of acute lumbar spinal cord injury by human neural stem cell transplantation. *Stem Cell Res Ther.* 2013 May 28;4(3):57.
- 4746.** van Haeften T, Wouterlood FG, Jorritsma-Byham B, Witter MP. GABAergic presubicular projections to the medial entorhinal cortex of the rat. *J Neurosci.* 1997 Jan 15;17(2):862–74.
- 4747.** Van Harreveld A, Crowell J, Malhotra SK. A study of extracellular space in central nervous tissue by freeze-substitution. *J Cell Biol.* 1965 Apr;25(1):117–37.
- 4748.** Van Hoesen GW, Augustinack JC, Dierker J, Redman SJ, Thangavel R. The parahippocampal gyrus in Alzheimer’s disease. Clinical and preclinical neuroanatomical correlates. *Ann N Y Acad Sci.* 2000 Jun;911:254–74.
- 4749.** Van Hoesen GW, Pandya DN, Butters N. Cortical afferents to the entorhinal cortex of the Rhesus monkey. *Science.* 1972 Mar 31;175(4029):1471–3.
- 4750.** van Hoorn A, Carpenter T, Oak K, Laugharne R, Ring H, Shankar R. Neuromodulation of autism spectrum disorders using vagal nerve stimulation. *J Clin Neurosci.* 2019 May;63:8–12.
- 4751.** Van Horn JD, Irimia A, Torgerson CM, Chambers MC, Kikinis R, Toga AW. Mapping connectivity damage in the case of Phineas Gage. *PLoS One.* 2012;7(5):e37454.
- 4752.** Van Kempen TA, Dodos M, Woods C, Marques-Lopes J, Justice NJ, Iadecola C, Pickel VM, Glass MJ, Milner TA. Sex differences in NMDA GluN1 plasticity in rostral ventrolateral medulla neurons containing corticotropin-releasing factor type 1 receptor following slow-pressor angiotensin II hypertension. *Neuroscience.* 2015 Oct 29;307:83–97.
- 4753.** van Leeuwen LA, Hoozemans JJ. Physiological and pathophysiological functions of cell cycle proteins in post-mitotic neurons: implications for Alzheimer’s disease. *Acta Neuropathol.* 2015 Apr;129(4):511–25.
- 4754.** van Lessen M, Shibata-Germanos S, van Impel A, Hawkins TA, Rihel J, Schulte-Merker S. Intracellular uptake of macromolecules by brain lymphatic endothelial cells during zebrafish embryonic development. *Elife.* 2017 May 12;6:e25932.
- 4755.** van Lunzen J, Altfeld M. Sex differences in infectious diseases-common but neglected. *J Infect Dis.* 2014 Jul 15;209 Suppl 3:S79–80.
- 4756.** van Middendorp JJ, Sanchez GM, Burridge AL. The Edwin Smith papyrus: a clinical reappraisal of the oldest known document on spinal injuries. *Eur Spine J.* 2010 Nov;19(11):1815–23.
- 4757.** Van Oudenhove L, Cuypers SE. The philosophical “mind-body problem” and its relevance for the relationship between psychiatry and the neurosciences. *Perspect Biol Med.* 2010 Autumn;53(4):545–57.
- 4758.** van Samkar A, Brouwer MC, Schultz C, van der Ende A, van de Beek D. *Streptococcus suis* meningitis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis.* 2015 Oct 27;9(10):e0004191.
- 4759.** van Strien NM, Cappaert NL, Witter MP. The anatomy of memory: an interactive overview of the parahippocampal-hippocampal network. *Nat Rev Neurosci.* 2009 Apr;10(4):272–82.
- 4760.** van Tulder MW, Touray T, Furlan AD, Solway S, Bouter LM; Cochrane Back Review Group. Muscle relaxants for nonspecific low back pain: a systematic review within the framework of the cochrane collaboration. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003 Sep 1;28(17):1978–92.
- 4761.** Van Wijk R, Van Wijk EPA, Pang J, Yang M, Yan Y, Han J. Integrating ultra-weak photon emission analysis in mitochondrial research. *Front Physiol.* 2020 Jul 8;11:717.
- 4762.** van Zwam M, Huizinga R, Heijmans N, van Meurs M, Wierenga-Wolf AF, Melief MJ, Hintzen RQ, ‘t Hart BA, Amor S, Boven LA, Laman JD. Surgical excision of CNS-draining lymph nodes reduces relapse severity in chronic-relapsing experimental autoimmune encephalomyelitis. *J Pathol.* 2009 Mar;217(4):543–51.
- 4763.** Vanderwolf CH. Are neocortical gamma waves related to consciousness? *Brain Res.* 2000 Feb 14;855(2):217–24.

4764. VanGuilder HD, Bixler GV, Brucklacher RM, Farley JA, Yan H, Warrington JP, Sonntag WE, Freeman WM. Concurrent hippocampal induction of MHC II pathway components and glial activation with advanced aging is not correlated with cognitive impairment. *J Neuroinflammation*. 2011 Oct 11;8:138.
4765. Vanini G, Baghdoyan HA. Extrasynaptic GABA receptors in rat pontine reticular formation increase wakefulness. *Sleep*. 2013 Mar 1;36(3):337–43.
4766. Vann SD. Gudden's ventral tegmental nucleus is vital for memory: re-evaluating diencephalic inputs for amnesia. *Brain*. 2009 Sep;132(Pt 9):2372–84.
4767. Varela-Eirin M, Varela-Vazquez A, Rodriguez-Candela Mateos M, Vila-Sanjurjo A, Fonseca E, Mascareñas JL, Eugenio Vázquez M, Mayan MD. Recruitment of RNA molecules by connexin RNA-binding motifs: implication in RNA and DNA transport through microvesicles and exosomes. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res*. 2017 Apr;1864(4):728–36.
4768. Varga C, Lee SY, Soltesz I. Target-selective GABAergic control of entorhinal cortex output. *Nat Neurosci*. 2010 Jul;13(7):822–4.
4769. Varin C, Rancillac A, Geoffroy H, Arthaud S, Fort P, Gallopin T. Glucose induces slow-wave sleep by exciting the sleep-promoting neurons in the ventrolateral pre-optic nucleus: a new link between sleep and metabolism. *J Neurosci*. 2015 Jul 8;35(27):9900–11.
4770. Varoquaux G, Poldrack RA. Predictive models avoid excessive reductionism in cognitive neuroimaging. *Curr Opin Neurobiol*. 2019 Apr;55:1–6.
4771. Varoquaux G, Schwartz Y, Poldrack RA, Gauthier B, Bzdok D, Poline JB, Thirion B. Atlases of cognition with large-scale human brain mapping. *PLoS Comput Biol*. 2018 Nov 29;14(11):e1006565.
4772. Vartanian O, Wertz CJ, Flores RA, Beatty EL, Smith I, Blackler K, Lam Q, Jung RE. Structural correlates of openness and intellect: implications for the contribution of personality to creativity. *Hum Brain Mapp*. 2018 Jul;39(7):2987–96.
4773. Vasca M, Jin X, Jacobs KM, Povlishock JT. Mild traumatic brain injury induces structural and functional disconnection of local neocortical inhibitory networks via parvalbumin interneuron diffuse axonal injury. *Cereb Cortex*. 2018 May 1;28(5):1625–44.
4774. Vasca M, Sun J, Baer M, Jacobs KM, Povlishock JT. Mild traumatic brain injury evokes pyramidal neuron axon initial segment plasticity and diffuse presynaptic inhibitory terminal loss. *Front Cell Neurosci*. 2017 Jun 6;11:157.
4775. Vasic V, Schmidt MHH. Resilience and vulnerability to pain and inflammation in the hippocampus. *Int J Mol Sci*. 2017 Mar 31;18(4):739.
4776. Vasung L, Lepage C, Radoš M, Pletikos M, Goldman JS, Richiardi J, Raguž M, Fische-Gómez E, Karama S, Huppi PS, Evans AC, Kostovic I. Quantitative and qualitative analysis of transient fetal compartments during prenatal human brain development. *Front Neuroanat*. 2016 Feb 24;10:11.
4777. Vázquez-Martínez ER, García-Gómez E, Camacho-Arroyo I, González-Pedrajo B. Sexual dimorphism in bacterial infections. *Biol Sex Differ*. 2018 Jun 20;9(1):27.
4778. Veening JG, Barendregt HP. The regulation of brain states by neuroactive substances distributed via the cerebrospinal fluid; a review. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2010 Jan 6;7:1.
4779. Vega JL, Jonakait GM. The cervical lymph nodes drain antigens administered into the spinal subarachnoid space of the rat. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2004 Aug;30(4):416–8.
4780. Végh AMD, Duim SN, Smits AM, Poelmann RE, Ten Harkel ADJ, DeRuiter MC, Goumans MJ, Jongbloed MRM. Part and parcel of the cardiac autonomic nerve system: unravelling its cellular building blocks during development. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2016 Sep 12;3(3):28.
4781. Velasco-Estevéz M, Mampay B, Boutin H, Chaney A, Warn P, Sharp A, Burgess E, Moenedarbarry E, Dev KK, Sheridan GK. Infection augments expression of mechanosensing Piezo1 channels in amyloid plaque-reactive astrocytes. *Front Aging Neurosci*. 2018 Oct 22;10:332.
4782. Venero Galanternik M, Castranova D, Gore AV, Blewett NH, Jung HM, Stratman AN, Kirby MR, Iben J, Miller MF, Kawakami K, Maraja RJ, Weinstein BM. A novel perivascular cell population in the zebrafish brain. *Elife*. 2017 Apr 11;6:e24369.
4783. Venkatesh K, Kumari A, Sen D. MicroRNA signature changes during induction of neural stem cells from human mesenchymal stem cells. *Nanomedicine*. 2019 Apr;17:94–105.
4784. Venkatraman A, Edlow BL, Immordino-Yang MH. The brainstem in emotion: a review. *Front Neuroanat*. 2017 Mar 9;11:15.
4785. Venner A, Anaclét C, Broadhurst RY, Saper CB, Fuller PM. A novel population of wake-promoting GABAergic neurons in the ventral lateral hypothalamus. *Curr Biol*. 2016 Aug 22;26(16):2137–43.
4786. Venter JC, Adams MD, Myers EW, Li PW, Mural RJ, Sutton GG, Smith HO, Yandell M, Evans CA, Holt RA, Gocayne JD, Amanatides P, Ballew RM, Huson DH, Wortman JR, Zhang Q, Kodira CD, Zheng XH, Chen L, Skupski M, Subramanian G, Thomas DP, Zhang J, Gabor Miklos GL, Nelson C, Broder S, Clark AG, Nadeau J, McKusick VA, Zinder N, Levine AJ, Roberts RJ, Simon M, Slayman C, Hunkapiller M, Bolanos R, Delcher A, Dew I, Fasulo D, Flanigan M, Florea L, Halpern A, Hannenhalli S, Kravitz S, Levy S, Mobarry C, Reinert K, Remington K, Abu-Threideh J, Beasley E, Biddick K, Bonazzi V, Brandon R, Cargill M, Chandramouliswaran I, Charlab R, Chaturvedi K, Deng Z, Di Francesco V, Dunn P, Eilbeck K, Evangelista C, Gabrielian AE, Gan W, Ge W, Gong F, Gu Z, Guan P, Heiman T, Higgins ME, Ji RR, Ke Z, Ketchum KA, Lai Z, Lei Y, Li Z, Li J, Liang Y, Lin X, Lu F, Merkulov GV, Milshina N, Moore HM, Naik AK, Narayan VA, Neelam B, Nusskern D, Rusch DB, Salzberg S, Shao W, Shue B, Sun J, Wang Z, Wang A, Wang X, Wang J, Wei M, Wides R, Xiao C, Yan C, Yao A, Ye J, Zhan M, Zhang W, Zhang H, Zhao Q, Zheng L, Zhong F, Zhong W, Zhu S, Zhao S, Gilbert D, Baumhueter S, Spier G, Carter C, Cravchik A, Woodage T, Ali F, An H, Awe A, Baldwin D, Baden H, Barnstead M, Barrow I, Beeson K, Busam D, Carver A, Center A, Cheng ML, Curry L, Danaher S, Davenport L, Desliets R, Dietz S, Dodson K, Doup L, Ferriera S, Garg N, Gluecksmann A, Hart B, Haynes J, Haynes C, Heiner C, Hladun S, Hosten D, Houck J, Howland T, Ibegwam C, Johnson J, Kalush F, Kline L, Koduru S, Love A, Mann F, May D, McCawley S, McIntosh T, McMullen I, Moy M, Moy L, Murphy B, Nelson K, Pfannkoch C, Pratts E, Puri V, Qureshi H, Reardon M, Rodriguez R, Rogers YH, Romblad D, Ruhfel B, Scott R, Sitter C, Smallwood M, Stewart E, Strong R, Suh E, Thomas R, Tint NN, Tse S, Vech C, Wang G, Wetter J, Williams M, Windsor S, Winn-Deen E, Wolfe K, Zaveri J, Zaveri K, Abril JF, Guigó R, Campbell MJ, Sjlander KV, Karlak B, Kejarirwal A, Mi H, Lazareva B, Hatton T, Narechania A, Diemer K, Muruganujan A, Guo N, Sato S, Bafna V, Istrail S, Lippert R, Schwartz R, Walenz B, Yooshep S, Allen D, Basu A, Baxendale J, Blick L, Caminha M, Carnes-Stine J, Caulk P, Chiang YH, Coyne M, Dahlke C, Mays A, Dombroski M, Donnelly M, Ely D, Esparham S, Fosler C, Gire H, Glanowski S, Glasser K, Glodek A, Gorokhov M, Graham K, Gropman B, Harris M, Heil J, Henderson S, Hoover J, Jennings D, Jordan J, Kasha J, Kagan L, Kagan L, Kraft C, Levitsky A, Lewis M, Liu X, Lopez J, Ma D, Majoros W, McDaniel J, Murphy S, Newman M, Nguyen T, Nguyen N, Nodell M, Pan S, Peck J, Peterson M, Rowe W, Sanders R, Scott J, Simpson M, Smith T, Sprague A, Stockwell T, Turner R, Venter E, Wang M, Wen M, Wu D, Wu M, Xia A, Zandieh A, Zhu X. The sequence of the human genome. *Science*. 2001 Feb 16;291(5507):1304–51.
4787. Ventura R, Harris KM. Three-dimensional relationships between hippocampal synapses and astrocytes. *J Neurosci*. 1999 Aug 15;19(16):6897–906.
4788. Ver Donck A, Vranken JH, Puylaert M, Hayek S, Mekhail N, Van Zundert J. Intrathecal drug administration in chronic pain syndromes. *Pain Pract*. 2014 Jun;14(5):461–76.
4789. Vercelli AE, Garbossa D, Curtetti R, Innocenti GM. Somatodendritic minicolumns of output neurons in the rat visual cortex. *Eur J Neurosci*. 2004 Jul;20(2):495–502.
4790. Verhagen L, Gallea C, Folloni D, Constans C, Jensen DE, Ahnne H, Roumazailles L, Santin M, Ahmed B, Lehericy S, Klein-Flügge MC, Krug K, Mars RB, Rushworth MF, Pouget P, Aubry JF, Sallet J. Offline impact of transcranial focused ultrasound on cortical activation in primates. *Elife*. 2019 Feb 12;8:e40541.
4791. Verheijde JL, Rady MY, Potts M. Neuroscience and brain death controversies: the elephant in the room. *J Relig Health*. 2018 Oct;57(5):1745–63.
4792. Verheijen BM, Vermulst M, van Leeuwen FW. Somatic mutations in neurons during aging and neurodegeneration. *Acta Neuropathol*. 2018 Jun;135(6):811–826.
4793. Verhoog MB, Obermayer J, Kortleven CA, Wilbers R, Wester J, Baayen JC, De Kock CPJ, Meredith RM, Mansvelde HD. Layer-specific cholinergic control of human and mouse cortical synaptic plasticity. *Nat Commun*. 2016 Sep 8;7:12826.
4794. Verkhatsky A, Nedergaard M. Physiology of astroglia. *Physiol Rev*. 2018 Jan 1;98(1):239–389.
4795. VERNY M, Duyckaerts C. Cognitive deficit, and neuropathological correlates, in the oldest-old. *Rev Neurol (Paris)*. 2020 Nov;176(9):670–76.
4796. Verret L, Fort P, Gervasoni D, Léger L, Luppi PH. Localization of the neurons active during paradoxical (REM) sleep and projecting to the locus coeruleus noradrenergic neurons in the rat. *J Comp Neurol*. 2006 Apr 10;495(5):573–86.
4797. Verret L, Léger L, Fort P, Luppi PH. Cholinergic and noncholinergic brainstem neurons expressing Fos after paradoxical (REM) sleep deprivation and recovery. *Eur J Neurosci*. 2005 May;21(9):2488–504.
4798. Verschuere B, Schuhmann T, Sack AT. Does the inferior frontal sulcus play a functional role in deception? A neuronavigated theta-burst transcranial magnetic stimulation study. *Front Hum Neurosci*. 2012 Oct 18;6:284.
4799. Vertes RP, Kocsis B. Brainstem-diencephalo-septohippocampal systems controlling the theta rhythm of the hippocampus. *Neuroscience*. 1997 Dec;81(4):893–926.
4800. Vertes RP, Martin GF, Waltzer R. An autoradiographic analysis of ascending projections from the medullary reticular formation in the rat. *Neuroscience*. 1986 Nov;19(3):873–98.
4801. Vertes RP, Martin GF. Autoradiographic analysis of ascending projections from the pons and mesencephalic reticular formation and the median raphe nucleus in the rat. *J Comp Neurol*. 1988 Sep 22;275(4):511–41.
4802. Vertes RP, Miller NE. Brain stem neurons that fire selectively to a conditioned stimulus for shock. *Brain Res*. 1976 Feb 20;103(2):229–42.
4803. Vertes RP. A lectin horseradish peroxidase study of the origin of ascending fibers in the medial forebrain bundle of the rat. The lower brainstem. *Neuroscience*. 1984 Mar;11(3):651–68.

