

UDC: 611.81:575.8:159.942

<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.2.2025.268-273>

Received: May 01, 2025

Accepted: June 12, 2025

## Особливості та значення еволюційних змін мозочка, як частини центральної нервової системи, у ході еволюції головного мозку людини: частина 1

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](mailto:natalianmu@ukr.net)

**Анотація:** еволюція мозку, а зокрема мозочка як ключового елементу центральної нервової системи (ЦНС), є важливим напрямом сучасних наукових досліджень у нейробіології, антропології, психології та медицині. Особлива увага приділяється ролі мозочка у формуванні когнітивних, емоційних і соціальних функцій людини, а також його унікальним морфо-функціональним характеристикам, які зазнали значних змін в процесі еволюції *Homo sapiens*. Саме еволюційні зміни мозочка забезпечили появу нових адаптивних можливостей, серед яких – оптимізація соціальної поведінки, когнітивного контролю, моторної координації та сенсорної інтеграції. Морфологічні дослідження мозочка виявили, що його структура і функції значно ускладнились, що дозволяє пояснити появу високорозвинених форм пізнання та поведінки. Зокрема, дослідження НАР-областей (областей прискороного розвитку людини) свідчать про значний генетичний вплив на еволюцію мозочка, вказуючи на наявність регуляторних елементів, специфічних для виду *Homo sapiens*. Сучасна морфо-функціональна характеристика мозочка демонструє його складну будову, що включає численні частки та шари, кожен з яких виконує специфічні функції. Завдяки такій організації, мозочок інтегрує сенсомоторні сигнали, координує рухи, а також бере участь у немоторних функціях: мовленні, пам'яті, соціальному мисленні, емоціях. Особлива увага приділяється функціональній асиметрії мозочка та його взаємодії з іншими структурами головного мозку, що має вирішальне значення у вивченні нейропсихологічних процесів. Ураження мозочка проявляються у вигляді широкого спектру симптомів, що варіюють від дискоординації рухів до емоційної лабільності та соціальних дисфункцій. Отже, вивчення еволюційних змін мозочка має не лише академічне, але й практичне значення для діагностики та терапії нейропсихіатричних і нейродегенеративних розладів. Значну частину дослідження присвячено порівняльному аналізу мозку *Homo erectus*, як важливої еволюційної ланки, і мозку сучасної людини. Зміни, що відбулися протягом глобуляризації мозку, сприяли появі тім'яних та мозочкових випинань, які асоціюються з появою складних пізнавальних здібностей, таких як абстрактне мислення, мова, здатність до планування та адаптації до змінних умов середовища. Саме ці характеристики відрізняють *Homo sapiens* від неандертальців і попередніх гомінінів. Глобулярна форма мозку, яка сформувалась протягом останніх 100 000 – 35 000 років, стала визначальною у розвитку сучасного людського інтелекту. Окрім цього, збільшення об'єму мозочка та його численні зв'язки з іншими ділянками мозку забезпечили ускладнення функціонального профілю мозочка – від участі у тонкій моторній координації до формування соціальних зв'язків і комунікації. Ці аспекти відіграли ключову роль у становленні людини як соціальної істоти, здатної до самоусвідомлення, абстракції, творчості та культурного розвитку. Таким чином, мозочок виступає не лише як двигун моторної активності, але і як критичний центр інтеграції інформації, що забезпечує когнітивну складність, соціальну взаємодію та емоційне самовираження *Homo sapiens*, і є ключовим у розумінні еволюційних витоків людського розуму.

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

## **Вступ**

Еволюція мозку, зокрема розвиток мозочка як частини центральної нервової системи (ЦНС), є однією з основних тем при дослідженнях когнітивних функцій, емоційних реакцій та соціальної поведінки людини [1-2]. Еволюційні зміни головного мозку загалом, та мозочка зокрема, дозволяють не лише пояснити відмінності між людьми та іншими приматами, але й зрозуміти, як еволюція сприяла виникненню специфічних для людини когнітивних навичок, необхідних для складної соціальної взаємодії та розвитку культури [3]. Актуальність вивчення еволюційних змін мозочка обумовлена тим, що саме цей відділ центральної нервової системи сприяє формуванню таких унікальних здібностей *Homo sapiens* для адаптації до нових умов як оптимізація когнітивно-соціального контролю, передбачення, фокусування уваги, автоматичність плавності, відповідності та швидкості руху та пізнання, витончене рухове та соціальне пізнання тощо [4-5]. Вивчення особливостей еволюційного розвитку мозку є критично важливими не лише для нейробіології та антропології, але й для психології та медицини, оскільки сприяє розвитку нових підходів до лікування захворювань нервової системи, в тому числі і нейродегенеративних, розповсюдженість яких наразі неупинно зростає [6].

