

UDC: 611.81:575.8:159.942

<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.2.2025.274-279>

Received: May 02, 2025

Accepted: June 15, 2025

Особливості та значення еволюційних змін мозочка, як частини центральної нервової системи, у ході еволюції головного мозку людини: частина 2

Наталія Невмержицька, Марія Харченко, Марта Проконів

Кафедра гістології та ембріології Національний медичний університет імені О.О.Богомольця,

Київ, Україна

Corresponding Author:

Nataliia Nevmerzhytska

natalianmu@ukr.net

Анотація: у цій частині статті розглянуто еволюційні аспекти розвитку мозочка і головного мозку *Homo sapiens*, з акцентом на їхню роль у становленні складних когнітивних, емоційних і соціальних функцій. Традиційні уявлення про «триєдиний мозок», які поділяють його на рептильну, лімбічну та неокортексову частини, дедалі частіше піддаються критиці, оскільки не враховують динамічну, взаємозалежну природу мозкових структур. Замість ієрархії «старих» і «нових» утворень, сучасна наука пропонує бачення мозку як єдиної інтегрованої системи, де мозочок виконує функції, які значно виходять за межі моторного контролю. Мозочок залучений у процеси навчання, регуляції емоцій, робочої пам'яті, мовлення, соціального пізнання та вищих когнітивних функцій. Його латеральні відділи мають складну організацію багаторівневих мультисинаптичних зв'язків із зонами асоціативної кори головного мозку, включно з префронтальними ділянками, які відіграють ключову роль у плануванні, прийнятті рішень, саморефлексії та моделюванні соціальних сценаріїв. Це свідчить про глибоку участь мозочка у формуванні психічної активності, що традиційно приписувалась виключно неокортексу. Еволюційно мозочок *Homo sapiens* демонструє вражаючу анатомічну та функціональну складність. Дослідження виявляють його виражену асиметрію, що пов'язана з латералізацією когнітивних функцій: мовлення, пам'яті, просторового мислення, емоційної реактивності та здатності до прогнозування. Відмінності між півкулями мозочка можна розглядати як адаптивний механізм для підвищення ефективності обробки інформації, що має вирішальне значення для розвитку гнучкої поведінки та інтелектуальної винахідливості. Важливо підкреслити зв'язок між розвитком мозочка та психічним здоров'ям: дисфункція в цій структурі асоціюється з широким спектром неврологічних і психіатричних розладів, включаючи аутизм, шизофренію, тривожні розлади, депресію та когнітивні порушення. Мозочок приймає участь не лише в регуляції поведінкових реакцій, а й здатністю до соціальної взаємодії. Його участь у формуванні мовленнєвих здібностей, емоційної виразності, стратегічного мислення та здатності до абстракції підкреслює його значення у контексті еволюції людського інтелекту. Таким чином, еволюція мозочка є складним біологічним процесом, що відіграє вирішальну роль у когнітивній експансії людини. Його участь у передбаченні, ймовірнісному мисленні, співпереживанні та стратегічному плануванні робить його центральним елементом у розумінні людської унікальності. Подальші міждисциплінарні дослідження мозочка мають потенціал відкрити нові горизонти у вивченні свідомості, нейропластичності, культурної еволюції та ментального здоров'я сучасного суспільства.

Ключові слова. Головний мозок, еволюція, емоції, когнітивні функції, комунікація, мозочок, нейроморфологія, нейропсихологія.

Результати та обговорення (продовження)

В літературі часто описана спрощена модель еволюції мозку, яка описує «старі» анатомічні структури (стовбур мозку, ретикулярна формація, таламус і мозочок) як джерело емоційних та інстинктивних

реакцій, а «нові» структури (кора півкуль головного мозку) – як структури, що забезпечують реалізацію складних і раціональних процесів [1-2]. Однак ці твердження не мають наукового підґрунтя в еволюційній біології та давно спростовані науковцями, які