- 4804.** Vertes RP. Brainstem afferents to the basal forebrain in the rat. *Neuroscience*. 1988 Mar;24(3):907–35.
- 4805.** Vertes RP. Major diencephalic inputs to the hippocampus: supramammillary nucleus and nucleus reuniens. *Circuitry and function*. *Prog Brain Res*. 2015;219:121–44.
- 4806.** Vervaeke K, Gu N, Agdestein C, Hu H, Storm JF. Kv7/KCNQ/M-channels in rat glutamatergic hippocampal axons and their role in regulation of excitability and transmitter release. *J Physiol*. 2006 Oct 1;576(Pt 1):235–56.
- 4807.** Vessel EA, Starr GG, Rubin N. Art reaches within: aesthetic experience, the self and the default mode network. *Front Neurosci*. 2013 Dec 30;7:258.
- 4808.** Vestergaard-Poulsen P, van Beek M, Skewes J, Bjarkam CR, Stubberup M, Bertelsen J, Roepstorff A. Long-term meditation is associated with increased gray matter density in the brain stem. *Neuroreport*. 2009 Jan 28;20(2):170–4.
- 4809.** Vetrivelan R, Fuller PM, Tong Q, Lu J. Medullary circuitry regulating rapid eye movement sleep and motor atonia. *J Neurosci*. 2009 Jul 22;29(29):9361–9.
- 4810.** Vetrivelan R, Kong D, Ferrari LL, Arrigoni E, Madara JC, Bandaru SS, Lowell BB, Lu J, Saper CB. Melanin-concentrating hormone neurons specifically promote rapid eye movement sleep in mice. *Neuroscience*. 2016 Nov 12;336:102–13.
- 4811.** Vettivel S. Vertebral level of the termination of the spinal cord in human fetuses. *J Anat*. 1991 Dec;179:149–61.
- 4812.** Vetullii HM, Elizari MV, Naccarelli GV, Gonzalez MD. Cardiac automaticity: basic concepts and clinical observations. *J Interv Card Electrophysiol*. 2018 Aug;52(3):263–70.
- 4813.** Vezzani A, Viviani B. Neuromodulatory properties of inflammatory cytokines and their impact on neuronal excitability. *Neuropharmacology*. 2015 Sep;96(Pt A):70–82.
- 4814.** Vianna DM, Brandão ML. Anatomical connections of the periaqueductal gray: specific neural substrates for different kinds of fear. *Braz J Med Biol Res*. 2003 May;36(5):557–66.
- 4815.** Viccellio P, Simon H, Pressman BD, Shah MN, Mower WR, Hoffman JR; NEXUS Group. A prospective multicenter study of cervical spine injury in children. *Pediatrics*. 2001 Aug;108(2):E20.
- 4816.** Viczko J, Sharma AV, Pagliardini S, Wolansky T, Dickson CT. Lack of respiratory coupling with neocortical and hippocampal slow oscillations. *J Neurosci*. 2014 Mar 12;34(11):3937–46.
- 4817.** Vierck CJ, Cannon RL, Acosta-Rua AJ. Evaluation of lateral spinal hemisection as a preclinical model of spinal cord injury pain. *Exp Brain Res*. 2013 Jul;228(3):305–12.
- 4818.** Vigh B, Röhlich P, Görcs T, Manzano e Silva MJ, Szél A, Fejér Z, Vigh-Teichmann I. The pineal organ as a folded retina: immunocytochemical localization of opsins. *Biol Cell*. 1998 Dec;90(9):653–9.
- 4819.** Vigh B, Vigh-Teichmann I, Aros B. Intraependymal cerebrospinal fluid contacting neurons and axon terminals on the external surface in the filum terminale of the carp (*Cyprinus carpio*). *Cell Tissue Res*. 1974 Apr 30;148(3):359–70.
- 4820.** Vigh B, Vigh-Teichmann I, Aros B. Special dendritic and axonal endings formed by the cerebrospinal fluid contacting neurons of the spinal cord. *Cell Tissue Res*. 1977 Oct 14;183(4):541–52.
- 4821.** Vigh B, Vigh-Teichmann I. Actual problems of the cerebrospinal fluid-contacting neurons. *Microsc Res Tech*. 1998 Apr 1;41(1):57–83.
- 4822.** Vigh B, Vigh-Teichmann I. Comparative ultrastructure of the cerebrospinal fluid-contacting neurons. *Int Rev Cytol*. 1973;35:189–251.
- 4823.** Vigh B, Vigh-Teichmann I. Structure of the medullo-spinal liquor-contacting neuronal system. *Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 1971;22:227–43.
- 4824.** Vigh, B, Teichmann I, Aros, B. The paraventricular organ and liquor contact-neuron system. *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft*. 1969;63:683–8.
- 4825.** Vigh, B, Vigh-Teichmann I, Aros B. Ultrastructure of the CSF contacting neurons of the spinal cord in the newt, *triturus cristatus*. *Acta Morphologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 1970;18:369–82.
- 4826.** Vigh-Teichmann I, Vigh B. The cerebrospinal fluid-contacting neuron: a peculiar cell type of the central nervous system. *Immunocytochemical aspects*. *Arch Histol Cytol*. 1989;52 Suppl:195–207.
- 4827.** Vigh-Teichmann I, Vigh B. The system of cerebrospinal fluid-contacting neurons. *Arch Histol Jpn*. 1983 Sep;46(4):427–68.
- 4828.** Viguier F, Michot B, Hamon M, Bourgoin S. Multiple roles of serotonin in pain control mechanisms — Implications of 5-HT<sub>7</sub> and other 5-HT receptor types. *Eur J Pharmacol*. 2013 Sep 15;716(1-3):8–16.
- 4829.** Villar-Cerviño V, Holstein GR, Martinelli GP, Anadón R, Rodicio MC. Glycine-immunoreactive neurons in the developing spinal cord of the sea lamprey: comparison with the gamma-aminobutyric acidergic system. *J Comp Neurol*. 2008 May 1;508(1):112–30.
- 4830.** Villaseñor R, Lampe J, Schwaninger M, Collin L. Intracellular transport and regulation of transcytosis across the blood-brain barrier. *Cell Mol Life Sci*. 2019 Mar;76(6):1081–92.
- 4831.** Villegas GM, Fernández J. Permeability to thorium dioxide of the intercellular spaces of the frog cerebral hemisphere. *Exp Neurol*. 1966 May;15(1):18–36.
- 4832.** Villela D, Suemoto CK, Leite R, Pasqualucci CA, Grinberg LT, Pearson P, Rosenberg C. Increased DNA copy number variation mosaicism in elderly human brain. *Neural Plast*. 2018 Jun 28;2018:2406170.
- 4833.** Villena-González M, Moñne-Loccoz C, Lagos RA, Alliende LM, Billeke P, Aboitiz F, López V, Cosmelli D. Attending to the heart is associated with posterior alpha band increase and a reduction in sensitivity to concurrent visual stimuli. *Psychophysiology*. 2017 Oct;54(10):1483–97.
- 4834.** Villette V, Malvache A, Tressard T, Dupuy N, Cossart R. Internally recurring hippocampal sequences as a population template of spatiotemporal information. *Neuron*. 2015 Oct 21;88(2):357–66.
- 4835.** Viltart O, Sartor DM, Verberne AJ. Chemical stimulation of visceral afferents activates medullary neurones projecting to the central amygdala and periaqueductal grey. *Brain Res Bull*. 2006 Dec 11;71(1-3):51–9.
- 4836.** Vincent J, Thomas K, Mathew O. An improved clinical method for detecting meningeal irritation. *Arch Dis Child*. 1993 Feb;68(2):215–8.
- 4837.** Vincent JL, Kahn I, Snyder AZ, Raichle ME, Buckner RL. Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiol*. 2008 Dec;100(6):3328–42.
- 4838.** Vinogradova TM, Lakatta EG. Regulation of basal and reserve cardiac pacemaker function by interactions of cAMP-mediated PKA-dependent Ca<sup>2+</sup> cycling with surface membrane channels. *J Mol Cell Cardiol*. 2009 Oct;47(4):456–74.
- 4839.** Vio K, Rodríguez S, Yulis CR, Oliver C, Rodríguez EM. The subcommissural organ of the rat secretes Reissner's fiber glycoproteins and CSF-soluble proteins reaching the internal and external CSF compartments. *Cerebrospinal Fluid Res*. 2008 Jan 24;5:3.
- 4840.** Visanji NP, Lang AE, Munoz DG. Lymphatic vasculature in human dural superior sagittal sinus: implications for neurodegenerative proteinopathies. *Neurosci Lett*. 2018 Feb 5;665:18–21.
- 4841.** Visavadiya NP, Springer JE. Altered cerebellar circuitry following thoracic spinal cord injury in adult rats. *Neural Plast*. 2016;2016:8181393.
- 4842.** Vitale F, Mattei C, Capozzo A, Pietrantonio I, Mazzone P, Scarnati E. Cholinergic excitation from the pedunculo-pontine tegmental nucleus to the dentate nucleus in the rat. *Neuroscience*. 2016 Mar 11;317:12–22.
- 4843.** Vitali P, Basyuk E, Le Meur E, Bertrand E, Muscatelli F, Cavallé J, Huttenhofer A. ADAR2-mediated editing of RNA substrates in the nucleolus is inhibited by C/D small nucleolar RNAs. *J Cell Biol*. 2005 Jun 6;169(5):745–53.
- 4844.** Vivar C, Traub RD, Gutiérrez R. Mixed electrical-chemical transmission between hippocampal mossy fibers and pyramidal cells. *Eur J Neurosci*. 2012 Jan;35(1):76–82.
- 4845.** Vizi ES, Fekete A, Karoly R, Mike A. Non-synaptic receptors and transporters involved in brain functions and targets of drug treatment. *Br J Pharmacol*. 2010 Jun;160(4):785–809.
- 4846.** Voerman GE, Erren-Wolters CV, Fleuren JF, Hermens HJ, Geurts AC. Perceived spasticity in chronic spinal cord injured patients: associations with psychological factors. *Disabil Rehabil*. 2010;32(9):775–80.
- 4847.** Vogt BA, Laureys S. Posterior cingulate, precuneal and retrosplenial cortices: cytology and components of the neural network correlates of consciousness. *Prog Brain Res*. 2005;150:205–17.
- 4848.** Vogt BA, Nimchinsky EA, Vogt LJ, Hof PR. Human cingulate cortex: surface features, flat maps, and cytoarchitecture. *J Comp Neurol*. 1995 Aug 28;359(3):490–506.
- 4849.** Vogt BA. Midcingulate cortex: Structure, connections, homologies, functions and diseases. *J Chem Neuroanat*. 2016 Jul;74:28–46.
- 4850.** Vollbracht S, Rapoport AM. New treatments for headache. *Neurol Sci*. 2014 May;35 Suppl 1:89–97.
- 4851.** Volpato FZ, Führmann T, Migliaresi C, Hutmacher DW, Dalton PD. Using extracellular matrix for regenerative medicine in the spinal cord. *Biomaterials*. 2013 Jul;34(21):4945–55.
- 4852.** von Bartheld CS, Altick AL. Multivesicular bodies in neurons: distribution, protein content, and trafficking functions. *Prog Neurobiol*. 2011 Mar;93(3):313–40.
- 4853.** von Bartheld CS, Bahney J, Herculano-Houzel S. The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting. *J Comp Neurol*. 2016 Dec 15;524(18):3865–95.