## **Мета дослідження**

Охарактеризувати особливості та значення еволюційних змін мозочка.

## **Матеріали та методи**

Проаналізовано сучасні та фундаментальні наукові роботи з електронних ресурсів PubMed та Google Academy щодо еволюційних змін мозку та мозочка.

## **Результати та обговорення**

Розуміння механізмів функціональної асиметрії мозочка та його взаємодії з іншими структурами мозку є критично важливим для сучасних досліджень також у таких галузях як нейропсихологія та еволюційна біологія [7]. Генетична основа еволюційних змін, що впливають на мозок людини, залишається значною мірою невідомою [3, 8-10], однак нещодавні порівняльні геномні дослідження виявили більше 3100 послідовностей ДНК з потенційно специфічними для людини функціями, які, як передбачається, відіграють певну роль у цьому процесі [9, 11]. Ці частини ДНК, у сукупності звані областями прискореного розвитку людини (HAR- human accelerated regions), є найбільш швидко еволюціонуючими регіонами людського геному, та є висококонсервативними серед ссавців, які не є людьми, однак показують швидкі зміни послідовностей вибірково в людській лінії. HAR в основному некодуючі і функціонують як специфічні для людини регуляторні елементи, які координують точні просторово-часові патерни експресії генів при еволюції мозку людини [9].

## **Морфо-функціональна характеристика мозочка.**

Мозочок людини розташований під великим мозком, в задній черепній ямці [12], є важливою двосторонньою анатомічною структурою, що пов'язана з великим мозком і стовбуром мозку [13]. Складки сірої речовини, які називають листками мозочка, утворюють ліву, праву та центральну (вермальну) частки. Ці частки поділяють на часточки: I-II, III, IV, VI, Crus I, Crus II, VIIb, VIIIA, VIIIB, IX та X, кожна з яких виконує певні функції [13-14]. Мозочок займає близько 1/8 – 1/10 обсягу всієї ЦНС [12] та складається з кори, яка інтегрує та обробляє сенсомоторну інформацію, і ядер, які направляють цю інформацію з мозочка в інші відділи ЦНС [15]. Кора мозочка організована в три шари: гранулярний шар, шар клітин Пуркін'є та молекулярний шар. Клітини Пуркін'є є єдиними вихідними нейронами кори мозочка, активність клітин Пуркін'є регулюється збуджуючим входом від паралельних волокон і ліановидних волокон, а також локальним гальмівним входом від інтернейронів молекулярного шару [16-17]. Площа поверхні кори мозочка складає біля 1590 см<sup>2</sup>, що складає 78%-80% від загальної площі поверхні неокортексу людини [17-19] (це біля 69 мільярдів нейронів [3]). Мозочок інтегрує сенсорні сигнали, отримані з різних частин тіла та кори головного мозку, що дозволяє точно коригувати й координувати рухи [12]. Основні рухові функції мозочка включають баланс, координацію довільних рухів та регуляцію м'язового тону [9]. Пізніші дослідження показали, що мозочок також бере участь у багатьох немоторних функціях, таких як мова, навчання, просторове сприйняття, робоча пам'ять, соціальне мислення/взаємодія, емоційні реакції тощо [2, 13, 20]. Отож, мозочок бере участь у більшості функцій нервової системи: сенсомоторній, вестибулярній, когнітивній, емоційно-соціально-психологічній та автономній, і ураження його різних частин впливають на кожну з цих функцій нервової системи [21]. Морфологічні зміни мозочка та аберації в цереброцеребелярних ланцюгах виявляють не лише при черепно-мозкових травмах, гострих порушеннях мозкового кровообігу та паранеопластичних захворюваннях, але й у пацієнтів з розладами аутистичного спектру [22], посттравматичним стресовим розладом, маніфестній або преманіфестній шизофренії, [23] біполярному розладі [24] та інших нейропсихіатричних симптомах (панічні розлади, патологічний сміх і плач, емоційна лабільність, дисфорія, дратівливість) тощо [21]. Типовими патологічними мозочковими симптомами при порушенні функції останнього вважаються дискоординація рухів та мозочкова гіпотонія, надмірна амплітуда рухів (дисметрія, гіперметрія), тремор при досягненні цілей (інтенцій-

ний тремор), статико-локомоторна атаксія, дизартрія, ністагм [25].