вивчають еволюцію нервової системи [3]. Наприклад, Муєр та Dewall (2018) стверджують, що у примітивних тварин мозок регулює базові функції виживання, тоді як у вищих ссавців, таких як люди, мозок є складнішим і дає змогу передбачати майбутнє [4]. Такий підхід ілюструє еволюцію мозку як нашарування нових структур поверх старих, подібно до формування геологічних шарів [5]. Однак це уявлення, яке ґрунтується на концепції триєдиного мозку, вперше запропонованої MacLean P. D у 1964 році [6] також є хибним. MacLean P. D представив мозок на трьох рівнях: «рептильний комплекс», що відповідає за базові функції; лімбічну систему, що контролює емоції; та кору головного мозку, що відповідає за мову і раціональне мислення [1, 6]. Навіть коли MacLean опублікував свою книгу, його ідеї вже вважалися застарілими, але, незважаючи на це, вони іноді і дотепер можуть мати популярність у психології [1]. Науковці, які вивчають складність нервової системи, вважають, що еволюційний розвиток мозку не слід розглядати як лінійний процес нашарування структур, а швидше як складний і інтегративний механізм, в якому різні частини мозку взаємодіють між собою, забезпечуючи широкий спектр функцій [7]. Зокрема, виявлено, що старіші структури мозку, такі як мозочок, не лише контролюють базові функції [8-9], але також беруть участь у складному пізнанні (навчанні, пам'яті та емоційної регуляції тощо) [8, 10]. На підтримку цієї гіпотези латеральна частина мозочка ссавців розвинула набір мультисинаптичних петель, які з'єднують його з неокортексом, включаючи частини префронтальної кори [8]. Ця латералізація мозочка є у людей і людиноподібних мавп, і ще в кількох інших лініях ссавців [11] ймовірно тому, що це забезпечує значні когнітивні переваги [8]. Дослідження, проведені як на людях, так і на тваринах, демонструють, що мозочок відіграє важливу роль у модулюванні емоційних сигналів і поведінки. Це відбувається завдяки його зв'язкам із кірковими та підкірковими структурами мозку, які утворюють широкі церебело-церебральні зв'язки [12-15]. У пацієнтів із захворюванням мозочка велика кількість досліджень показала порушення в різних когнітивних областях і субдоменах, таких як плавність мовлення, оперативна пам'ять, абстрактні міркування, зорово-просторові когнітивні процеси, соціальне пізнання та вирішення проблем [16-18]. Пацієнти із захворюванням мозочка демонструють сплюснення або притуплення афекту, дратівливість, збудженість та емоційну лабільність [19]. Одним із найбільш вивчених прикладів емоційного навчання є прояв страху, в якому мозочок бере безпосередню участь. Така функція показує, що мозочок впливає на емоційну сферу, забезпечуючи точність і адаптивність реакцій на стресові ситуації [20-21]. Черв'як мозочка

та ядра мозочка сприяють формуванню, консолідації та зникненню спогадів про страх, ймовірно, шляхом передачі сигналів прогнозування та/або помилки прогнозування через зв'язки з кірковими та підкірковими структурами [22-24].

Об'єм мозку у приматів позитивно модулюється з масою тіла, а також соціальними (щільність популяції), екологічними (відстань, яку проходить особа кожного дня) змінними [25] та особливостями харчування [8]. Великий мозок *Homo sapiens* є однією з найпомітніших морфологічних характеристик нашого виду [26]. Важливо відмітити, що еволюційне збільшення загального об'єму мозку супроводжувалося тангенціальним розширенням останнього та корелювало з збільшенням складчастості неокортексу [8]. Слід відмітити, що кора головного мозку *Homo sapiens* також містить більше нейронів, що в деякій мірі сприяє підвищеній пізнавальній здатності [27-29]. Не дивлячись на те, що загальний розмір ЦНС корелює із загальним інтелектом та іншими показниками когнітивних здібностей, однак ключем до унікальних можливостей та способу мислення *Homo sapiens* є не лише абсолютний або відносний розмір, чи кількість нейронів і глії ЦНС, а більша різноманітність типів нервових клітин, молекулярні зміни і розширені або більш складні моделі нейронних зв'язків тощо [3].