- 4854.** von Leupoldt A, Chan PY, Esser RW, Davenport PW. Emotions and neural processing of respiratory sensations investigated with respiratory-related evoked potentials. *Psychosom Med.* 2013 Apr;75(3):244–52.
- 4855.** Vonck K, Raedt R, Naulaerts J, De Vogelaere F, Thiery E, Van Roost D, Aldenkamp B, Miatton M, Boon P. Vagus nerve stimulation...25 years later! What do we know about the effects on cognition? *Neurosci Biobehav Rev.* 2014 Sep;45:63–71.
- 4856.** Vos de Wael R, Larivière S, Caldairou B, Hong SJ, Margulies DS, Jefferies E, Bernasconi A, Smallwood J, Bernasconi N, Bernhardt BC. Anatomical and microstructural determinants of hippocampal subfield functional connectome embedding. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018 Oct 2;115(40):10154–9.
- 4857.** Vossel S, Geng JJ, Fink GR. Dorsal and ventral attention systems: distinct neural circuits but collaborative roles. *Neuroscientist.* 2014 Apr;20(2):150–9.
- 4858.** Vriend J, Ghavami S, Marzban H. The role of the ubiquitin proteasome system in cerebellar development and medulloblastoma. *Mol Brain.* 2015 Oct 17;8(1):64.
- 4859.** Vrselja Z, Brkic H, Mrdenovic S, Radic R, Curic G. Function of circle of Willis. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2014 Apr;34(4):578–84.
- 4860.** Waardenberg AJ, Ramielison M, Bouveret R, Harvey RP. Genetic networks governing heart development. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2014 Oct 3;4(11):a013839.
- 4861.** Wadiche JJ, Jahr CE. Multivesicular release at climbing fiber-Purkinje cell synapses. *Neuron.* 2001 Oct 25;32(2):301–13.
- 4862.** Wagner F, French L, Veh RW. Transcriptomic-anatomic analysis of the mouse habenula uncovers a high molecular heterogeneity among neurons in the lateral complex, while gene expression in the medial complex largely obeys subnuclear boundaries. *Brain Struct Funct.* 2016 Jan;221(1):39–58.
- 4863.** Wagner HJ, Pilgrim C, Brandl J. Penetration and removal of horseradish peroxidase injected into the cerebrospinal fluid: role of cerebral perivascular spaces, endothelium and microglia. *Acta Neuropathol.* 1974 Apr 30;27(4):299–315.
- 4864.** Wagshul ME, Eide PK, Madsen JR. The pulsating brain: A review of experimental and clinical studies of intracranial pulsatility. *Fluids Barriers CNS.* 2011 Jan 18;8(1):5.
- 4865.** Wälchli T, Wacker A, Frei K, Regli L, Schwab ME, Hoerstrup SP, Gerhardt H, Engelhardt B. Wiring the vascular network with neural cues: a CNS perspective. *Neuron.* 2015 Jul 15;87(2):271–96.
- 4866.** Walker JJ, Bishop GA, Ho RH, King JS. Brainstem origin of serotonin- and enkephalin-immunoreactive afferents to the opossum's cerebellum. *J Comp Neurol.* 1988 Oct 22;276(4):481–97.
- 4867.** Walker MC, Ruiz A, Kullmann DM. Do mossy fibers release GABA? *Epilepsia.* 2002;43 Suppl 5:196–202.
- 4868.** Walker SC, Winn P. An assessment of the contributions of the pedunculopontine tegmental and cuneiform nuclei to anxiety and neophobia. *Neuroscience.* 2007 Dec 5;150(2):273–90.
- 4869.** Wallbank AM, Sperling FG, Hubben K, Stubbs EL. Isolation of a tumour virus from a chicken submitted to a poultry diagnostic laboratory — Esh sarcoma virus. *Nature.* 1966 Mar 19;209(5029):1265.
- 4870.** Wallis JD. Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annu Rev Neurosci.* 2007;30:31–56.
- 4871.** Walshe TE, Connell P, Cryan L, Ferguson G, Gardiner T, Morrow D, Redmond EM, O'Brien C, Cahill PA. Microvascular retinal endothelial and pericyte cell apoptosis in vitro: role of hedgehog and Notch signaling. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Jun 23;52(7):4472–83.
- 4872.** Walter BA, Valera VA, Takahashi S, Ushiki T. The olfactory route for cerebrospinal fluid drainage into the peripheral lymphatic system. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2006 Aug;32(4):388–96.
- 4873.** Walter H. The third wave of biological psychiatry. *Front Psychol.* 2013 Sep 5;4:582.
- 4874.** Walter JS, Sacks J, Othman R, Rankin AZ, Nemchauský B, Chintam R, Wheeler JS. A database of self-reported secondary medical problems among VA spinal cord injury patients: its role in clinical care and management. *J Rehabil Res Dev.* 2002 Jan–Feb;39(1):53–61. Erratum in: *J Rehabil Res Dev.* 2002 Sep–Oct;39(5):623.
- 4875.** Walter U, Fernández-Torre JL, Kirschstein T, Laureys S. When is “brainstem death” brain death? The case for ancillary testing in primary infratentorial brain lesion. *Clin Neurophysiol.* 2018 Nov;129(11):2451–65.
- 4876.** Walton RM. Postnatal neurogenesis: of mice, men, and macaques. *Vet Pathol.* 2012 Jan;49(1):155–65.
- 4877.** Wamain Y, Corveleyn X, Ott L, Coello Y. Does the motor system contribute to the perception of changes in objects visual attributes? The neural dynamics of sensory binding by action. *Neuropsychologia.* 2019 Sep;132:107121.
- 4878.** Wan FJ, Chien WC, Chung CH, Yang YJ, Tzeng NS. Association between traumatic spinal cord injury and affective and other psychiatric disorders — A nationwide cohort study and effects of rehabilitation therapies. *J Affect Disord.* 2020 Mar 15;265:381–8.
- 4879.** Wang C, Chen X, Lee H, Deshmukh SS, Yoganarasimha D, Savelli F, Knierim JJ. Egocentric coding of external items in the lateral entorhinal cortex. *Science.* 2018 Nov 23;362(6417):945–9.
- 4880.** Wang D, He X, Zhao Z, Feng Q, Lin R, Sun Y, Ding T, Xu F, Luo M, Zhan C. Whole-brain mapping of the direct inputs and axonal projections of POMC and AgRP neurons. *Front Neuroanat.* 2015 Mar 27;9:40.
- 4881.** Wang F, Cao Y, Ma L, Pei H, Rausch WD, Li H. Dysfunction of cerebrovascular endothelial cells: prelude to vascular dementia. *Front Aging Neurosci.* 2018 Nov 16;10:376.
- 4882.** Wang H, Kim M, Normoyle KP, Llano D. Thermal regulation of the brain — an anatomical and physiological review for clinical neuroscientists. *Front Neurosci.* 2016 Jan 21;9:528.
- 4883.** Wang H, Wang B, Normoyle KP, Jackson K, Spitler K, Sharrock MF, Miller CM, Best C, Llano D, Du R. Brain temperature and its fundamental properties: a review for clinical neuroscientists. *Front Neurosci.* 2014 Oct 8;8:307.
- 4884.** Wang H, Wang Y, Li D, Liu Z, Zhao Z, Han D, Yuan Y, Bi J, Mei X. VEGF inhibits the inflammation in spinal cord injury through activation of autophagy. *Biochem Biophys Res Commun.* 2015 Aug 21;464(2):453–8.
- 4885.** Wang HL, Morales M. Pedunculopontine and laterodorsal tegmental nuclei contain distinct populations of cholinergic, glutamatergic and GABAergic neurons in the rat. *Eur J Neurosci.* 2009 Jan;29(2):340–58.
- 4886.** Wang J, Swann JM. Connections of the magnocellular medial preoptic nucleus (MPN mag) in male Syrian hamsters. II. The efferents. *Neuroscience.* 2014 Aug 22;274:102–18.
- 4887.** Wang J, Swann JM. The magnocellular medial preoptic nucleus I. Sources of afferent input. *Neuroscience.* 2006 Sep 1;141(3):1437–56.
- 4888.** Wang JJ, Parker KH. Wave propagation in a model of the arterial circulation. *J Biomech.* 2004 Apr;37(4):457–70.
- 4889.** Wang JW, Zhang YQ, Zhang XH, Wang YP, Li JP, Li YJ. Deep brain stimulation of pedunculopontine nucleus for postural instability and gait disorder after Parkinson disease: a meta-analysis of individual patient data. *World Neurosurg.* 2017 Jun;102:72–8.
- 4890.** Wang L, Xia J, Li J, Hagemann TL, Jones JR, Fraenkel E, Weitz DA, Zhang SC, Messing A, Feany MB. Tissue and cellular rigidity and mechanosensitive signaling activation in Alexander disease. *Nat Commun.* 2018 May 15;9(1):1899.
- 4891.** Wang M, De Marco P, Merello E, Drapeau P, Capra V, Kibar Z. Role of the planar cell polarity gene Protein tyrosine kinase 7 in neural tube defects in humans. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol.* 2015 Dec;103(12):1021–7.
- 4892.** Wang M, Li J, Li D, Zhu C. Anodal tDCS over the right temporoparietal junction lowers overbidding in contests. *Front Neurosci.* 2019 Jun 11;13:528.
- 4893.** Wang N, Anderson RJ, Badea A, Cofer G, Dibb R, Qi Y, Johnson GA. Whole mouse brain structural connectomics using magnetic resonance histology. *Brain Struct Funct.* 2018 Dec;223(9):4323–35.
- 4894.** Wang Q, Gao E, Burkhalter A. Gateways of ventral and dorsal streams in mouse visual cortex. *J Neurosci.* 2011 Feb 2;31(5):1905–18.
- 4895.** Wang S, Rochat P. Human perception of animacy in light of the uncanny valley phenomenon. *Perception.* 2017 Dec;46(12):1386–411.
- 4896.** Wang S, Zhao Y, Li J, Wang X, Luo K, Gong Q. Brain structure links trait conscientiousness to academic performance. *Sci Rep.* 2019 Aug 21;9(1):12168.
- 4897.** Wang T, Mo L, Mo C, Tan LH, Cant JS, Zhong L, Cupchik G. Is moral beauty different from facial beauty? Evidence from an fMRI study. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2015 Jun;10(6):814–23.
- 4898.** Wang W, Tang S, Li C, Chen J, Li H, Su Y, Ning B. Specific brain morphometric changes in spinal cord injury: a voxel-based meta-analysis of white and gray matter volume. *J Neurotrauma.* 2019 Aug 1;36(15):2348–57.
- 4899.** Wang X, Hayes JA, Revill AL, Song H, Kottick A, Vann NC, LaMar MD, Picardo MC, Akins VT, Funk GD, Del Negro CA. Laser ablation of Dbx1 neurons in the pre-Bötzinger complex stops inspiratory rhythm and impairs output in neonatal mice. *Elife.* 2014 Jul 15;3:e03427.
- 4900.** Wang X, Wu Q, Egan L, Gu X, Liu P, Gu H, Yang Y, Luo J, Wu Y, Gao Z, Fan J. Anterior insular cortex plays a critical role in interoceptive attention. *Elife.* 2019 Apr 15;8:e42265.

4901. Wang XY, Yan WW, Zhang XL, Liu H, Zhang LC. ASIC3 in the cerebrospinal fluid-contacting nucleus of brain parenchyma contributes to inflammatory pain in rats. *Neurol Res.* 2014 Mar;36(3):270–5.
4902. Wang Y, Li WY, Li ZG, Guan LX, Deng LX. Transcriptional and epigenetic regulation in injury-mediated neuronal dendritic plasticity. *Neurosci Bull.* 2017 Feb;33(1):85–94.
4903. Wang Y, Tan H, Hui X. Biomaterial scaffolds in regenerative therapy of the central nervous system. *Biomed Res Int.* 2018 Apr 1;2018:7848901.
4904. Wang Y, Zhang P, Wyskiel DR. Chandelier cells in functional and dysfunctional neural circuits. *Front Neural Circuits.* 2016 May 4;10:33.
4905. Wang YF, Parpura V. Central role of maladapted astrocytic plasticity in ischemic brain edema formation. *Front Cell Neurosci.* 2016 May 13;10:129.
4906. Wang Z, Wang N, Li Z, Xiao F, Dai J. Human high intelligence is involved in spectral redshift of biophotonic activities in the brain. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016 Aug 2;113(31):8753–8.
4907. Wani A, Trevino K, Marnell P, Husain MM. Advances in brain stimulation for depression. *Ann Clin Psychiatry.* 2013 Aug;25(3):217–24.
4908. Wani AL, Shadab GGHA. Understanding neurobehavioural dynamics: A close-up view on psychiatry and quantum mechanics. *Malaysian J Med Sci.* 2019;26(1):147–56. [Bapianт PubMed: Latif WA, Ggha S. Understanding neurobehavioural dynamics: a close-up view on psychiatry and quantum mechanics. *Malays J Med Sci.* 2019 Jan;26(1):147–56].
4909. Ward AB, Kadies M. The management of pain in spasticity. *Disabil Rehabil.* 2002 May 20;24(8):443–53.
4910. Wareing M. Oxygen sensitivity, potassium channels, and regulation of placental vascular tone. *Microcirculation.* 2014 Jan;21(1):58–66.
4911. Waselius T, Wikgren J, Halkola H, Penttonen M, Nokia MS. Learning by heart: cardiac cycle reveals an effective time window for learning. *J Neurophysiol.* 2018 Aug 1;120(2):830–8.
4912. Watabe-Uchida M, Zhu L, Ogawa SK, Vamanrao A, Uchida N. Whole-brain mapping of direct inputs to midbrain dopamine neurons. *Neuron.* 2012 Jun 7;74(5):858–73.
4913. Watanabe F, Arnold WD, Hammer RE, Ghodsizadeh O, Moti H, Schumer M, Hashmi A, Hernandez A, Sneha, Sahenk Z, Kisanuki YY. Pathogenesis of autosomal dominant hereditary spastic paraplegia (SPG6) revealed by a rat model. *J Neuropathol Exp Neurol.* 2013 Nov;72(11):1016–28.
4914. Watanabe M, Narita M. Brain reward circuit and pain. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1099:201–10.
4915. Watanabe S, Kitamura T, Watanabe L, Sato H, Yamada J. Projections from the nucleus reticularis magnocellularis to the rat cervical cord using electrical stimulation and iontophoretic injection methods. *Anat Sci Int.* 2003 Mar;78(1):42–52.
4916. Watanabe S, Uchida K, Nakajima H, Matsuo H, Sugita D, Yoshida A, Honjoh K, Johnson WE, Baba H. Early transplantation of mesenchymal stem cells after spinal cord injury relieves pain hypersensitivity through suppression of pain-related signaling cascades and reduced inflammatory cell recruitment. *Stem Cells.* 2015 Jun;33(6):1902–14.
4917. Watanabe T, Radulovic J, Boretius S, Frahm J, Michaelis T. Mapping of the habenulo-interpeduncular pathway in living mice using manganese-enhanced 3D MRI. *Magn Reson Imaging.* 2006 Apr;24(3):209–15.
4918. Waterhouse BD, Mihailoff GA, Baack JC, Woodward DJ. Topographical distribution of dorsal and median raphe neurons projecting to motor, sensorimotor, and visual cortical areas in the rat. *J Comp Neurol.* 1986 Jul 22;249(4):460–76, 478–81.
4919. Wathugala M, Saldana D, Juliano JM, Chan J, Liew SL. Mindfulness meditation effects on poststroke spasticity: a feasibility study. *J Evid Based Integr Med.* 2019 Jan–Dec;24:2515690X19855941.
4920. Watkins KE, Paus T, Lerch JP, Zijdenbos A, Collins DL, Neelin P, Taylor J, Worsley KJ, Evans AC. Structural asymmetries in the human brain: a voxel-based statistical analysis of 142 MRI scans. *Cereb Cortex.* 2001 Sep;11(9):868–77.
4921. Watson BO. Cognitive and Physiologic Impacts of the Infraslow Oscillation. *Front Syst Neurosci.* 2018 Oct 16;12:44.
4922. Watson C, Paxinos G, Kayalioglu G, Heise C. Atlas of the rat spinal cord. The spinal cord: a Christopher and Dana Reeve Foundation text and atlas. Edited by C. Watson, G. Paxinos, and G. Kayalioglu. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier/Academic Press. 2009: 238-306. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374247-6.50019-5>.
4923. Watson CJ, Soto-Calderon H, Lydic R, Baghdoyan HA. Pontine reticular formation (PnO) administration of hypocretin-1 increases PnO GABA levels and wakefulness. *Sleep.* 2008 Apr;31(4):453–64.
4924. Watson KK, Jones TK, Allman JM. Dendritic architecture of the von Economo neurons. *Neuroscience.* 2006 Sep 1;141(3):1107–12.
4925. Watson M, McElliott JG. Cerebellar norepinephrine depletion and impaired acquisition of specific locomotor tasks in rats. *Brain Res.* 1984 Mar 26;296(1):129–38.
4926. Watson TC, Jones MW, Apps R. Electrophysiological mapping of novel prefrontal — cerebellar pathways. *Front Integr Neurosci.* 2009 Aug 11;3:18.
4927. Watts ME, Pocock R, Claudianos C. Brain energy and oxygen metabolism: emerging role in normal function and disease. *Front Mol Neurosci.* 2018 Jun 22;11:216.
4928. Webb AA, Muir GD. Compensatory locomotor adjustments of rats with cervical or thoracic spinal cord hemisections. *J Neurotrauma.* 2002 Feb;19(2):239–56.
4929. Weber F, Chung S, Beier KT, Xu M, Luo L, Dan Y. Control of REM sleep by ventral medulla GABAergic neurons. *Nature.* 2015 Oct 15;526(7573):435–8.
4930. Weber F, Hoang Do JP, Chung S, Beier KT, Bikov M, Saffari Doost M, Dan Y. Regulation of REM and non-REM sleep by periaqueductal GABAergic neurons. *Nat Commun.* 2018 Jan 24;9(1):354.
4931. Wecht JM, Bauman WA. Decentralized cardiovascular autonomic control and cognitive deficits in persons with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2013 Mar;36(2):74–81.
4932. Wecht JM, Rosado-Rivera D, Jegede A, Cirnigliaro CM, Jensen MA, Kirshblum S, Bauman WA. Systemic and cerebral hemodynamics during cognitive testing. *Clin Auton Res.* 2012 Feb;22(1):25–33.
4933. Wecht JM, Weir JP, Katzelnick CG, Wylie G, Erafeij M, Nguyen N, Dyson-Hudson T, Bauman WA, Chiaravalloti N. Systemic and cerebral hemodynamic contribution to cognitive performance in spinal cord injury. *J Neurotrauma.* 2018 Dec 15;35(24):2957–64.
4934. Weed LH. The absorption of cerebrospinal fluid into the venous system. *Am J Anat.* 1923;31(3):191–221.
4935. Wefelmeyer W, Puhl CJ, Burrone J. Homeostatic plasticity of subcellular neuronal structures: from inputs to outputs. *Trends Neurosci.* 2016 Oct;39(10):656–67.
4936. Wei CW, Tharmakulasingam J, Crawley A, Kideckel DM, Mikulis DJ, Bradbury CL, Green RE. Use of diffusion-tensor imaging in traumatic spinal cord injury to identify concomitant traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008 Dec;89(12 Suppl):S85–91.
4937. Wei D, Yang J, Li W, Wang K, Zhang Q, Qiu J. Increased resting functional connectivity of the medial prefrontal cortex in creativity by means of cognitive stimulation. *Cortex.* 2014 Feb;51:92–102.
4938. Wei DY, Jensen RH. Therapeutic approaches for the management of trigeminal autonomic cephalalgias. *Neurotherapeutics.* 2018 Apr;15(2):346-360.
4939. Wei F, Zhang C, Xue R, Shan L, Gong S, Wang G, Tao J, Xu G, Zhang G, Wang L. The pathway of subarachnoid CSF moving into the spinal parenchyma and the role of astrocytic aquaporin-4 in this process. *Life Sci.* 2017 Aug 1;182:29–40.
4940. Wei HS, Kang H, Rasheed ID, Zhou S, Lou N, Gershgryn A, McConnell ED, Wang Y, Richardson KE, Palmer AF, Xu C, Wan J, Nedergaard M. Erythrocytes are oxygen-sensing regulators of the cerebral microcirculation. *Neuron.* 2016 Aug 17;91(4):851–62.
4941. Wei L, Zhang S, Turel O, Bechara A, He Q. A tripartite neurocognitive model of internet gaming disorder. *Front Psychiatry.* 2017 Dec 14;8:285.
4942. Wei S, Lei M, Tong M, Ding J, Han Q, Xiao M. Acute baroreceptor unloading evokes Fos expression in anesthetized rat brain. *Brain Res Bull.* 2008 May 15;76(1-2):63–9.
4943. Wei T, Liang X, He Y, Zang Y, Han Z, Caramazza A, Bi Y. Predicting conceptual processing capacity from spontaneous neuronal activity of the left middle temporal gyrus. *J Neurosci.* 2012 Jan 11;32(2):481–9.
4944. Wei Y, Ramautar JR, Colombo MA, Stoffers D, Gómez-Herrero G, van der Meijden WP, Te Lindert BH, van der Werf YD, Van Someren EJ. I keep a close watch on this heart of mine: increased interoception in insomnia. *Sleep.* 2016 Dec 1;39(12):2113–24.
4945. Weickert CS, Webster MJ, Colvin SM, Herman MM, Hyde TM, Weinberger DR, Kleinman JE. Localization of epidermal growth factor receptors and putative neuroblasts in human subependymal zone. *J Comp Neurol.* 2000 Jul 31;423(3):359–72.
4946. Weil ZM, Zhang Q, Hornung A, Blizard D, Pfaff DW. Impact of generalized brain arousal on sexual behavior. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2010 Feb 2;107(5):2265–70.
4947. Weimann JM, Johansson CB, Trejo A, Blau HM. Stable reprogrammed heterokaryons form spontaneously in Purkinje neurons after bone marrow transplant. *Nat Cell Biol.* 2003 Nov;5(11):959–66.
4948. Weinschenk D, Schroeder JP. There and back again: a tale of norepinephrine and drug addiction. *Neuropsychopharmacology.* 2007 Jul;32(7):1433–51.
4949. Weisbrod D, Khun SH, Bueno H, Peretz A, Attali B. Mechanisms underlying the cardiac pacemaker: the role of SK4 calcium-activated potassium channels. *Acta Pharmacol Sin.* 2016 Jan;37(1):82–97.
4950. Weishaupt N, Mason AL, Hurd C, May Z, Zmyslowski DC, Galleguillos D, Sipione S, Fouad K. Vector-induced NT-3 expression in rats promotes collateral growth of injured corticospinal tract axons far rostral to a spinal cord injury. *Neuroscience.* 2014 Jul 11;272:65–75.