*Homo erectus*, що жив від 1.9 мільйонів років до 143 000 років тому, є однією з найважливіших стадій еволюції людства. Цей вид мав більш великий розмір тіла та вміння користуватися знаряддями праці [26]. Він був одним з перших предків людини, який демонстрував риси, характерні для сучасних людей, і є важливою ланкою між більш ранніми видами, такими як *Australopithecus*, і сучасними людьми. Питання про те, чи *Homo erectus* безпосередньо став предком *Homo sapiens*, досі є дискусійними [27-28]. Деякі дослідники вважають, що *Homo erectus* міг бути безпосереднім предком *Homo sapiens*, інші – що це була окрема гілка, яка паралельно існувала з іншими ранніми людьми, такими як *Homo sapiens* або *Homo floresiensis* в таких регіонах, як Південно-Східна Азія [29]. Особливо важливими є нові дослідження, що розглядають мозок *Homo erectus* та його зв'язок з когнітивними можливостями людини [30]. Морфологічні дослідження мозку свідчать про те, що мозочок цього виду був схожий на мозочок сучасних людей, що дозволяє припустити наявність у них більш складних соціальних та когнітивних навичок. Ці знання є важливими для розуміння того, як людина розвивала свої когнітивні та соціальні функції, і чому мозок *Homo erectus* став таким важливим етапом в еволюції [31]. *Homo sapiens* можна розділити на три групи відповідно до геологічного віку: ранні *Homo sapiens* (з Північної та Східної Африки), які жили приблизно від 300 000 до 200 000 років тому, левантійські та східноафриканські особини, які жили приблизно від 130 000 до 100 000 років тому, верхньопалеолітичні та геологічно наймолодші особини, вік яких становить приблизно від 35 000 до 10 000 [7, 32].

#### **Вплив глобуляризації мозку на морфо-функціональну характеристику мозочка**

S. Neubauer et al. у своєму дослідженні аналізують еволюційні зміни мозку людини, особливо зосереджуючись на процесі глобуляризації, який розрізняє мозок сучасних людей та неандертальців [7, 32]. Результати та аналіз черепно-лицевої морфології та розвитку зубів підтверджують, що ранні представники *Homo sapiens* не мали сучасної глобулярної форми мозку, яка характерна для сучасних людей, а їхній мозок перебував на проміжному етапі розвитку між *Homo erectus* і неандертальцями [7]. У порівнянні з мозком сучасної людини *Homo erectus* демонструє значні морфологічні відмінності. До них відносяться не значна висота мозку (верхньо-нижній розмір), видовжені (збільшений передньо-задній розмір) та розширені пропорції мозку, менш розвинені скронево-тім'яні ділянки та вужчі лобові частки тощо

[33]. Глобуляризація, яка призвела до круглої форми мозку, встановилася в якийсь момент від 100 000 до 35 000 років тому. Виділяються дві особливості цього процесу: тім'яне та мозочкове випинання [7, 32, 34]. Сучасні люди мають кулястий мозок і кулясті ендокласти з опуклими тім'яними, та збільшеними, округлими мозочковими областями [11, 32, 35-36]. Ендокласт (або мозковий ендокласт) являє собою зліпок внутрішньої частини мозкового черепа, який допомагає дослідити як людський мозок розвивався в процесі еволюції, проаналізувати особливості поверхні, розмір та форму головного мозку древніх людей [31]. Оскільки тім'яні області та мозочок беруть участь у таких важливих функціях, як координація рухів, робота та довготривала пам'ять, планування, мова або візуально-просторова інтеграція Neubauer, S., et al. висунули припущення, що глобуляризація мозку могла відіграти роль у появі таких унікальних поведінкових інновацій *Homo sapiens* як адаптація та виживання в мінливих умовах навколишнього середовища [7, 32, 35, 37] та здатність до абстрактного мислення [34-35, 38-39]. Вони відзначають, що глобулярна форма мозку *Homo sapiens*, є важливим фактором, що впливає на когнітивні здібності та поведінкові особливості людини [7, 11, 32].

#### **Вплив збільшення розміру мозочка та його зв'язків з іншими відділами головного мозку на ускладнення функцій мозочка**

Продовжуючи аналіз еволюційних змін мозочка у *Homo sapiens*, важливо зазначити, що збільшення його об'єму не лише корелює з появою унікальних когнітивних можливостей, а й з соціо-культурними аспектами життя ранніх людей, адже мозочок відповідає за інтеграцію соціальних сигналів, які є важливими для виживання у складних соціальних групах [2, 40-41]. Розвиток *Homo sapiens* пов'язаний з появою інструментів, мистецтва, а також соціальної структури – внутрішнього устрою суспільства або соціальної групи, що складається з певним чином розташованих, впорядкованих частин (в групі – соціальних індивідів, осіб), що знаходяться у соціальному зв'язку, взаємодіють між собою [42]. Крім того, збільшення розміру мозочка та зв'язків з іншими частинами мозку може бути пов'язане з розвитком навичок спілкування та використання мови у *Homo sapiens* [43], а відомо, що мова є важливим додатковим чинником у формуванні соціальних зв'язків і передачі знань [44, 37]. Зв'язки мозочка з іншими областями мозку численні та філогенетично мінливі [45].