Значення асиметрії мозку та мозочка в ускладненні когнітивних функцій *Homo sapiens*.

Продовжуючи дослідження еволюції мозочка *Homo sapiens*, важливо також розглянути питання асиметрії в будові мозку та мозочку, що є характерним для багатьох видів, включаючи людей [30-31]. Слід відмітити, що асиметрія мозочка спостерігається тільки у *Homo sapiens*, тоді як відсутня у *Homo erectus* і, можливо, *Homo Neanderthalensis*. У *Homo sapiens* довжина мозочка значно більша з лівого боку, тоді як його висота, сагітальна орієнтація та горизонтальна орієнтація не різняться між лівою та правою сторонами [32, 8]. Порівняння мозочкової асиметрії з незалежно оціненою церебральною асиметрією також виявило, що латералізовані ділянки мозочка асоційовані з сильно латералізованими ділянками головного мозку [31, 33-34]. Слід також відмітити функціональну латералізацію мозочка: задня його частина функціонально латералізована, права сторона контролює мову та робочу пам'ять, у той час як ліва сторона контролює пізнання. Така функціональна асиметрія залучена в характерну функціональну організацію мозочка через церебро-церебелярні зв'язки, пов'язані контралатерально з асоціативною корою, а не з моторною корою [8, 35]. Tomasi, D., описує, що лівші мають більш слабкий індекс латералізації вправо у лівій півкулі мозочка і сильнішу латералізацію

вліво в правій півкулі, ніж правші. Нижчий ступінь латералізації мозочку справа суперечить відсутності мозочкової функціональної латералізації та зв'язку щодо контролю рухової активності рук (право-ліво-рукості) [36].

Асиметрія мозку відображає еволюційні зміни, які відбувалися у відповідь на потреби адаптації до навколишнього середовища та соціальної взаємодії. Це підкреслює важливість комплексного підходу до розуміння функцій мозку та його розвитку, який враховує як еволюційні, так і соціокультурні фактори [37-38]. Асиметрія мозку виступає у вигляді механізму, що дозволяє *Homo sapiens* адаптуватися до мінливих умов життя, вдосконалюючи їх когнітивні та соціальні функції [39]. Дослідження показують, що асиметричність мозкових структур може бути пов'язана з функціональними особливостями, такими як мовні навички, обробка інформації та емоційна регуляція [40]. Наприклад, у *Homo sapiens* зазвичай спостерігається розвиток лівої півкулі мозку, яка відповідає за мову та логічне мислення, тоді як права півкуля виявляється більш активною у контексті творчих та емоційних процесів [30]. Розвиток складних соціальних систем вимагав нових способів обробки інформації, комунікації та взаємодії з іншими членами групи. Це може пояснити, чому певні функції, пов'язані з соціальною взаємодією, були локалізовані в специфічних ділянках мозку, створюючи асиметрію в їх розвитку [39]. Асиметрія також може вказувати на різноманітність адаптацій, які могли виникати в різних умовах середовища. Наприклад, дослідження показують, що у людей з різними культурними традиціями або способами життя асиметричність мозкових структур може відрізнятися, що свідчить про вплив культурного контексту на еволюційні зміни [41]. Також варто зазначити, що еволюція асиметрії мозку у *Homo sapiens* може бути пов'язана з розвитком більш складних форм мислення і поведінки [39]. Це включає не лише обробку мовних та когнітивних даних, а й формування абстрактного мислення, здатності до планування та передбачення майбутніх подій [41]. Наявність асиметрії між півкулями забезпечує можливість одночасної обробки різних типів інформації, що стає особливо важливим у ситуаціях, які вимагають швидкого прийняття рішень і врахування кількох змінних [42]. Крім того, еволюція асиметричних структур мозку вплинула на розвиток таких соціально-когнітивних навичок, як емпатія та здатність розуміти наміри інших. Це стало основою для розвитку кооперативних стратегій та складних соціальних зв'язків, які забезпечили виживання і процвітання виду [38]. Відповідно, можна припустити, що асиметрія мозку стала важливою адаптаційною перевагою, яка дозволила *Homo sapiens* ефективніше

взаємодіяти у соціумі, забезпечуючи краще управління емоціями, комунікацію та розвиток спільних дій [30]. Отож, асиметрія мозку *Homo sapiens* не тільки розширює їхні когнітивні можливості, але й сприяє адаптації до складних соціальних умов і культурного середовища, що робить її одним із провідних чинників еволюційного розвитку цього виду [38].