4951. Weiss M, Pellet J, Raphe – cerebellum interactions. II. Effects of midbrain raphe stimulation and harmaline administration on single unit activity of cerebellar cortical cells in the rat. *Exp Brain Res*. 1982;48(2):171–6.
4952. Weissleder C, North HF, Shannon Weickert C. Important unanswered questions about adult neurogenesis in schizophrenia. *Curr Opin Psychiatry*. 2019 May;32(3):170–8.
4953. Welbourn C, Efsthathiou N. How does the length of cardiopulmonary resuscitation affect brain damage in patients surviving cardiac arrest? A systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2018 Sep 10;26(1):77.
4954. Weller RO, Boche D, Nicoll JA. Microvasculature changes and cerebral amyloid angiopathy in Alzheimer's disease and their potential impact on therapy. *Acta Neuropathol*. 2009 a;118(1):87–102.
4955. Weller RO, Djuanda E, Yow HY, Carare RO. Lymphatic drainage of the brain and the pathophysiology of neurological disease. *Acta Neuropathol*. 2009 b;117(1):1–14.
4956. Weller RO, Galea I, Carare RO, Minagar A. Pathophysiology of the lymphatic drainage of the central nervous system: Implications for pathogenesis and therapy of multiple sclerosis. *Pathophysiology*. 2010 Sep;17(4):295–306.
4957. Weller RO, Kida S, Zhang ET. Pathways of fluid drainage from the brain—morphological aspects and immunological significance in rat and man. *Brain Pathol*. 1992 Oct;2(4):277–84.
4958. Weller RO, Massey A, Newman TA, Hutchings M, Kuo YM, Roher AE. Cerebral amyloid angiopathy: amyloid beta accumulates in putative interstitial fluid drainage pathways in Alzheimer's disease. *Am J Pathol*. 1998 Sep;153(3):725–33.
4959. Weller RO. Microscopic morphology and histology of the human meninges. *Morphologie*. 2005 Mar;89(284):22–34.
4960. Wells J. Membrane patterns carry ontogenetic information that is specified independently of DNA. *BIO-Complexity*. 2014;2014(2):1–28.
4961. Wells R, Outhred T, Heathers JA, Quintana DS, Kemp AH. Matter over mind: a randomised-controlled trial of single-session biofeedback training on performance anxiety and heart rate variability in musicians. *PLoS One*. 2012;7(10):e46597.
4962. Welniarz Q, Dusart I, Roze E. The corticospinal tract: evolution, development, and human disorders. *Dev Neurobiol*. 2017 Jul;77(7):810–29.
4963. Wen F, Guo J, Li Z, Huang S. Sex-specific patterns of gene expression following influenza vaccination. *Sci Rep*. 2018 Sep 10;8(1):13517.
4964. Wen J, Zeng H, Li Z, He G, Jin Y. Pharmacologic interventions for preventing delirium in adult patients after cardiac surgery: Protocol of a systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Dec;97(52):e13881.
4965. Weng FJ, Williams RH, Hawryluk JM, Lu J, Scammell TE, Saper CB, Arrigoni E. Carbachol excites sublaterodorsal nucleus neurons projecting to the spinal cord. *J Physiol*. 2014 Apr 1;592(7):1601–17.
4966. Wenker IC, Sobrinho CR, Takakura AC, Mulkey DK, Moreira TS. P2Y1 receptors expressed by C1 neurons determine peripheral chemoreceptor modulation of breathing, sympathetic activity, and blood pressure. *Hypertension*. 2013 Aug;62(2):263–73.
4967. Werner JK, Stevens RD. Traumatic brain injury: recent advances in plasticity and regeneration. *Curr Opin Neurol*. 2015 Dec;28(6):565–73.
4968. Werner NS, Mannhart T, Reyes Del Paso GA, Duschek S. Attention interference for emotional stimuli in cardiac interoceptive awareness. *Psychophysiology*. 2014 Jun;51(6):573–8.
4969. Wessel JM, Hofmann-Rummelt C, Kruse FE, Cursiefen C, Heindl LM. Invasion of lymphatic vessels into the eye after open globe injuries. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012 Jun 20;53(7):3717–25.
4970. Wessel JR. From “Neural correlates of consciousness” to “Neural causes of consciousness”: a commentary on “Consciousness, biology and quantum hypotheses”, by Bernard J. Baars and David E. Edelman. *Phys Life Rev*. 2012 Sep;9(3):299–300; discussion 306–7.
4971. West CR, Crawford MA, Laher I, Ramer MS, Krassioukov AV. Passive hind-limb cycling reduces the severity of autonomic dysreflexia after experimental spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016 May;30(4):317–27.
4972. West MJ, Coleman PD, Flood DG, Troncoso JC. Differences in the pattern of hippocampal neuronal loss in normal ageing and Alzheimer's disease. *Lancet*. 1994 Sep 17;344(8925):769–72.
4973. West MJ, Gundersen HJ. Unbiased stereological estimation of the number of neurons in the human hippocampus. *J Comp Neurol*. 1990 Jun 1;296(1):1–22.
4974. West MJ, Slomianka L, Gundersen HJ. Unbiased stereological estimation of the total number of neurons in the subdivisions of the rat hippocampus using the optical fractionator. *Anat Rec*. 1991 Dec;231(4):482–97.
4975. West MJ. Regionally specific loss of neurons in the aging human hippocampus. *Neurobiol Aging*. 1993 Jul-Aug;14(4):287–93.
4976. West MJ. Stereological studies of the hippocampus: a comparison of the hippocampal subdivisions of diverse species including hedgehogs, laboratory rodents, wild mice and men. *Prog Brain Res*. 1990;83:13–36.
4977. Westerkam D, Saunders LL, Krause JS. Association of spasticity and life satisfaction after spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2011 Sep;49(9):990–4.
4978. Westlund KN, Bowker RM, Ziegler MG, Coulter JD. Noreadrenergic projections to the spinal cord of the rat. *Brain Res*. 1983 Mar 14;263(1):15–31.
4979. Whalen MJ, Dalkara T, You Z, Qiu J, Bermophil D, Mehta N, Suter B, Bhide PG, Lo EH, Ericsson M, Moskowitz MA. Acute plasmalemma permeability and protracted clearance of injured cells after controlled cortical impact in mice. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2008 Mar;28(3):490–505.
4980. Wheless JW, Gienapp AJ, Rylvlin P. Vagus nerve stimulation (VNS) therapy update. *Epilepsy Behav*. 2018 Nov;88S:2–10.
4981. White SV, Czisch CE, Han MH, Plant CD, Harvey AR, Plant GW. Intravenous transplantation of mesenchymal progenitors distribute solely to the lungs and improve outcomes in cervical spinal cord injury. *Stem Cells*. 2016 Jul;34(7):1812–25.
4982. Whitfield TT. Development of the inner ear. *Curr Opin Genet Dev*. 2015 Jun;32:112–8.
4983. Whitlock KE. The loss of scents: do defects in olfactory sensory neuron development underlie human disease? *Birth Defects Res C Embryo Today*. 2015 Jun;105(2):114–25.
4984. Widloski J, Marder MP, Fiete IR. Inferring circuit mechanisms from sparse neural recording and global perturbation in grid cells. *Elife*. 2018 Jul 9;7:e33503.
4985. Wiebking C, Duncan NW, Turet B, Hayes DJ, Marjańska M, Doyon J, Bajbouj M, Northoff G. GABA in the insula — a predictor of the neural response to interoceptive awareness. *Neuroimage*. 2014 Feb 1;86:10–8.
4986. Wienecke J, Ren LQ, Hultborn H, Chen M, Möller M, Zhang Y, Zhang M. Spinal cord injury enables aromatic L-amino acid decarboxylase cells to synthesize monoamines. *J Neurosci*. 2014 Sep 3;34(36):11984–2000.
4987. Wienecke J, Westerdahl AC, Hultborn H, Kiehn O, Ryge J. Global gene expression analysis of rodent motor neurons following spinal cord injury associates molecular mechanisms with development of postinjury spasticity. *J Neurophysiol*. 2010 Feb;103(2):761–78.
4988. Wiggins GA. Creativity, information, and consciousness: The information dynamics of thinking. *Phys Life Rev*. 2020 Dec;34–35:1–39.
4989. Wigren HK, Porkka-Heiskanen T. Novel concepts in sleep regulation. *Acta Physiol (Oxf)*. 2018 Apr;222(4):e13017.
4990. Wijk RV, Wijk EP. An introduction to human biophoton emission. *Forsch Komplementarmed Klass Naturheilkd*. 2005 Apr;12(2):77–83.
4991. Wilckens KA, Ferrarelli F, Walker MP, Buysse DJ. Slow-wave activity enhancement to improve cognition. *Trends Neurosci*. 2018 Jul;41(7):470–82.
4992. Wilhelm BG, Mandad S, Truckenbrodt S, Kröhnert K, Schäfer C, Rammner B, Koo SJ, Claßen GA, Krauss M, Haucke V, Urlaub H, Rizzoli SO. Composition of isolated synaptic boutons reveals the amounts of vesicle trafficking proteins. *Science*. 2014 May 30;344(6187):1023–8.
4993. Wilkaniec A, Gąsowska-Dobrowolska M, Strawski M, Adamczyk A, Czapski GA. Inhibition of cyclin-dependent kinase 5 affects early neuroinflammatory signaling in murine model of amyloid beta toxicity. *J Neuroinflammation*. 2018 Jan 4;15(1):1.
4994. Willard AK, Norenzayan A. “Spiritual but not religious”: cognition, schizotypy, and conversion in alternative beliefs. *Cognition*. 2017 Aug;165:137–46.
4995. Willette RN, Barcas PP, Krieger AJ, Sapru HN. Vasopressor and depressor areas in the rat medulla. Identification by microinjection of L-glutamate. *Neuropharmacology*. 1983 Sep;22(9):1071–9.
4996. Williams CL, McCaughy JL. Reversible lesions of the nucleus of the solitary tract attenuate the memory-modulating effects of posttraining epinephrine. *Behav Neurosci* 1993;107(6):955–62.
4997. Williams CL, Men D, Clayton EC, Gold PE. Norepinephrine release in the amygdala after systemic injection of epinephrine or escapable footshock: contribution of the nucleus of the solitary tract. *Behav Neurosci*. 1998 Dec;112(6):1414–22.
4998. Williams LR, Leggett RW. Reference values for resting blood flow to organs of man. *Clin Physiol Meas*. 1989 Aug;10(3):187–217.
4999. Willie CK, Tzeng YC, Fisher JA, Ainslie PN. Integrative regulation of human brain blood flow. *J Physiol*. 2014 Mar 1;592(5):841–59.
5000. Wills TJ, Barry C, Cacucci F. The abrupt development of adult-like grid cell firing in the medial entorhinal cortex. *Front Neural Circuits*. 2012 Apr 27;6:21.
5001. Wilmot CB, Cope DN, Hall KM, Acker M. Occult head injury: its incidence in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1985 Apr;66(4):227–31.
5002. Wilson SP, Bednar JA. What, if anything, are topological maps for? *Dev Neurobiol*. 2015 Jun;75(6):667–81.
5003. Winkler EA, Bell RD, Zlokovic BV. Central nervous system pericytes in health and disease. *Nat Neurosci*. 2011 Oct 26;14(11):1398–405.

- 5004.** Winson J. Reticular formation influence on neuronal transmission from perforant pathway through dentate gyrus. *Brain Res.* 1981 Nov 23;225(1):37–49.
- 5005.** Winston JS, Rees G. Following your heart. *Nat Neurosci.* 2014;17(4):482–3.
- 5006.** Winter SM, Fresemann J, Schnell C, Oku Y, Hirrlinger J, Hülsmann S. Glycinergic interneurons are functionally integrated into the inspiratory network of mouse medullary slices. *Pflugers Arch.* 2009 Jul;458(3):459–69.
- 5007.** Winteler J, Maier N, Wozny C, Beed P, Breustedt J, Evangelista R, Peng Y, D'Albis T, Kempter R, Schmitz D. Excitatory microcircuits within superficial layers of the medial entorhinal cortex. *Cell Rep.* 2017 May 9;19(6):1110–6.
- 5008.** Wintzer ME, Boehringer R, Polygalov D, McHugh TJ. The hippocampal CA2 ensemble is sensitive to contextual change. *J Neurosci.* 2014 Feb 19;34(8):3056–66.
- 5009.** Wissel J, Müller J, Dressnandt J, Heinen F, Naumann M, Topka H, Poewe W. Management of spasticity associated pain with botulinum toxin A. *J Pain Symptom Manage.* 2000 Jul;20(1):44–9.
- 5010.** Wichter MR, Kirov SA, Harris KM. Plasticity of perisynaptic astroglia during synaptogenesis in the mature rat hippocampus. *Glia.* 2007 Jan 1;55(1):13–23.
- 5011.** Witman N, Sahara M. Cardiac progenitor cells in basic biology and regenerative medicine. *Stem Cells Int.* 2018 Feb 5;2018:8283648.
- 5012.** Witter MP, Doan TP, Jacobsen B, Nilssen ES, Ohara S. Architecture of the entorhinal cortex: a review of entorhinal anatomy in rodents with some comparative notes. *Front Syst Neurosci.* 2017 a;11:46.
- 5013.** Witter MP, Groenewegen HJ, Lopes da Silva FH, Lohman AH. Functional organization of the extrinsic and intrinsic circuitry of the parahippocampal region. *Prog Neurobiol.* 1989;33(3):161–253.
- 5014.** Witter MP, Kleven H, Kobro Flatmoen A. Comparative contemplations on the hippocampus. *Brain Behav Evol.* 2017 b;90(1):15–24.
- 5015.** Witter MP, Moser EI. Spatial representation and the architecture of the entorhinal cortex. *Trends Neurosci.* 2006 Dec;29(12):671–8.
- 5016.** Witter MP. Intrinsic and extrinsic wiring of CA3: indications for connective heterogeneity. *Learn Mem.* 2007 a;14(11):705–13.
- 5017.** Witter MP. The perforant path: projections from the entorhinal cortex to the dentate gyrus. *Prog Brain Res.* 2007 b;163:43–61.
- 5018.** Wittmann M. Modulations of the experience of self and time. *Conscious Cogn.* 2015 Dec 15;38:172–81.
- 5019.** Wittner L, Henze DA, Záborszky L, Buzsáki G. Hippocampal CA3 pyramidal cells selectively innervate aspiny interneurons. *Eur J Neurosci.* 2006 Sep;24(5):1286–98.
- 5020.** Wittner L, Henze DA, Záborszky L, Buzsáki G. Three-dimensional reconstruction of the axon arbor of a CA3 pyramidal cell recorded and filled in vivo. *Brain Struct Funct.* 2007 Jul;212(1):75–83.
- 5021.** Wittner L, Miles R. Factors defining a pacemaker region for synchrony in the hippocampus. *J Physiol.* 2007 Nov 1;584(Pt 3):867–83.
- 5022.** Woerly S, Awosika O, Zhao P, Agbo C, Gomez-Pinilla F, de Vellis J, Espinosa-Jeffrey A. Expression of heat shock protein (HSP)-25 and HSP-32 in the rat spinal cord reconstructed with NeuroGel. *Neurochem Res.* 2005 Jun-Jul;30(6–7):721–35.
- 5023.** Woerly S, Doan VD, Sosa N, de Vellis J, Espinosa A. Reconstruction of the transected cat spinal cord following NeuroGel implantation: axonal tracing, immunohistochemical and ultrastructural studies. *Int J Dev Neurosci.* 2001 a;19(1):63–83.
- 5024.** Woerly S, Doan VD, Sosa N, de Vellis J, Espinosa-Jeffrey A. Prevention of gliotic scar formation by NeuroGel allows partial endogenous repair of transected cat spinal cord. *J Neurosci Res.* 2004 Jan 15;75(2):262–72.
- 5025.** Woerly S, Lavallée C, Marchand R. Intracerebral implantation of ionic synthetic hydrogels: effect of polar substrata on astrocytosis and axons. *J Neural Transplant Plast.* 1992 Jan–Mar;3(1):21–34.
- 5026.** Woerly S, Petrov P, Syková E, Roitbak T, Simonová Z, Harvey AR. Neural tissue formation within porous hydrogels implanted in brain and spinal cord lesions: ultrastructural, immunohistochemical, and diffusion studies. *Tissue Eng.* 1999 Oct;5(5):467–88.
- 5027.** Woerly S, Pinet E, De Robertis L, Bousmina M, Laroche G, Roitback T, Vargová L, Syková E. Heterogeneous PHPMA hydrogels for tissue repair and axonal regeneration in the injured spinal cord. *J Biomater Sci Polym Ed.* 1998;9(7):681–711.
- 5028.** Woerly S, Pinet E, de Robertis L, Van Diep D, Bousmina M. Spinal cord repair with PHPMA hydrogel containing RGD peptides (NeuroGel). *Biomaterials.* 2001 b;22(10):1095–111.
- 5029.** Woerly S, Plant GW, Harvey AR. Cultured rat neuronal and glial cells entrapped within hydrogel polymer matrices: a potential tool for neural tissue replacement. *Neurosci Lett.* 1996 Mar 1;205(3):197–201.
- 5030.** Woerly S, Van Doan D, Evans-Martin F, Paramore CG, Peduzzi JD. Spinal cord reconstruction using NeuroGel™ implants and functional recovery after chronic injury. *J Neurosci Res.* 2001 c;66(6):1187–97.
- 5031.** Wohltmann CD, Franklin GA, Boaz PW, Luchette FA, Kearney PA, Richardson JD, Spain DA. A multicenter evaluation of whether gender dimorphism affects survival after trauma. *Am J Surg.* 2001 Apr;181(4):297–300.
- 5032.** Witte K, Ceanga M, Rudolph M, Niv F, Witte OW, Redeker C, Kunze A, Keiner S. Adult hippocampal neurogenesis poststroke: More new granule cells but aberrant morphology and impaired spatial memory. *PLoS One.* 2017 Sep 14;12(9):e0183463.
- 5033.** Wojcinski A, Lawton AK, Bayin NS, Lao Z, Stephen DN, Joyner AL. Cerebellar granule cell replenishment postinjury by adaptive reprogramming of Nestin<sup>+</sup> progenitors. *Nat Neurosci.* 2017 Oct;20(10):1361–70.
- 5034.** Wolak DJ, Thorne RG. Diffusion of macromolecules in the brain: implications for drug delivery. *Mol Pharm.* 2013 May 6;10(5):1492–504.
- 5035.** Wolf SA, Boddeke HW, Kettenmann H. Microglia in physiology and disease. *Annu Rev Physiol.* 2017 Feb 10;79:619–43.
- 5036.** Wolff A, Di Giovanni DA, Gómez-Pilar J, Nakao T, Huang Z, Longtin A, Northoff G. The temporal signature of self: temporal measures of resting-state EEG predict self-consciousness. *Hum Brain Mapp.* 2019 Feb 15;40(3):789–803.
- 5037.** Wolpaw JR. Spinal cord plasticity in acquisition and maintenance of motor skills. *Acta Physiol (Oxf).* 2007 Feb;189(2):155–69.
- 5038.** Wong AD, Ye M, Levy AF, Rothstein JD, Bergles DE, Searson PC. The blood-brain barrier: an engineering perspective. *Front Neuroeng.* 2013 Aug 30;6:7.
- 5039.** Wong SW, Massé N, Kimmerly DS, Menon RS, Shoemaker JK. Ventral medial prefrontal cortex and cardiovascular control in conscious humans. *Neuroimage.* 2007 Apr 1;35(2):698–708.
- 5040.** Woo MA, Palomares JA, Macey PM, Fonarow GC, Harper RM, Kumar R. Global and regional brain mean diffusivity changes in patients with heart failure. *J Neurosci Res.* 2015 Apr;93(4):678–85.
- 5041.** Wood AM, Kaptoge S, Butterworth AS, Willeit P, Warnakula S, Bolton T, Paige E, Paul DS, Sweeting M, Burgess S, Bell S, Astle W, Stevens D, Koulman A, Selmer RM, Verschuren WMM, Sato S, Njølstad I, Woodward M, Salomaa V, Nordestgaard BG, Yeap BB, Fletcher A, Melander O, Kuller LH, Balkau B, Marmot M, Koenig W, Casiglia E, Cooper C, Arndt V, Franco OH, Wennberg P, Gallacher J, de la Cámara AG, Völzke H, Dahm CC, Dale CE, Bergmann MM, Crespo CJ, van der Schouw YT, Kaaks R, Simons LA, Lagiou P, Schoufour JD, Boer JMA, Key TJ, Rodríguez B, Moreno-Iribas C, Davidson KW, Taylor JO, Sacerdote C, Wallace RB, Quiros JR, Tumino R, Blazer DG 2nd, Linneberg A, Daimon M, Panico S, Howard B, Skeie G, Strandberg T, Weiderpass E, Nietert PJ, Psaty BM, Kromhout D, Salamanca-Fernandez E, Kiechl S, Krumholz HM, Griioni S, Palli D, Huerta JM, Price J, Sundström J, Arriola L, Arima H, Travis RC, Panagiotakos DB, Karakatsani A, Trichopoulos A, Kühn T, Grobbee DE, Barrett-Connor E, van Schoor N, Boeing H, Overvad K, Kahvanen J, Wareham N, Langenberg C, Forouhi N, Wennberg M, Després JP, Cushman M, Cooper JA, Rodriguez CJ, Sakurai M, Shaw JE, Knuiam M, Voortman T, Meisinger C, Tjønneland A, Brenner H, Palmieri L, Dallongeville J, Brunner EJ, Assmann G, Trevisan M, Gillum RF, Ford I, Sattar N, Lazo M, Thompson SG, Ferrari P, Leon DA, Smith GD, Peto R, Jackson R, Banks E, Di Angelantonio E, Danesh J; Emerging Risk Factors Collaboration/EPIC-CVD/UK Biobank Alcohol Study Group. Risk thresholds for alcohol consumption: combined analysis of individual-participant data for 599 912 current drinkers in 83 prospective studies. *Lancet.* 2018 Apr 14;391(10129):1513–23.
- 5042.** Wood H. Neuroimmunology: uncovering the secrets of the 'brain drain' — the CNS lymphatic system is finally revealed. *Nat Rev Neurol.* 2015 Jul;11(7):367.
- 5043.** Wood PJ, Visentin LP. Histological and histochemical observations of the hemolymph cells in the crayfish, *Orconectes virilis*. *J Morphol.* 1967 Dec;123(4):559–67.
- 5044.** Wood SM, Salas-Humara C, Dowshen NL. Human immunodeficiency virus, other sexually transmitted infections, and sexual and reproductive health in lesbian, gay, bisexual, transgender youth. *Pediatr Clin North Am.* 2016 Dec;63(6):1027–55.
- 5045.** Woods SC, May AA, Liu M, Tso P, Begg DP. Using the cerebrospinal fluid to understand ingestive behavior. *Physiol Behav.* 2017 Sep 1;178:172–8.
- 5046.** Woolf AS, Gnudi L, Long DA. Roles of angiotensins in kidney development and disease. *J Am Soc Nephrol.* 2009 Feb;20(2):239–44.
- 5047.** Woolf NJ, Hameroff SR. A quantum approach to visual consciousness. *Trends Cogn Sci.* 2001 Nov 1;5(11):472–8.
- 5048.** Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture.* 2002 Aug;16(1):1–14.
- 5049.** Worobey M, Holmes EC. Evolutionary aspects of recombination in RNA viruses. *J Gen Virol.* 1999 Oct;80 (Pt 10):2535–43.
- 5050.** Wouterlood FG, Van Haeften T, Eijkhoud M, Baks-Te-Bulte L, Goede PH, Witter MP. Input from the presubiculum to dendrites of layer-V neurons of the medial entorhinal cortex of the rat. *Brain Res.* 2004 Jul 2;1013(1):1–12.
- 5051.** Woźnicka A, Malinowska M, Kosmal A. Cytoarchitectonic organization of the entorhinal cortex of the canine brain. *Brain Res Rev.* 2006 Sep;52(2):346–67.

5052. Wright BL, Lai JT, Sinclair AJ. Cerebrospinal fluid and lumbar puncture: a practical review. *J Neurol*. 2012 Aug;259(8):1530–45.
5053. Wright J. Ventricular localization in late antiquity: the philosophical and theological roots of an enduring model of brain function. *Prog Brain Res*. 2018;243:3–22.
5054. Wright JJ, Bourke PD, Favorov OV. Möbius-strip-like columnar functional connections are revealed in somato-sensory receptive field centroids. *Front Neuroanat*. 2014 Oct 31;8:119.
5055. Wright JJ, Bourke PD. Further Work on the shaping of cortical development and function by synchrony and metabolic competition. *Front Comput Neurosci*. 2016 Dec 9;10:127.
5056. Wrigley PJ, Sturin SM, Macey PM, Nash PG, Gandevia SC, Macefield VG, Siddall PJ, Henderson LA. Anatomical changes in human motor cortex and motor pathways following complete thoracic spinal cord injury. *Cereb Cortex*. 2009 Jan;19(1):224–32.
5057. Wu C, Liu P, Fu H, Chen W, Cui S, Lu L, Tang C. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation in treating major depressive disorder: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Dec;97(52):e13845.
5058. Wu HB, Stavarache M, Pfaff DW, Kow LM. Arousal of cerebral cortex electroencephalogram consequent to high-frequency stimulation of ventral medullary reticular formation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2007 Nov 13;104(46):18292–6.
5059. Wu J, Lewis AH, Grandl J. Touch, tension, and transduction — the function and regulation of Piezo ion channels. *Trends Biochem Sci*. 2017 Jan;42(1):57–71.
5060. Wu J, Stoica BA, Luo T, Sabirzhanov B, Zhao Z, Guanciale K, Nayar SK, Foss CA, Pomper MG, Faden AI. Isolated spinal cord contusion in rats induces chronic brain neuroinflammation, neurodegeneration, and cognitive impairment. Involvement of cell cycle activation. *Cell Cycle*. 2014 b;13(15):2446–58.
5061. Wu J, Sun T, Ye C, Yao J, Zhu B, He H. Clinical observation of fetal olfactory ensheathing glia transplantation (OEGT) in patients with complete chronic spinal cord injury. *Cell Transplant*. 2012;21 Suppl 1:533–7.
5062. Wu J, Zhao Z, Kumar A, Lipinski MM, Loane DJ, Stoica BA, Faden AI. Endoplasmic reticulum stress and disrupted neurogenesis in the brain are associated with cognitive impairment and depressive-like behavior after spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2016 Nov 1;33(21):1919–35.
5063. Wu J, Zhao Z, Sabirzhanov B, Stoica BA, Kumar A, Luo T, Skovira J, Faden AI. Spinal cord injury causes brain inflammation associated with cognitive and affective changes: role of cell cycle pathways. *J Neurosci*. 2014 a;34(33):10989–1006.
5064. Wu KL, Chan SH, Chao YM, Chan JY. Expression of pro-inflammatory cytokine and caspase genes promotes neuronal apoptosis in pontine reticular formation after spinal cord transection. *Neurobiol Dis*. 2003 Oct;14(1):19–31.
5065. Wu Q, Palminter RD. GABAergic signaling by AgRP neurons prevents anorexia via a melanocortin-independent mechanism. *Eur J Pharmacol*. 2011 Jun 11;660(1):21–7.
5066. Wu RL, Barish ME. Modulation of a slowly inactivating potassium current, I(D), by metabotropic glutamate receptor activation in cultured hippocampal pyramidal neurons. *J Neurosci*. 1999 Aug 15;19(16):6825–37.
5067. Wu X, Yang W, Tong D, Sun J, Chen Q, Wei D, Zhang Q, Zhang M, Qiu J. A meta-analysis of neuroimaging studies on divergent thinking using activation likelihood estimation. *Hum Brain Mapp*. 2015 Jul;36(7):2703–18.
5068. Wu Y, Anderson ME. CaMKII in sinoatrial node physiology and dysfunction. *Front Pharmacol*. 2014 Mar 18;5:48.
5069. Wyart C, Del Bene F, Warp E, Scott EK, Trauner D, Baier H, Isacoff EY. Optogenetic dissection of a behavioural module in the vertebrate spinal cord. *Nature*. 2009 Sep 17;461(7262):407–10.
5070. Wyndaele JJ. The management of neurogenic lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury. *Nat Rev Urol*. 2016 Dec;13(12):705–14.
5071. Xi M, Chase MH. The injection of hypocretin-1 into the nucleus pontis oralis induces either active sleep or wakefulness depending on the behavioral state when it is administered. *Sleep*. 2010 Sep;33(9):1236–43.
5072. Xi M, Fung SJ, Yamuy J, Chase MH. Interactions between hypocretinergic and GABAergic systems in the control of activity of neurons in the cat pontine reticular formation. *Neuroscience*. 2015 Jul 9;298:190–9.
5073. Xiang HB, Zhu WZ, Guan XH, Ye DW. The cuneiform nucleus may be involved in the regulation of skeletal muscle tone by motor pathway: a virally mediated trans-synaptic tracing study in surgically sympathectomized mice. *Brain*. 2013 Oct;136(Pt 10):e251.
5074. Xiao C, Cho JR, Zhou C, Treweek JB, Chan K, McKinney SL, Yang B, Gradinaru V. Cholinergic mesopontine signals govern locomotion and reward through dissociable midbrain pathways. *Neuron*. 2016 Apr 20;90(2):333–47.
5075. Xiao E, Chen C, Zhang Y. The mechanosensor of mesenchymal stem cells: mechanosensitive channel or cytoskeleton? *Stem Cell Res Ther*. 2016 Sep 20;7(1):140.
5076. Xie L, Kang H, Xu Q, Chen MJ, Liao Y, Thiyagarajan M, O'Donnell J, Christensen DJ, Nicholson C, Iliff JJ, Takano T, Deane R, Nedergaard M. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science*. 2013 Oct 18;342(6156):373–7.
5077. Xifró X, Rodríguez-Álvarez J. Delineating the factors and cellular mechanisms involved in the survival of cerebellar granule neurons. *Cerebellum*. 2015 Jun;14(3):354–9.
5078. Xin H, Li Y, Chopp M. Exosomes/miRNAs as mediating cell-based therapy of stroke. *Front Cell Neurosci*. 2014 Nov 10;8:377.
5079. Xing B, Li YC, Gao WJ. Norepinephrine versus dopamine and their interaction in modulating synaptic function in the prefrontal cortex. *Brain Res*. 2016 Jun 15;1641(Pt B):217–33.
5080. Xing CY, Serrador JM, Knox A, Ren LH, Zhao P, Wang H, Liu J. Cerebral blood flow, oxygen delivery, and pulsatility responses to oxygen inhalation at high altitude: highlanders vs. lowlanders. *Front Physiol*. 2019 Feb 7;10:61.
5081. Xing CY, Tarumi T, Liu J, Zhang Y, Turner M, Riley J, Tinajero CD, Yuan LJ, Zhang R. Distribution of cardiac output to the brain across the adult lifespan. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2017 Aug;37(8):2848–56.
5082. Xing M, GadElkarim J, Ajilore O, Wolfson O, Forbes A, Phan KL, Klumpp H, Leow A. Thought Chart: tracking the thought with manifold learning during emotion regulation. *Brain Inform*. 2018 Jul 19;5(2):7.
5083. Xiong A, Wesson DW. Illustrated review of the ventral striatum's olfactory tubercle. *Chem Senses*. 2016 Sep;41(7):549–55.
5084. Xu G, Zhang J. Human coding RNA editing is generally nonadaptive. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 Mar 11;111(10):3769–74.
5085. Xu J, McClintock CH, Balodis IM, Miller L, Potenza MN. Openness to changing religious views is related to radial diffusivity in the genu of the corpus callosum in an initial study of healthy young adults. *Front Psychol*. 2018 Mar 27;9:330.
5086. Xu L, Tang X, Wang Y, Xu H, Fan X. Radial glia, the keystone of the development of the hippocampal dentate gyrus. *Mol Neurobiol*. 2015 Feb;51(1):131–41.
5087. Xu M, Chung S, Zhang S, Zhong P, Ma C, Chang WC, Weissbourd B, Sakai N, Luo L, Nishino S, Dan Y. Basal forebrain circuit for sleep-wake control. *Nat Neurosci*. 2015 Nov;18(11):1641–7.
5088. Xu NJ, Henkemeyer M. Ephrin-B3 reverse signaling through Grb4 and cytoskeletal regulators mediates axon pruning. *Nat Neurosci*. 2009 Mar;12(3):268–76.
5089. Xu P, Yang X. The efficacy and safety of mesenchymal stem cell transplantation for spinal cord injury patients: a meta-analysis and systematic review. *Cell Transplant*. 2019 Jan;28(1):36–46.
5090. Xu X, Sun Y, Holmes TC, López AJ. Noncanonical connections between the subiculum and hippocampal CA1. *J Comp Neurol*. 2016 Dec 1;524(17):3666–73.
5091. Xu XM, Liu Y, Dong MX, Zou DZ, Wei YD. Tricyclic antidepressants for preventing migraine in adults. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Jun;96(22):e6989.
5092. Xue F, Liu L, Fan J, He S, Li R, Peng ZW, Wang BR. Interleukin-1 $\beta$  promotes the neurogenesis of carotid bodies by stimulating the activation of ERK1/2. *Respir Physiol Neurobiol*. 2015 Dec;219:78–84.
5093. Xu-Friedman MA, Harris KM, Regehr WG. Three-dimensional comparison of ultrastructural characteristics at depressing and facilitating synapses onto cerebellar Purkinje cells. *J Neurosci*. 2001 Sep 1;21(17):6666–72.
5094. Yablonskiy DA, Ackerman JJ, Raichle ME. Coupling between changes in human brain temperature and oxidative metabolism during prolonged visual stimulation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000 Jun 20;97(13):7603–8.
5095. Yagi S, Galea LAM. Sex differences in hippocampal cognition and neurogenesis. *Neuropsychopharmacology*. 2019 Jan;44(1):200–13.
5096. Yalta K, Ozturk S, Yetkin E. Golden Ratio and the heart: A review of divine aesthetics. *Int J Cardiol*. 2016 Jul 1;214:107–12.
5097. Yamaguchi T, Qi J, Wang HL, Zhang S, Morales M. Glutamatergic and dopaminergic neurons in the mouse ventral tegmental area. *Eur J Neurosci*. 2015 Mar;41(6):760–72.
5098. Yamaguchi-Kabata Y, Shimada MK, Hayakawa Y, Minoshima S, Chakraborty R, Gojobori T, Imanishi T. Distribution and effects of nonsense polymorphisms in human genes. *PLoS One*. 2008;3(10):e3393.
5099. Yamamoto K, Mamelak AN, Quattrocchi JJ, Hobson JA. A cholinergic desynchronized sleep induction zone in the anterodorsal pontine tegmentum: spontaneous and drug-induced neuronal activity. *Neuroscience*. 1990;39(2):295–304.