Функціональні й анатомічні особливості еволюції мозочка, а також загальна здатність людського мозку до адаптації стали важливими факторами, що забезпечують когнітивний і соціальний розвиток *Homo sapiens* [43-44]. В цілому, мозочок як частина центральної нервової системи, виконує не лише моторні функції, але також є важливим центром, що забезпечує складні когнітивні функції, соціалізацію та культурний розвиток [45]. Ігнорування еволюційних аспектів розвитку мозку може призвести до обмеженого розуміння когнітивних функцій та емоційних реакцій, а також до упередженого трактування нейропсихологічних досліджень [26]. Нові дані щодо особливостей еволюційного розвитку головного мозку, отримані внаслідок сучасних досліджень, закликають нейропсихологів переосмислити традиційні уявлення про нейробіологію та сприяти більш обґрунтованим і інтегративним підходам у психологічних дослідженнях, останнє, в свою чергу, дозволить краще зрозуміти природу людського мислення та поведінки [46].

Висновки

1. Зміни в будові мозочка у *Homo sapiens* мають важливе значення для розвитку когнітивних функцій та соціальних навичок. Виявлено, що збільшення об'єму мозочка та глобуляризація мозку в процесі еволюції, корелює з розвитком нових когнітивних здібностей і соціальних стратегій.
2. Мозочок займає важливу роль у регулюванні базових моторних функцій, таких як баланс, координація рухів та регуляція м'язового тону су і, таким чином, забезпечує адаптацію до змін навколишнього середовища та сприяє точності рухів, необхідних для виконання різноманітних фізичних дій. Однак слід не забувати про велику кількість таких немоторних функцій мозочка як мова, навчання і пам'ять та емоційні процеси, абстрактне мислення, здатність до прогнозування тощо.
3. Асиметрія мозку та мозочку розширює когнітивні можливості *Homo sapiens* та сприяє адаптації до складних соціальних умов і культурного середовища, що робить її одним із провідних чинників еволюційного розвитку на шляху до сучасної людини.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження в області нейробіології та еволюції мо-

зочка повинні зосередитися на глибшому вивченні механізмів адаптації мозочка до різних екологічних, термічних і соціальних впливів. Це дозволить не тільки покращити наше розуміння функціональних змін у мозку *Homo sapiens*, але й сприятиме розвитку нових терапевтичних підходів до лікування порушень, пов'язаних із функціонуванням мозочка.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Джерела фінансування.

Автори зазначають про відсутність джерел зовнішнього фінансування для даної наукової роботи.

Згода на публікацію.

Всі автори ознайомлені з остаточним варіантом статті та надали згоду на її публікацію.

ORCID ID та внесок авторів:

[0000-0002-5378-2267](https://orcid.org/0000-0002-5378-2267) (A, E, F) Nataliia Nevmerzhytska

(B, D) Maria Kharchenko

[0009-0005-1412-1916](https://orcid.org/0009-0005-1412-1916) (B, D) Marta Prokopiv