- 5100.** Yamamoto S, Muramatsu M, Azuma E, Ikutani M, Nagai Y, Sagara H, Koo BN, Kita S, O'Donnell E, Osawa T, Takahashi H, Takano KI, Dohmoto M, Sugimori M, Usui I, Watanabe Y, Hatakeyama N, Iwamoto T, Komuro I, Takatsu K, Tobe K, Niida S, Matsuda N, Shibuya M, Sasahara M. A subset of cerebrovascular pericytes originates from mature macrophages in the very early phase of vascular development in CNS. *Sci Rep.* 2017 Jun 20;7(1):3855.
- 5101.** Yamashita T, Kwak S. The molecular link between inefficient GluA2/Q/R site-RNA editing and TDP-43 pathology in motor neurons of sporadic amyotrophic lateral sclerosis patients. *Brain Res.* 2014 Oct 10;1584:28–38.
- 5102.** Yamashita T. Unexpected molecular diversity of vertebrate nonvisual opsin Opn5. *Biophys Rev.* 2020 Apr;12(2):333–68.
- 5103.** Yamaya S, Ozawa H, Kanno H, Kishimoto KN, Sekiguchi A, Tateda S, Yahata K, Ito K, Shimokawa H, Itoi E. Low-energy extracorporeal shock wave therapy promotes vascular endothelial growth factor expression and improves locomotor recovery after spinal cord injury. *J Neurosurg.* 2014 Dec;121(6):1514–25.
- 5104.** Yamazaki T, Mukouyama YS. Tissue specific origin, development, and pathological perspectives of pericytes. *Front Cardiovasc Med.* 2018 Jun 27;5:78.
- 5105.** Yamazaki T, Nalbandian A, Uchida Y, Li W, Arnold TD, Kubota Y, Yamamoto S, Ema M, Mukouyama YS. Tissue myeloid progenitors differentiate into pericytes through TGF- $\beta$  signaling in developing skin vasculature. *Cell Rep.* 2017 Mar 21;18(12):2991–3004.
- 5106.** Yamazaki T, Tanaka S. Neural modeling of an internal clock. *Neural Comput.* 2005 May;17(5):1032–58.
- 5107.** Yang C, Li X, Sun L, Guo W, Tian W. Potential of human dental stem cells in repairing the complete transection of rat spinal cord. *J Neural Eng.* 2017 a;14(2):026005.
- 5108.** Yang C, McKenna JT, Zant JC, Winston S, Basheer R, Brown RE. Cholinergic neurons excite cortically projecting basal forebrain GABAergic neurons. *J Neurosci.* 2014 Feb 19;34(8):2832–44.
- 5109.** Yang C, Thankachan S, McCarley RW, Brown RE. The menagerie of the basal forebrain: how many (neural) species are there, what do they look like, how do they behave and who talks to whom? *Curr Opin Neurobiol.* 2017 b;44:159–66.
- 5110.** Yang CF, Chiang MC, Gray DC, Prabhakaran M, Alvarado M, Juntti SA, Unger EK, Wells JA, Shah NM. Sexually dimorphic neurons in the ventromedial hypothalamus govern mating in both sexes and aggression in males. *Cell.* 2013 May 9;153(4):896–909.
- 5111.** Yang CF, Feldman JL. Efferent projections of excitatory and inhibitory preBötzing Complex neurons. *J Comp Neurol.* 2018 Jun 1;526(8):1389–402.
- 5112.** Yang H, He BR, Hao DJ. Biological roles of olfactory ensheathing cells in facilitating neural regeneration: a systematic review. *Mol Neurobiol.* 2015 Feb;51(1):168–79.
- 5113.** Yang L, Yang Y, Yuan J, Sun Y, Dai J, Su B. Transcriptomic landscape of von Economo neurons in human anterior cingulate cortex revealed by microdissected-cell RNA sequencing. *cereb cortex.* 2019 Feb 1;29(2):838–51.
- 5114.** Yang N, Ng YH, Pang ZP, Südhof TC, Wernig M. Induced neuronal cells: how to make and define a neuron. *Cell Stem Cell.* 2011 Dec 2;9(6):517–25.
- 5115.** Yang Q, Shao R, Zhang Q, Li C, Li Y, Li H, Lee T. When morality opposes the law: an fMRI investigation into punishment judgments for crimes with good intentions. *Neuropsychologia.* 2019 Apr;127:195–203.
- 5116.** Yang QK, Xiong JX, Yao ZX. Neuron-NG2 cell synapses: novel functions for regulating NG2 cell proliferation and differentiation. *Biomed Res Int.* 2013;2013:402843.
- 5117.** Yang W, Wang Q, Kanes SJ, Murray JM, Nishikura K. Altered RNA editing of serotonin 5-HT<sub>2C</sub> receptor induced by interferon: implications for depression associated with cytokine therapy. *Brain Res Mol Brain Res.* 2004 Apr 29;124(1):70–8.
- 5118.** Yang X, Xie L, Li Y, Wei C. More than 9,000,000 unique genes in human gut bacterial community: estimating gene numbers inside a human body. *PLoS One.* 2009 Jun 29;4(6):e6074.
- 5119.** Yang X, Yao C, Tian T, Li X, Yan H, Wu J, Li H, Pei L, Liu D, Tian Q, Zhu LQ, Lu Y. A novel mechanism of memory loss in Alzheimer's disease mice via the degeneration of entorhinal-CA1 synapses. *Mol Psychiatry.* 2018 Feb;23(2):199–210.
- 5120.** Yang XF, Pavarini G, Schnall S, Immordino-Yang MH. Looking up to virtue: averting gaze facilitates moral construals via posteromedial activations. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2018 Nov 8;13(11):1131–9.
- 5121.** Yang Y, Halliday GM, Hodges JR, Tan RH. von Economo neuron density and thalamus volumes in behavioral deficits in frontotemporal dementia cases with and without a C9ORF72 repeat expansion. *J Alzheimers Dis.* 2017;58(3):701–9.
- 5122.** Yang Y, Kimura-Ohba S, Thompson J, Rosenberg GA. Rodent models of vascular cognitive impairment. *Transl Stroke Res.* 2016 Oct;7(5):407–14.
- 5123.** Yang Y, Liu X, Wang S, Tao N. Plasmonic imaging of subcellular electromechanical deformation in mammalian cells. *J Biomed Opt.* 2019 Jun;24(6):1–7.
- 5124.** Yang Y, Liu XW, Wang H, Yu H, Guan Y, Wang S, Tao N. Imaging action potential in single mammalian neurons by tracking the accompanying sub-nanometer mechanical motion. *ACS Nano.* 2018 a;12(5):4186–93.
- 5125.** Yang Y, Oliver G. Development of the mammalian lymphatic vasculature. *J Clin Invest.* 2014 Mar;124(3):888–97.
- 5126.** Yang Y, Raine A, Lencz T, Bihrie S, Lacasse L, Colletti P. Prefrontal white matter in pathological liars. *Br J Psychiatry.* 2005 Oct;187:320–5.
- 5127.** Yang Y, Raine A, Narr KL, Lencz T, LaCasse L, Colletti P, Toga AW. Localisation of increased prefrontal white matter in pathological liars. *Br J Psychiatry.* 2007 Feb;190:174–5.
- 5128.** Yang Y, Wang H, Hu J, Hu H. Lateral habenula in the pathophysiology of depression. *Curr Opin Neurobiol.* 2018 b;48:90–96.
- 5129.** Yaniv Y, Lakatta EG. The end effector of circadian heart rate variation: the sinoatrial node pacemaker cell. *BMB Rep.* 2015 Dec;48(12):677–84.
- 5130.** Yanovsky Y, Ciatipis M, Draguhn A, Tort AB, Brankack J. Slow oscillations in the mouse hippocampus entrained by nasal respiration. *J Neurosci.* 2014 Apr 23;34(17):5949–64.
- 5131.** Yao S, Becker B, Zhao W, Zhao Z, Kou J, Ma X, Geng Y, Ren P, Kendrick KM. Oxytocin modulates attention switching between interoceptive signals and external social cues. *Neuropsychopharmacology.* 2018 Jan;43(2):294–301.
- 5132.** Yao ZG, Sun XL, Li P, Liu HL, Wu HL, Xi ZQ, Zheng ZH. Neural stem cells transplantation alleviate the hyperalgesia of spinal cord injured (SCI) associated with down-regulation of BDNF. *Int J Clin Exp Med.* 2015 Jan 15;8(1):404–12.
- 5133.** Yaptangco M, Crowell SE, Baucum BR, Bride DL, Hansen EJ. Examining the relation between respiratory sinus arrhythmia and depressive symptoms in emerging adults: a longitudinal study. *Biol Psychol.* 2015 Sep;110:34–41.
- 5134.** Yarns BC, Abrams JM, Meeks TW, Sewell DD. The mental health of older LGBT adults. *Curr Psychiatry Rep.* 2016 Jun;18(6):60.
- 5135.** Yartsev MM, Witter MP, Ulanovsky N. Grid cells without theta oscillations in the entorhinal cortex of bats. *Nature.* 2011 Nov 2;479(7371):103–7.
- 5136.** Yasaka T, Tiong SY, Polgár E, Watanabe M, Kumamoto E, Riddell JS, Todd AJ. A putative relay circuit providing low-threshold mechanoreceptive input to lamina I projection neurons via vertical cells in lamina II of the rat dorsal horn. *Mol Pain.* 2014 Jan 17;10:3.
- 5137.** Yasaka T, Tiong SYX, Hughes DJ, Riddell JS, Todd AJ. Populations of inhibitory and excitatory interneurons in lamina II of the adult rat spinal dorsal horn revealed by a combined electrophysiological and anatomical approach. *Pain.* 2010 Nov;151(2):475–88.
- 5138.** Yasumasu T, Reyes Del Paso GA, Takahara K, Nakashima Y. Reduced baroreflex cardiac sensitivity predicts increased cognitive performance. *Psychophysiology.* 2006 Jan;43(1):41–5.
- 5139.** Yasuno F, Kudo T, Yamamoto A, Matsuoka K, Takahashi M, Iida H, Ihara M, Nagatsuka K, Kishimoto T. Significant correlation between openness personality in normal subjects and brain myelin mapping with T1/T2-weighted MR imaging. *Heliyon.* 2017 Sep 22;3(9):e00411.
- 5140.** Yates BJ, Bolton PS, Macefield VG. Vestibulo-sympathetic responses. *Compr Physiol.* 2014 Apr;4(2):851–87.
- 5141.** Yates C, Garrison K, Reese NB, Charlesworth A, Garcia-Rill E. Chapter 11 — novel mechanism for hyperreflexia and spasticity. *Prog Brain Res.* 2011;188:167–80.
- 5142.** Yau HJ, Wang DV, Tsou JH, Chuang YF, Chen BT, Deisseroth K, Ikemoto S, Bonci A. Pontomesencephalic tegmental afferents to VTA non-dopamine neurons are necessary for appetitive pavlovian learning. *Cell Rep.* 2016 Sep 6;16(10):2699–710.
- 5143.** Ye H, Chen S, Huang D, Zheng H, Jia Y, Luo J. Modulation of neural activity in the temporoparietal junction with transcranial direct current stimulation changes the role of beliefs in moral judgment. *Front Hum Neurosci.* 2015 Dec 14;9:659.
- 5144.** Ye J, Witter MP, Moser MB, Moser EI. Entorhinal fast-spiking speed cells project to the hippocampus. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018 Feb 13;115(7):E1627–E1636.
- 5145.** Ye Y, Feng TT, Peng YR, Hu SQ, Xu T. The treatment of spinal cord injury in rats using bone marrow-derived neural-like cells induced by cerebrospinal fluid. *Neurosci Lett.* 2018 Feb 14;666:85–91.
- 5146.** Ye Y, Peng YR, Hu SQ, Yan XL, Chen J, Xu T. In Vitro differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells into neuron-like cells by cerebrospinal fluid improves motor function of middle cerebral artery occlusion rats. *Front Neurol.* 2016 Oct 27;7:183.
- 5147.** Yeganeh-Doost P, Gruber O, Falkai P, Schmitt A. The role of the cerebellum in schizophrenia: from cognition to molecular pathways. *Clinics (Sao Paulo).* 2011;66 Suppl 1(Suppl 1):71–7.
- 5148.** Yeh FC, Panesar S, Fernandes D, Meola A, Yoshino M, Fernandez-Miranda JC, Vettel JM, Verstynen T. Population-averaged atlas of the macroscale human structural connectome and its network topology. *Neuroimage.* 2018 Sep;178:57–68.