A–Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article

ЛІТЕРАТУРА

1. Cesario J, Johnson DJ, Eisthen HL. Your Brain Is Not an Onion With a Tiny Reptile Inside. *Curr Dir Psychol Sci.* 2020;29(3):255–60. doi:10.1177/0963721420917687
2. Chin R, Chang SWC, Holmes AJ. Beyond cortex: The evolution of the human brain. *Psychol Rev.* 2022. doi:10.1037/rev0000361
3. Sousa AMM, Meyer KA, Santpere G, et al. Evolution of the human nervous system function, structure, and development. *Cell.* 2017;170(2):226–247. doi:10.1016/j.cell.2017.06.036
4. Myers DG, DeWall CN. *Psychology.* 12th ed. New York: Worth Publishers; 2018.
5. Kiessling MC, Büttner A, Butti C, et al. Cerebellar granule cells are generated postnatally in humans. *Brain Struct Funct.* 2013;219(4):1271–86. doi:10.1007/s00429-013-0565-z
6. Dua S, MacLean PD. Localization for penile erection in medical frontal lobe. *Am J Physiol.* 1964;207(6):1425–34. doi:10.1152/ajplegacy.1964.207.6.1425
7. Bick C, Goodfellow M, Laing CR, et al. Understanding the dynamics of biological and neural oscillator networks through exact mean-field reductions: a review. *J Math Neurosci.* 2020;10(1). doi:10.1186/s13408-020-00086-9
8. Striedter GF. Incorporating evolution into neuroscience teaching. *Front Educ.* 2023;8:1278279. doi:10.3389/educ.2023.1278279
9. Northcutt RG. *Brains Through Time: A Natural History of Vertebrates.* Oxford: Oxford University Press.
10. Pellegrini L, Bonfio C, Chadwick J, et al. Human CNS barrier-forming organoids with cerebrospinal fluid production. *Science.* 2020;369(6500):eaaz5626. doi:10.1126/science.aaz5626
11. Smaers JB, Turner AH, Gómez-Robles A, et al. A cerebellar substrate for cognition evolved multiple times independently in mammals. *eLife.* 2018;7:e35696. doi:10.7554/eLife.35696
12. Kim J, Augustine GJ. Molecular layer interneurons: key elements of cerebellar network computation and behavior. *Neuroscience.* 2020. doi:10.1016/j.neuroscience.2020.10.008
13. Rudolph S, Badura A, Lutz S, et al. Cognitive-Affective Functions of the Cerebellum. *J Neurosci.* 2023;43(45):7554–64. doi:10.1523/JNEUROSCI.1451-23.2023
14. Spampinato DA, Casula EP, Koch G. The Cerebellum and the Motor Cortex: Multiple Networks Controlling Multiple Aspects of Behavior. *Neuroscientist.* 2023. doi:10.1177/10738584231189435
15. Henschke JU, Pakan JMP. Engaging distributed cortical and cerebellar networks through motor execution, observation, and imagery. *Front Syst Neurosci.* 2023;17:1165307. doi:10.3389/fnsys.2023.1165307
16. Van Overwalle F, Manto M, Cattaneo Z, et al. Consensus paper: cerebellum and social cognition. *Cerebellum.* 2020;19(6):833–868. doi:10.1007/s12311-020-01155-1
17. Ahmadian N, van Baarsen K, van Zandvoort M, et al. The Cerebellar Cognitive Affective Syndrome—a Meta-analysis. *Cerebellum.* 2019;18(5):941–50. doi:10.1007/s12311-019-01060-2
18. Argyropoulos GPD, van Dun K, Adamaszek M, et al. Schmahmann. The Cerebellar Cognitive Affective/Schmahmann Syndrome: a Task Force Paper. *Cerebellum.* 2019;19(1):102–25. doi:10.1007/s12311-019-01068-8
19. Schmahmann JD, Guell X, Stoodley CJ, et al. The theory and neuroscience of cerebellar cognition. *Annu Rev Neurosci.* 2019;42:337–364. doi:10.1146/annurev-neuro-070918-050258

20. Adamaszek M, Manto M, Schutter DJLG. Introduction into the Role of the Cerebellum in Emotion. *Adv Exp Med Biol.* 2022;1378:3–12. doi:10.1007/978-3-030-99550-8_1
21. Ciapponi C, Li Y, Osorio Becerra DA, Rodarie D, et al. Variations on the theme: focus on cerebellum and emotional processing. *Front Syst Neurosci.* 2023;17:1185752. doi:10.3389/fnsys.2023.1185752
22. Snider RS, Maiti A, Snider SR. Cerebellar pathways to ventral midbrain and nigra. *Exp Neurol.* 1976;53(3):714–28. doi:10.1016/0014-4886(76)90150-3
23. Ernst TM, Broil AE, Gratz M, et al. The cerebellum is involved in processing of predictions and prediction errors in a fear conditioning paradigm. *eLife.* 2019;8:e46831. doi:10.7554/eLife.46831
24. Urrutia Desmaison JD, Sala RW, Ayyaz A, et al. Cerebellar control of fear learning via the cerebellar nuclei—Multiple pathways, multiple mechanisms? *Front Syst Neurosci.* 2023;17:1176668. doi:10.3389/fnsys.2023.1176668
25. Bouret S, Paradis E, Prat S, et al. Linking the evolution of two prefrontal brain regions to social and foraging challenges in primates. *eLife.* 2024;12:e87780.4. doi:10.7554/eLife.87780.4
26. Gidon A, Zolnik TA, Fidzinski P, et al. Dendritic action potentials and computation in human layer 2/3 cortical neurons. *Science.* 2020;367(6473):83–7. doi:10.1126/science.aax6239
27. Sepp M, Leiss K, Murat F, et al. Cellular development and evolution of the mammalian cerebellum. *Nature.* 2023. doi:10.1038/s41586-023-06884-x
28. Dennis MY, Harshman L, Nelson BJ, et al. The evolution and population diversity of human-specific segmental duplications. *Nat Ecol Evol.* 2017;1(3). doi:10.1038/s41591-016-0069
29. Khan TA, Revah O, Gordon A, et al. Neuronal defects in a human cellular model of 22q11.2 deletion syndrome. *Nat Med.* 2020;26(12):1888–98. doi:10.1038/s41591-020-1043-9
30. Corballis MC. How Asymmetries Evolved: Hearts, Brains, and Molecules. *Symmetry.* 2021;13(6):914. doi:10.3390/sym13060914
31. Sawada K, Kamiya S, Aoki I. Asymmetry of Cerebellar Lobular Development in Ferrets. *Symmetry.* 2020;12(5):735. doi:10.3390/sym12050735
32. Zhang Y, Wu X. Asymmetries of cerebellar lobe in the genus Homo. *Symmetry.* 2021;13(6):988. doi:10.3390/sym13060988
33. Williams CM, Peyre H, Toro R, et al. Comparing brain asymmetries independently of brain size. *NeuroImage.* 2022;254:119118. doi:10.1016/j.neuroimage.2022.119118
34. Diedrichsen J, Balsters JH, Flavell J, et al. A probabilistic MR atlas of the human cerebellum. *NeuroImage.* 2009;46(1):39–46. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.01.045
35. Neubauer S, Gunz P. Endocasts and the evo-devo approach to study human brain evolution. In: *Digital Endocasts: From Skulls to Brains.* Springer; 2018:173–190. doi:10.1007/978-4-431-56582-6_12
36. Tomasi D, Volkow ND. Associations between handedness and brain functional connectivity patterns in children. *Nat Commun.* 2024;15(1). doi:10.1038/s41467-024-46690-1
37. Sultana OF, Bandaru M, Islam MA, et al. Unraveling the complexity of human brain: Structure, function in healthy and disease states. *Ageing Res Rev.* 2024;100:102414. doi:10.1016/j.arr.2024.102414
38. Barron AB, Halina M, Klein C. Transitions in cognitive evolution. *Proc R Soc B.* 2023;290(2002). doi:10.1098/rspb.2023.0671
39. Kelley KW, Paşca SP. Human brain organogenesis: Toward a cellular understanding of development and disease. *Cell.* 2022;185(1):42–61. doi:10.1016/j.cell.2021.10.003
40. Cakir B, Xiang Y, Tanaka Y, et al. Engineering of human brain organoids with a functional vascular-like system. *Nat Methods.* 2019;16(11):1169–1175. doi:10.1038/s41592-019-0586-5
41. Bian Z, Gong Y, Huang T, et al. Deciphering human macrophage development at single-cell resolution. *Nature.* 2020;582(7813):571–6. doi:10.1038/s41586-020-2316-7
42. Buzsáki G, Tingley D. Cognition from the Body-Brain Partnership: Exaptation of Memory. *Annu Rev Neurosci.* 2023;46(1). doi:10.1146/annurev-neuro-101222-110632
43. Koziol LF, Budding D, Andreasen N, et al. Consensus Paper: The Cerebellum's Role in Movement and Cognition. *Cerebellum.* 2013;13(1):151–77. doi:10.1007/s12311-013-0511-x
44. Bizzotto S, Dou Y, Ganz J, et al. Landmarks of human embryonic development inscribed in somatic mutations. *Science.* 2021;371(6535):1249–54. doi:10.1126/science.abe1544
45. Berg J, Sorensen SA, Ting JT, et al. Human neocortical expansion involves glutamatergic neuron diversification. *Nature.* 2021;598(7879):151–8. doi:10.1038/s41586-021-03813-8
46. Zhong S, Ding W, Sun L, et al. Decoding the development of the human hippocampus. *Nature.* 2020;577(7791):531–6. doi:10.1038/s41586-019-1917-5