5149. Yelnik AP, Colle FM, Bonan IV, Vicaut E. Treatment of shoulder pain in spastic hemiplegia by reducing spasticity of the subscapular muscle: a randomised, double blind, placebo controlled study of botulinum toxin A. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2007 Aug;78(8):845–8.
5150. Yeo BT, Krienen FM, Sepulcre J, Sabuncu MR, Lashkari D, Hollinshead M, Roffman JL, Smoller JW, Zöllei L, Polimeni JR, Fischl B, Liu H, Buckner RL. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiol*. 2011 Sep;106(3):1125–65.
5151. Yeo SS, Chang PH, Jang SH. The ascending reticular activating system from pontine reticular formation to the thalamus in the human brain. *Front Hum Neurosci*. 2013 Jul 25;7:416.
5152. Yesudas EH, Lee TM. The role of cingulate cortex in vicarious pain. *Biomed Res Int*. 2015;2015:719615.
5153. Yilmazer-Hanke DM. Morphological correlates of emotional and cognitive behaviour: insights from studies on inbred and outbred rodent strains and their crosses. *Behav Pharmacol*. 2008 Sep;19(5-6):403–34.
5154. Yin B, Terhune DB, Smythies J, Meck WH. Claustrum, consciousness, and time perception. *Curr Opin Behav Sci*. 2016;8:258–67.
5155. Yin K, Wang S, Zhao RC. Exosomes from mesenchymal stem/stromal cells: a new therapeutic paradigm. *Biomark Res*. 2019 Apr 4;7:8.
5156. Ylinen A, Bragin A, Nádasdy Z, Jandó G, Szabó I, Sik A, Buzsáki G. Sharp wave-associated high-frequency oscillation (200 Hz) in the intact hippocampus: network and intracellular mechanisms. *J Neurosci*. 1995 Jan;15(1 Pt 1):30–46.
5157. Yoder RM, Clark BJ, Taube JS. Origins of landmark encoding in the brain. *Trends Neurosci*. 2011 Nov;34(11):561–71.
5158. Yoder RM, Peck JR, Taube JS. Visual landmark information gains control of the head direction signal at the lateral mammillary nuclei. *J Neurosci*. 2015 Jan 28;35(4):1354–67.
5159. Yoder RM, Taube JS. The vestibular contribution to the head direction signal and navigation. *Front Integr Neurosci*. 2014 Apr 22;8:32.
5160. Yokota S, Kaur S, VanderHorst VG, Saper CB, Chamberlin NL. Respiratory-related outputs of glutamatergic, hypercapnia-responsive parabrachial neurons in mice. *J Comp Neurol*. 2015 Apr 15;523(6):907–20.
5161. Yoo S, Blackshaw S. Regulation and function of neurogenesis in the adult mammalian hypothalamus. *Prog Neurobiol*. 2018 Nov;170:53–66.
5162. Yoon EJ, Kim YK, Shin HI, Lee Y, Kim SE. Cortical and white matter alterations in patients with neuropathic pain after spinal cord injury. *Brain Res*. 2013 Dec 2;1540:64–73.
5163. Yoon YS, Lee HS. Projections from melanin-concentrating hormone (MCH) neurons to the dorsal raphe or the nuclear core of the locus coeruleus in the rat. *Brain Res*. 2013 Jan 15;1490:72–82.
5164. York EM, Bernier LP, MacVicar BA. Microglial modulation of neuronal activity in the healthy brain. *Dev Neurobiol*. 2018 Jun;78(6):593–603.
5165. Yoshida M, Kawai S, Toyoshima K. Uninfected avian cells contain structurally unrelated progenitors of viral sarcoma genes. *Nature*. 1980 Oct 16;287(5783):653–4.
5166. Young A, Wimmer RD. Implications for the thalamic reticular nucleus in impaired attention and sleep in schizophrenia. *Schizophr Res*. 2017 Feb;180:44–7.
5167. Young BJ, Otto T, Fox GD, Eichenbaum H. Memory representation within the parahippocampal region. *J Neurosci*. 1997 Jul 1;17(13):5183–95.
5168. Young HA, Gaylor CM, de Kerckhove D, Watkins H, Benton D. Interceptive accuracy moderates the response to a glucose load: a test of the predictive coding framework. *Proc Biol Sci*. 2019 Mar 13;286(1898):20190244.
5169. Young W. Spinal cord regeneration. *Cell Transplant*. 2014;23(4–5):573–611.
5170. Young WS 3rd, Kuhar MJ. Noradrenergic alpha 1 and alpha 2 receptors: light microscopic autoradiographic localization. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1980 Mar;77(3):1696–700.
5171. Youseffard M, Nasirinezhad F, Shardi Manaheji H, Janzadeh A, Hosseini M, Keshavarz M. Human bone marrow-derived and umbilical cord-derived mesenchymal stem cells for alleviating neuropathic pain in a spinal cord injury model. *Stem Cell Res Ther*. 2016 Mar 8;7:36.
5172. Youseffard M, Nasser Maleki S, Askarian-Amiri S, Vaccaro AR, Chapman JR, Fehlings MG, Hosseini M, Rahimi-Movaghgar V. A combination of mesenchymal stem cells and scaffolds promotes motor functional recovery in spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2019 a;32(2):269–84.
5173. Youseffard M, Sarveazad A, Babahajian A, Baikpour M, Shokraneh F, Vaccaro AR, Harrop JS, Fehlings MG, Hosseini M, Rahimi-Movaghgar V. Potential diagnostic and prognostic value of serum and cerebrospinal fluid biomarkers in traumatic spinal cord injury: a systematic review. *J Neurochem*. 2019 b;149(3):317–330.
5174. Yu CX, Li B, Xu YK, Ji TT, Li L, Zhao CJ, Chen L, Zhuo ZZ. Altered functional connectivity of the periaqueductal gray in chronic neck and shoulder pain. *Neuroreport*. 2017 Aug 16;28(12):720–5.
5175. Yu H, Cai Q, Shen B, Gao X, Zhou X. Neural substrates and social consequences of interpersonal gratitude: Intention matters. *Emotion*. 2017 Jun;17(4):589–601.
5176. Yu H, Hu J, Hu L, Zhou X. The voice of conscience: neural bases of interpersonal guilt and compensation. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2014 Aug;9(8):1150–8.
5177. Yu P, Zhang W, Liu Y, Sheng C, So KF, Zhou L, Zhu H. The effects and potential mechanisms of locomotor training on improvements of functional recovery after spinal cord injury. *Int Rev Neurobiol*. 2019;147:199–217.
5178. Yu SW, Friedman B, Cheng Q, Lyden PD. Stroke-evoked angiogenesis results in a transient population of microvessels. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2007 Apr;27(4):755–63.
5179. Yu X, Ye Z, Houston CM, Zecharia AY, Ma Y, Zhang Z, Uygun DS, Parker S, Vyssotski AL, Yustos R, Franks NP, Brickley SG, Wisden W. Wakefulness is governed by GABA and histamine cotransmission. *Neuron*. 2015 Jul 1;87(1):164–78.
5180. Yu YG, Caous CA, Balan AC, Rae GA, Lindsey CJ. Cardiovascular responses to sciatic nerve stimulation are blocked by paratrigeminal nucleus lesion. *Auton Neurosci*. 2002 Jun 28;98(1–2):70–4.
5181. Yu YG, Lindsey CJ. Baroreceptor-sensitive neurons in the rat paratrigeminal nucleus. *Auton Neurosci*. 2003 Apr 30;105(1):25–34.
5182. Yuan H, Low CM, Moody OA, Jenkins A, Traynelis SF. Ionotropic GABA and glutamate receptor mutations and human neurologic diseases. *Mol Pharmacol*. 2015 Jul;88(1):203–17.
5183. Yuan H, Silberstein SD. Vagus nerve and vagus nerve stimulation, a comprehensive review: Part I. Headache. 2016 Jan;56(1):71–8.
5184. Yuan H, Silberstein SD. Vagus nerve and vagus nerve stimulation, a comprehensive review: Part II. Headache. 2016 Feb;56(2):259–66.
5185. Yuan H, Silberstein SD. Vagus nerve stimulation and headache. *Headache*. 2017 Apr;57 Suppl 1:29–33.
5186. Yuan H, Tabarak S, Su W, Liu Y, Yu J, Lei X. Transcranial direct current stimulation of the medial prefrontal cortex affects judgments of moral violations. *Front Psychol*. 2017 Oct 26;8:1812.
5187. Yuan TF, Li A, Sun X, Arias-Carrión O, Machado S. Vagus nerve stimulation in treating depression: a tale of two stories. *Curr Mol Med*. 2016;16(1):33–9.
5188. Yuan X, Wu Q, Wang P, Jing Y, Yao H, Tang Y, Li Z, Zhang H, Xiu R. Exosomes derived from pericytes improve microcirculation and protect blood-spinal cord barrier after spinal cord injury in mice. *Front Neurosci*. 2019 Apr 16;13:319.
5189. Yucel YH, Gupta N, Kagan DB, Khan AM, Navajas EV, Jin YP. Author reply: To PMID 23062649. *Ophthalmology*. 2013 Jul;120(7):e42–3.
5190. Yue D, Zhang M, Liu J, Zhou J, Bai Y, Pan J. The rate of fluid shear stress is a potent regulator for the differentiation of mesenchymal stem cells. *J Cell Physiol*. 2019 Feb 19.
5191. Yüksel R, Özcan O, Dane S. The effects of hypnosis on heart rate variability. *Int J Clin Exp Hypn*. 2013;61(2):162–71.
5192. Yurov YB, Vrsanova SG, Iourov IY. The DNA replication stress hypothesis of Alzheimer's disease. *ScientificWorldJournal*. 2011;11:2602–12.
5193. Zafeiriou DJ, Batziou SP. Brain and spinal MR imaging findings in mucopolysaccharidoses: a review. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013 Jan;34(1):5–13.
5194. Zagrean AM, Hermann DM, Opris I, Zagrean L, Popa-Wagner A. Multicellular crosstalk between exosomes and the neurovascular unit after cerebral ischemia. *Therapeutic Implications*. *Front Neurosci*. 2018 Nov 6;12:811.
5195. Zahm DS, Root DH. Review of the cytology and connections of the lateral habenula, an avatar of adaptive behaving. *Pharmacol Biochem Behav*. 2017 Nov;162:3–21.
5196. Zaidel DW, Nadal M. Brain intersections of aesthetics and morals: perspectives from biology, neuroscience, and evolution. *Perspect Biol Med*. 2011 Summer;54(3):367–80.
5197. Zakharov A, Papaiconomou C, Djenic J, Midha R, Johnston M. Lymphatic cerebrospinal fluid absorption pathways in neonatal sheep revealed by subarachnoid injection of Microfil. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2003 Dec;29(6):563–73.
5198. Zakharov A, Papaiconomou C, Johnston M. Lymphatic vessels gain access to cerebrospinal fluid through unique association with olfactory nerves. *Lymphat Res Biol*. 2004 a;2(3):139–46.
5199. Zakharov A, Papaiconomou C, Koh L, Djenic J, Bozanovic-Sosic R, Johnston M. Integrating the roles of extracranial lymphatics and intracranial veins in cerebrospinal fluid absorption in sheep. *Microvasc Res*. 2004 b;67(1):96–104.
5200. Zaki J, Wager TD, Singer T, Keysers C, Gazzola V. The anatomy of suffering: understanding the relationship between nociceptive and empathic pain. *Trends Cogn Sci*. 2016 Apr;20(4):249–59.

- 5201.** Zamariola G, Cardini F, Mian E, Serino A, Tsakiris M. Can you feel the body that you see? On the relationship between interoceptive accuracy and body image. *Body Image*. 2017 Mar;20:130–6.
- 5202.** Zamariola G, Maurage P, Luminet O, Corneille O. Interoceptive accuracy scores from the heartbeat counting task are problematic: Evidence from simple bivariate correlations. *Biol Psychol*. 2018 Sep;137:12–7.
- 5203.** Zanazzi G, Matthews G. The molecular architecture of ribbon presynaptic terminals. *Mol Neurobiol*. 2009 Apr;39(2):130–48.
- 5204.** Zant JC, Kim T, Prokai L, Szarka S, McNally J, McKenna JT, Shukla C, Yang C, Kalinchuk AV, McCarley RW, Brown RE, Basheer R. Cholinergic neurons in the basal forebrain promote wakefulness by actions on neighboring non-cholinergic neurons: an opto-dialysis study. *J Neurosci*. 2016 Feb 10;36(6):2057–67.
- 5205.** Zanutto BS, Valentiniuzzi ME, Segura ET. Neural set point for the control of arterial pressure: role of the nucleus tractus solitarius. *Biomed Eng Online*. 2010 Jan 11;9:4.
- 5206.** Zappaterra MW, Lehtinen MK. The cerebrospinal fluid: regulator of neurogenesis, behavior, and beyond. *Cell Mol Life Sci*. 2012 Sep;69(17):2863–78.
- 5207.** Zardetto-Smith AM, Gray TS. Organization of peptidergic and catecholaminergic efferents from the nucleus of the solitary tract to the rat amygdala. *Brain Res Bull*. 1990 Dec;25(6):875–87.
- 5208.** Zareen N, Shinozaki M, Ryan D, Alexander H, Amer A, Truong DQ, Khadka N, Sarkar A, Naeem S, Bikson M, Martin JH. Motor cortex and spinal cord neuromodulation promote corticospinal tract axonal outgrowth and motor recovery after cervical contusion spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2017 Nov;297:179–89.
- 5209.** Zarr N, Brown JW. Hierarchical error representation in medial prefrontal cortex. *Neuroimage*. 2016 Jan 1;124(Pt A):238–47.
- 5210.** Zatorre RJ, Salimpoor VN. From perception to pleasure: music and its neural substrates. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Jun 18;110 Suppl 2(Suppl 2):10430–7.
- 5211.** Zec N, Kinney HC. Anatomic relationships of the human nucleus of the solitary tract in the medulla oblongata: a Dil labeling study. *Auton Neurosci*. 2003 May 30;105(2):131–44.
- 5212.** Zec N, Kinney HC. Anatomic relationships of the human nucleus paragigantocellularis lateralis: a Dil labeling study. *Auton Neurosci*. 2001 Jun 20;89(1–2):110–24.
- 5213.** Zeilig H, Tischler V, van der Byl Williams M, West J, Strohmaier S. Co-creativity, well-being and agency: a case study analysis of a co-creative arts group for people with dementia. *J Aging Stud*. 2019 Jun;49:16–24.
- 5214.** Zeithamova D, Maddox WT, Schnyer DM. Dissociable prototype learning systems: evidence from brain imaging and behavior. *J Neurosci*. 2008 Dec 3;28(49):13194–201.
- 5215.** Zelano C, Jiang H, Zhou G, Arora N, Schuele S, Rosenow J, Gottfried JA. Nasal respiration entrains human limbic oscillations and modulates cognitive function. *J Neurosci*. 2016 Dec 7;36(49):12448–67.
- 5216.** Zemlan FP, Behbehani MM, Beckstead RM. Ascending and descending projections from nucleus reticularis magnocellularis and nucleus reticularis gigantocellularis: an autoradiographic and horseradish peroxidase study in the rat. *Brain Res*. 1984 Feb 6;292(2):207–20.
- 5217.** Zeng D, Jiang C, Su C, Tan Y, Wu J. Anticoagulation in atrial fibrillation and cognitive decline: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Feb;98(7):e14499.
- 5218.** Zenker W, Kubik S. Brain cooling in humans — anatomical considerations. *Anat Embryol (Berl)*. 1996 Jan;193(1):1–13.
- 5219.** Zervas NT, Liszczak TM, Mayberg MR, Black PM. Cerebrospinal fluid may nourish cerebral vessels through pathways in the adventitia that may be analogous to systemic vasa vasorum. *J Neurosurg*. 1982 Apr;56(4):475–81.
- 5220.** Zewdie E, Roy F, Yang J, Gorassini M. P25.22 Increases in the excitability of spinal inhibitory pathways from intensive locomotor training after incomplete spinal cord injury. *Clinical Neurophysiology*. 2011;122 (Suppl 1):S177–S178.
- 5221.** Zhang ET, Inman CB, Weller RO. Interrelationships of the pia mater and the perivascular (Virchow-Robin) spaces in the human cerebrum. *J Anat*. 1990 Jun;170:111–23.
- 5222.** Zhang ET, Richards HK, Kida S, Weller RO. Directional and compartmentalised drainage of interstitial fluid and cerebrospinal fluid from the rat brain. *Acta Neuropathol*. 1992;83(3):233–9.
- 5223.** Zhang G, Stackman RW Jr. The role of serotonin 5-HT<sub>2A</sub> receptors in memory and cognition. *Front Pharmacol*. 2015 Oct 6;6:225.
- 5224.** Zhang H, Lian Y, Ma Y, Chen Y, He C, Xie N, Wu C. Two doses of botulinum toxin type A for the treatment of trigeminal neuralgia: observation of therapeutic effect from a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Headache Pain*. 2014 Sep 27;15(1):65.
- 5225.** Zhang J, Cicero SA, Wang L, Romito-Digiacomio RR, Yang Y, Herrup K. Nuclear localization of Cdk5 is a key determinant in the postmitotic state of neurons. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008 Jun 24;105(25):8772–7.
- 5226.** Zhang J, Xi M, Fung SJ, Sampogna S, Chase MH. Projections from the central nucleus of the amygdala to the nucleus pontis oralis in the rat: an anterograde labeling study. *Neurosci Lett*. 2012 Sep 13;525(2):157–62.
- 5227.** Zhang L, Xie R, Yang J, Zhao Y, Qi C, Bian G, Wang M, Shan J, Wang C, Wang D, Luo C, Wang Y, Wu S. Chronic pain induces nociceptive neurogenesis in dorsal root ganglia from Sox2-positive satellite cells. *Glia*. 2019 Jun;67(6):1062–75.
- 5228.** Zhang M, Savill N, Margulies DS, Smallwood J, Jefferies E. Distinct individual differences in default mode network connectivity relate to off-task thought and text memory during reading. *Sci Rep*. 2019 Nov 7;9(1):16220.
- 5229.** Zhang P, Shao XY, Qi GJ, Chen Q, Bu LL, Chen LJ, Shi J, Ming J, Tian B. Cdk5-dependent activation of neuronal inflammasomes in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2016 Mar;31(3):366–76.
- 5230.** Zhang Q, Shi B, Ding J, Yan L, Thawani JP, Fu C, Chen X. Polymer scaffolds facilitate spinal cord injury repair. *Acta Biomater*. 2019 Apr 1;88:57–77.
- 5231.** Zhang Q, Yan S, You R, Thawani DL, Liu Y, Qu J, Li X, Li M, Wang X. Multichannel silk protein/laminin grafts for spinal cord injury repair. *J Biomed Mater Res A*. 2016 Dec;104(12):3045–57.
- 5232.** Zhang R, Asai M, Mahoney CE, Joachim M, Shen Y, Gunner G, Majzoub JA. Loss of hypothalamic corticotropin-releasing hormone markedly reduces anxiety behaviors in mice. *Mol Psychiatry*. 2017 May;22(5):733–44.
- 5233.** Zhang S, Li CS. Functional connectivity mapping of the human precuneus by resting state fMRI. *Neuroimage*. 2012 Feb 15;59(4):3548–62.
- 5234.** Zhang SJ, Ye J, Miao C, Tsao A, Cerniauskas I, Ledergerber D, Moser MB, Moser EI. Optogenetic dissection of entorhinal-hippocampal functional connectivity. *Science*. 2013 Apr 5;340(6128):1232627. Erratum in: *Science*. 2013 Apr 19;340(6130):273.
- 5235.** Zhang T, Huang L, Zhang L, Tan M, Pu M, Pickard GE, So KF, Ren C. ON and OFF retinal ganglion cells differentially regulate serotonergic and GABAergic activity in the dorsal raphe nucleus. *Sci Rep*. 2016 May 16;6:26060.
- 5236.** Zhang X, Dong H, Li N, Zhang S, Sun J, Zhang S, Qian Y. Activated brain mast cells contribute to postoperative cognitive dysfunction by evoking microglia activation and neuronal apoptosis. *J Neuroinflammation*. 2016 May 31;13(1):127.
- 5237.** Zhang X, Jia S, Chen Z, Chong YL, Xie H, Feng D, Wu X, Song DZ, Roy S, Zhao C. Cilia-driven cerebrospinal fluid flow directs expression of urotensin neuropeptides to straighten the vertebrate body axis. *Nat Genet*. 2018 Dec;50(12):1666–73.
- 5238.** Zhang XY, Wang JJ, Zhu JN. Cerebellar fastigial nucleus: from anatomic construction to physiological functions. *Cerebellum Ataxias*. 2016 May 3;3:9.
- 5239.** Zhang Y, Kim MS, Jia B, Yan J, Zuniga-Hertz JP, Han C, Cai D. Hypothalamic stem cells control ageing speed partly through exosomal miRNAs. *Nature*. 2017 Aug 3;548(7665):52–7.
- 5240.** Zhang Z, Ferretti V, Güntan İ, Moro A, Steinberg EA, Ye Z, Zecharia AY, Yu X, Vyssotski AL, Brickley SG, Yustos R, Pillidge ZE, Harding EC, Wisden W, Franks NP. Neuronal ensembles sufficient for recovery sleep and the sedative actions of  $\alpha 2$  adrenergic agonists. *Nat Neurosci*. 2015 Apr;18(4):553–61.
- 5241.** Zhang Z, Nonaka H, Nagayama T, Hatori T, Ihara F, Zhang L, Akima M. Circulatory disturbance of rat spinal cord induced by occluding ligation of the dorsal spinal vein. *Acta Neuropathol*. 2001 Oct;102(4):335–8.
- 5242.** Zhang ZG, Zhang L, Jiang Q, Zhang R, Davies K, Powers C, Bruggen Nv, Chopp M. VEGF enhances angiogenesis and promotes blood-brain barrier leakage in the ischemic brain. *J Clin Invest*. 2000 Oct;106(7):829–38.
- 5243.** Zhao Q, Lu H, Metmer H, Li WXY, Lu J. Evaluating functional connectivity of executive control network and frontoparietal network in Alzheimer's disease. *Brain Res*. 2018 Jan 1;1678:262–72.
- 5244.** Zhao Q, Sang X, Metmer H, Swati ZNNK, Lu J; Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Functional segregation of executive control network and frontoparietal network in Alzheimer's disease. *Cortex*. 2019 b;120:36–48.
- 5245.** Zhao Q, Swati ZNK, Metmer H, Sang X, Lu J. Investigating executive control network and default mode network dysfunction in major depressive disorder. *Neurosci Lett*. 2019 a;701:154–61.
- 5246.** Zhao T, Zhu Y, Tang H, Xie R, Zhu J, Zhang JH. Consciousness: new concepts and neural networks. *Front Cell Neurosci*. 2019 Jul 9;13:302.

5247. Zhao YY, Yuan Y, Chen Y, Jiang L, Liao RJ, Wang L, Zhang XN, Ohtsu H, Hu WW, Chen Z. Histamine promotes locomotion recovery after spinal cord hemisection via inhibiting astrocytic scar formation. *CNS Neurosci Ther*. 2015 May;21(5):454–62.
5248. Zheng H, Lu X, Huang D. tDCS Over DLPFC leads to less utilitarian response in moral-personal judgment. *Front Neurosci*. 2018 Mar 26;12:193.
5249. Zheng H, Rinaman L. Yohimbine angiogenesis in the elevated plus maze requires hindbrain noradrenergic neurons that target the anterior ventrolateral bed nucleus of the stria terminalis. *Eur J Neurosci*. 2013 Apr;37(8):1340–9.
5250. Zheng W, Chen Q, Chen X, Wan L, Qin W, Qi Z, Chen N, Li K. Brain white matter impairment in patients with spinal cord injury. *Neural Plast*. 2017;2017:4671607.
5251. Zhong W, Cristofori I, Bulbulia J, Krueger F, Grafman J. Biological and cognitive underpinnings of religious fundamentalism. *Neuropsychologia*. 2017 Jun;100:18–25.
5252. Zhou HL, Zhang XJ, Zhang MY, Yan ZJ, Xu ZM, Xu RX. Transplantation of human amniotic mesenchymal stem cells promotes functional recovery in a rat model of traumatic spinal cord injury. *Neurochem Res*. 2016 Oct;41(10):2708–18.
5253. Zhou JN, Hofman MA, Gooren LJ, Swaab DF. A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality. *Nature*. 1995 Nov 2;378(6552):68–70.
5254. Zhou QQ, Chen SS, Zhang QQ, Liu PF, Fang HZ, Yang Y, Zhang LC. Cerebrospinal fluid-contacting nucleus mediates nociception via release of fractalkine. *Braz J Med Biol Res*. 2017 Aug 7;50(9):e6275.
5255. Zhou S, Giannetto M, DeCoursey J, Kang H, Kang N, Li Y, Zheng S, Zhao H, Simmons WR, Wei HS, Bodine DM, Low PS, Nedergaard M, Wan J. Oxygen tension-mediated erythrocyte membrane interactions regulate cerebral capillary hyperemia. *Sci Adv*. 2019 May 29;5(5):eaaw4466.
5256. Zhu C, Pan J, Li S, Liu X, Wang P, Li J. Internal cost of spontaneous deception revealed by ERPs and EEG spectral perturbations. *Sci Rep*. 2019 Apr 1;9(1):5402.
5257. Zhu F, Cizeron M, Qiu Z, Benavides-Piccione R, Kopanitsa MV, Skene NG, Koniaris B, DeFelipe J, Fransén E, Komiyama NH, Grant SGN. Architecture of the mouse brain synaptome. *Neuron*. 2018 Aug 22;99(4):781–799.e10.
5258. Zhu H, Clemens S, Sawchuk M, Hochman S. Expression and distribution of all dopamine receptor subtypes (D(1)-D(5)) in the mouse lumbar spinal cord: a real-time polymerase chain reaction and non-autoradiographic in situ hybridization study. *Neuroscience*. 2007 Nov 23;149(4):885–97.
5259. Zhu T, Tang H, Shen Y, Tang Q, Chen L, Wang Z, Zhou P, Xu F, Zhu J. Transplantation of human induced cerebellar granular-like cells improves motor functions in a novel mouse model of cerebellar ataxia. *Am J Transl Res*. 2016 Feb 15;8(2):705–18.
5260. Ziegler G, Grabher P, Thompson A, Altmann D, Hupp M, Ashburner J, Friston K, Weiskopf N, Curt A, Freund P. Progressive neurodegeneration following spinal cord injury: implications for clinical trials. *Neurology*. 2018 Apr 3;90(14):e1257–e1266.
5261. Ziemińska E, Kügler S, Schachner M, Wewiór I, Czarkowska-Bauch J, Skup M. Overexpression of BDNF increases excitability of the lumbar spinal network and leads to robust early locomotor recovery in completely spinalized rats. *PLoS One*. 2014 Feb 14;9(2):e88833.
5262. Zilles D. Vagus nerve stimulation as a treatment for catatonia: a hypothesis. *Front Psychiatry*. 2019 Feb 27;10:86.
5263. Zimmer MB, Goshgarian HG. Spinal cord injury in neonates alters respiratory motor output via supraspinal mechanisms. *Exp Neurol*. 2007 Jul;206(1):137–45.
5264. Zimmerman CA, Leib DE, Knight ZA. Neural circuits underlying thirst and fluid homeostasis. *Nat Rev Neurosci*. 2017 Aug;18(8):459–69.
5265. Zimmermann E, Lappe M. Visual space constructed by saccade motor maps. *Front Hum Neurosci*. 2016 May 18;10:225.
5266. Zimmermann H. Extracellular metabolism of ATP and other nucleotides. *Naunyn Schmiedeberg Arch Pharmacol*. 2000;362(4–5):299–309.
5267. Zimmermann J, Griffiths JD, McIntosh AR. Unique mapping of structural and functional connectivity on cognition. *J Neurosci*. 2018;38(45):9658–67.
5268. Zinchenko O, Arsalidou M. Brain responses to social norms: meta-analyses of fMRI studies. *Hum Brain Mapp*. 2018;39(2):955–70.
5269. Zitnik GA. Control of arousal through neuropeptide afferents of the locus coeruleus. *Brain Res*. 2016 Jun 15;1641(Pt B):338–50.
5270. Zitser J, Doring EH, Chiaro G, Miglis MG. Autonomic impairment as a potential biomarker in idiopathic REM-sleep-behavior disorder. *Auton Neurosci*. 2019 Sep;220:102553.
5271. Zlokovic BV, Apuzzo MJ. Strategies to circumvent vascular barriers of the central nervous system. *Neurosurgery*. 1998;43(4):877–8.
5272. Zlokovic BV, Jovanovic S, Miao W, Samara S, Verma S, Farrell CL. Differential regulation of leptin transport by the choroid plexus and blood-brain barrier and high affinity transport systems for entry into hypothalamus and across the blood-cerebrospinal fluid barrier. *Endocrinology*. 2000;141(4):1434–41.
5273. Zlokovic BV. Neurovascular pathways to neurodegeneration in Alzheimer's disease and other disorders. *Nat Rev Neurosci*. 2011 Dec 3;12(12):723–38.
5274. Zlokovic BV. The Blood-Brain Barrier in Health and Chronic Neurodegenerative Disorders. *Neuron*. 2008;57(2):178–201.
5275. Zmarz P, Keller GB. Mismatch receptive fields in mouse visual cortex. *Neuron*. 2016;92(4):766–72.
5276. Zmigrod S, Colzato LS, Hommel B. Stimulating creativity: modulation of convergent and divergent thinking by transcranial direct current stimulation (tDCS). *Creat Res J*. 2015;27(4):353–60.
5277. Zoccal DB, Furuya WI, Bassi M, Colombari DS, Colombari E. The nucleus of the solitary tract and the coordination of respiratory and sympathetic activities. *Front Physiol*. 2014 Jun 25;5:238.
5278. Zoefel B, Ten Oever S, Sack AT. The involvement of endogenous neural oscillations in the processing of rhythmic input: more than a regular repetition of evoked neural responses. *Front Neurosci*. 2018 Mar 7;12:95.
5279. Zorgani A, Souchon R, Dinh AH, Chapelon JY, Ménager JM, Lounis S, Rouvière O, Catheline S. Brain palpation from physiological vibrations using MRI. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Oct 20;112(42):12917–21.
5280. Zou LH, Shi YJ, He H, Jiang SM, Huo FF, Wang XM, Wu F, Ma L. Effects of FGF2/FGFR1 pathway on expression of A1 astrocytes after infrasound exposure. *Front Neurosci*. 2019 May 3;13:429.
5281. Zou W, Pu T, Feng W, Lu M, Zheng Y, Du R, Xiao M, Hu G. Blocking meningeal lymphatic drainage aggravates Parkinson's disease-like pathology in mice overexpressing mutated  $\alpha$ -synuclein. *Transl Neurodegener*. 2019 Mar 1;8:7.
5282. Zrinzo L, Zrinzo LV, Hariz M. The pedunculo-pontine and peripeduncular nuclei: a tale of two structures. *Brain*. 2007 Jun;130(Pt 6):e73; author reply: e74.
5283. Zrinzo L, Zrinzo LV. Surgical anatomy of the pedunculo-pontine and peripeduncular nuclei. *Br J Neurosurg*. 2008;22 Suppl 1:S19–24.
5284. Zséli G, Vida B, Martínez A, Lechan RM, Khan AM, Fekete C. Elucidation of the anatomy of a satiety network: focus on connectivity of the parabrachial nucleus in the adult rat. *J Comp Neurol*. 2016 Oct 1;524(14):2803–27.
5285. Zuckerman M, Silberman J, Hall JA. The relation between intelligence and religiosity: a meta-analysis and some proposed explanations. *Pers Soc Psychol Rev*. 2013 Nov;17(4):325–54.
5286. Zuloaga KL, Temple S. Appetite for Neurogenesis. *Dev Cell*. 2017 Aug 7;42(3):207–9.
5287. Zuo W, Xiao C, Gao M, Hopf FW, Krnjević K, McIntosh JM, Fu R, Wu J, Bekker A, Ye JH. Nicotine regulates activity of lateral habenula neurons via presynaptic and postsynaptic mechanisms. *Sci Rep*. 2016 Sep 6;6:32937.

## POST SCRIPTUM

### опісля раю

#### I

Сидівши навпочіпки — плакали.  
 Поглядом битого пса прощалися.  
 На серці й піску рисували  
 утрачені райські витілища.  
 І далі — між терня одхóдили  
 по темній кам'яні незріленій.  
 І серце пасма́ми солодкими  
 спогади райські стожи́лили.  
 Упéтлили горло,  
 нутро́ трепетли́вили,  
 медóвили дух.  
 Надихали й стоси́лили.

#### II

Шукали —  
 шукали раю́ пéнзлями й крейдюю,  
 шукали чару́нковим по́блиском ка́менів,  
 шукали руками по глині та й мармуру,  
 шукали хорéями і зо тимпа́нами,  
 шукали настрúнно, устами й орга́нами,  
 словами навпомацки й дивними смислами,  
 поме́жи зірок, у воді та й у вітрові,  
 волали по нім терні́стими храмами,  
 кресáли під гу́мном адрóновим за́ревом,  
 витлу́мили з ядер плуто́ном ура́новим,  
 з нутра́ видирали як хéмію та́йную.

#### III

І будували.  
 Камéнями до небес мріяли.  
 Будя́че безсмертя вбирали своєю обля́кклою шкірою.  
 Ку́кіль і терня здирали, усте́рвившись в гени і ко́рені.  
 Жарóвисько й стúдиво всла́били це́гольно-бето́нами.  
 Злида́рство врозко́шили пу́стками зазд́рости.  
 Підперли си кле́пки транзистором кла́цковим.  
 Рагу́льство си вбрали в па́пери друковані.  
 Лабéти ввольни́ли хаплóм заармо́ваним.  
 Встократно си вдúжили гасом і я́дером.

Стожарів злапа́лисьмо з голими ... спі́нами.  
 Гно́яки і шма́рки труї́ли кефа́лоспори́нами,  
 Моровиці — хлором і СЕСовакці́нами  
 кра́яли.

Зсла́бу втина́ли ножа́ми й електроприпа́ями.  
 По те́льбухах лізли желі́зом і йонами.  
 Розво́льнили всюдно патя́ки по дрóтах і ко́минах.  
 Наткали білу́зни оливою чо́рною, бру́дною, жирною.  
 М'ясу́дла, хлі́бів і яйок надо́їли си тлу́стими сви́нями.  
 І всіх теплородом вугі́льним потру́бним впові́ли си...

#### IV

Повз гусінню,  
 котком бетонним,  
 асфа́льтовим і карколомним,  
 чавунним кроком семимильним  
 смертельно жа́даний, похмі́льний,  
 камя́ний, кро́в'яний, вневі́льний,  
 як ржава паля між очес —  
 ґратовано ступав прогрес!

Гарматтям печеним і чорним,  
 на шмаття видертим бетоном,  
 на ла́ття витнутим кремéзом,  
 дебелим сірим чернопрéсом,  
 горою ко́стей і тіле́с —  
 пер гу́палом гудні́м прогрес!

Цвяха́ми, па́льцями з ка́міння,  
 терно́вим ві́плетом коріння,  
 кия́ми труб кремованих копалин  
 і синім пластиком комі́ркових вбиралень,  
 наплóваний серед густих небес —  
 дер очі ві́їдом прогрес!

Як гнилозубе ска́зне сте́рво  
 наддертим га́вкотом вар'я́тським,  
 аж задеральним хрі́плом хва́цьким  
 впивався в скроні лютий пес —  
 вже і до нас долі́з прогрес.

**В. М.**



*Науково-популярне видання*

**Цимбалюк Віталій Іванович**  
**Медведєв Володимир Вікторович**

# **Людина і її мозок**

Том 3

Монографія

Редактори: *І. В. Шпента, В. О. Парфенюк*  
Коректор *Л. Я. Шутова*  
Комп'ютерна верстка: *О. С. Парфенюк, Г. А. Пешков*

Підписано до друку 29.03.22 Формат 84×108/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Segoe UI. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 36,12. Зам. № 2204.

ПП «Нова Книга»  
21029, м. Вінниця, вул. М. Вашука, 20  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2646 від 11.10.2006 р.  
(067) 6562650, (063) 5270178  
E-mail: [info@novaknyha.com.ua](mailto:info@novaknyha.com.ua)  
[www.nk.in.ua](http://www.nk.in.ua)