Characteristics and significance of cerebellum`s evolutionary changes, as a part of central nervous system, during the evolution of the human brain:part 2

Nataliia Nevmerzhytska, Maria, Kharchenko Marta Prokopiv

Histology and Embriology Department, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Corresponding Author:

Nataliia Nevmerzhytska

natalianmu@ukr.net

Abstract: This section of the article explores the evolutionary aspects of cerebellar and cerebral development in *Homo sapiens*, with a focus on their role in the emergence of complex cognitive, emotional, and social functions. Traditional views of the "triune brain," which divide it into reptilian, limbic, and neocortical parts, are increasingly criticized for overlooking the dynamic and interdependent nature of brain structures. Instead of a hierarchy of "old" and "new" regions, modern science presents the brain as a single integrated system, where the cerebellum performs functions that go far beyond motor control. The cerebellum is involved in processes of learning, emotional regulation, working memory, language, social cognition, and higher cognitive functions. Its lateral regions exhibit a complex organization of multi-level, multisynaptic connections with the associative areas of the cerebral cortex, including the prefrontal regions, which play a key role in planning, decision-making, self-reflection, and modeling social scenarios. This indicates the deep involvement of the cerebellum in shaping mental activity traditionally attributed exclusively to the neocortex. Evolutionarily, the cerebellum in *Homo sapiens* demonstrates remarkable anatomical and functional complexity. Studies have revealed its pronounced asymmetry, which is associated with the lateralization of cognitive functions such as language, memory, spatial reasoning, emotional reactivity, and the ability to make predictions. Differences between the cerebellar hemispheres can be seen as an adaptive mechanism for improving information processing efficiency—crucial for the development of flexible behavior and intellectual creativity. It is important to emphasize the connection between cerebellar development and mental health: dysfunction of this structure is associated with a wide range of neurological and psychiatric disorders, including autism, schizophrenia, anxiety disorders, depression, and cognitive impairments. The cerebellum is involved not only in regulating behavioral responses but also in enabling social interaction. Its contribution to the development of language abilities, emotional expressiveness, strategic thinking, and abstract reasoning highlights its significance in the context of human intellectual evolution. Thus, the evolution of the cerebellum is a complex biological process that plays a decisive role in the cognitive expansion of humans. Its involvement in prediction, probabilistic thinking, empathy, and strategic planning makes it a central element in understanding human uniqueness. Further interdisciplinary research on the cerebellum has the potential to open new horizons in the study of consciousness, neuroplasticity, cultural evolution, and the mental health of modern society.

Keywords: Brain, cerebellum, cognitive functions, communication, emotions, evolution, neuromorphology, neuropsychology.



Copyright: © 2025 by the authors;
licensee USMYJ, Kyiv, Ukraine.

This article is an open access
article distributed under the terms

and conditions of the Creative Commons Attribution License
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).