#### **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. 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
2. Beuriat P-A, Cristofori I, Gordon B, et al. The shifting role of the cerebellum in executive, emotional and social processing across the lifespan. *Behav Brain Funct*. 2022;18(1):1-12. doi:10.1186/s12993-022-00193-5
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. Vandervert L, Manto M, Adamaszek M, et al. The evolution of the optimization of cognitive and social functions in the cerebellum and thereby the rise of Homo sapiens through cumulative culture. *Cerebellum*. 2024. doi:10.1007/s12311-024-01692-z
5. Carey MR. The cerebellum. *Curr Biol*. 2024;34(1):R7-R11. doi:10.1016/j.cub.2023.11.048
6. Невмержицька НМ, Яременко ЛМ. Характеристика стрептозототин-індукованої та окадаїн-індукованої експериментальних деменцій альцгеймеровського типу. *Український Науковий Медичний Молодіжний журнал (спец. випуск)*. 2024;147(2):98-104. doi:10.32345/SUPPLEMENT.2.2024.98-104
7. Neubauer S, Hublin J-J, Gunz P. The evolution of modern human brain shape. *Sci Adv*. 2018;4(1):eaao5961. doi:10.1126/sciadv.aao5961
8. Fair T, Pollen AA. Genetic architecture of human brain evolution. *Curr Opin Neurobiol*. 2023;80:102710. doi:10.1016/j.conb.2023.102710
9. Girskis KM, Stergachis AB, DeGennaro EM, et al. Rewiring of human neurodevelopmental gene regulatory programs by human accelerated regions. *Neuron*. 2021;109(17):2823-2836.e7. doi:10.1016/j.neuron.2021.08.005
10. Suzuki IK. Molecular drivers of human cerebral cortical evolution. *Neurosci Res*. 2020;151:1-14. doi:10.1016/j.neures.2019.05.007
11. Benítez-Burraco A, Theofanopoulou C, Boeckx C. Globularization and domestication. *Topoi*. 2016;37(2):265–278. doi:10.1007/s11245-016-9399-7
12. 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
13. Romero JE, Coupe P, Lanuza E, et al. Toward a unified analysis of cerebellum maturation and aging across the entire lifespan: A MRI analysis. *Hum Brain Mapp*. 2021. doi:10.1002/hbm.25293
14. Park MTM, Pipitone J, Baer LH, et al. Derivation of high-resolution MRI atlases of the human cerebellum at 3T and segmentation using multiple automatically generated templates. *Neuroimage*. 2014;95:217–231. doi:10.1016/j.neuroimage.2014.03.037
15. D’Angelo E, Antonietti A, Casali S, et al. Modeling the cerebellar microcircuit: new strategies for a long-standing issue. *Front Cell Neurosci*. 2016;10:176. doi:10.3389/fncel.2016.00176
16. 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
17. 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
18. Sereno MI, Diedrichsen J, Tachrount M, et al. The human cerebellum has almost 80% of the surface area of the neocortex. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2020;117(32):19538–19543. doi:10.1073/pnas.2002896117
19. Miall RC. Cerebellum: Anatomy and function. In: Conn PM, ed. *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical*. Springer; 2022:1563-1582. doi:10.1007/978-1-4614-1997-6\_38
20. 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
21. 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

22. Anteraper SA, Guell X, D'Mello A, et al. Disrupted cerebrocerebellar intrinsic functional connectivity in young adults with high-functioning autism spectrum disorder: a data-driven, whole-brain, high-temporal resolution functional magnetic resonance imaging study. *Brain Connect*. 2019;9(1):48–59. doi:10.1089/brain.2018.0581
23. Moberget T, Doan NT, Alnæs D, et al. Cerebellar volume and cerebellocerebral structural covariance in schizophrenia: a multisite mega-analysis of 983 patients and 1349 healthy controls. *Mol Psychiatry*. 2018;23(6):1512–1520. doi:10.1038/mp.2017.106
24. Shinn AK, Roh YS, Ravichandran CT, et al. Aberrant cerebellar connectivity in bipolar disorder with psychosis. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2017;2(5):438–448. doi:10.1016/j.bpsc.2016.07.002
25. Coolidge FL, Wynn T. The evolution of working memory. *L'Annee Psychol*. 2020;120(2):103. doi:10.3917/anpsy1.202.0103
26. Scanes CG, Toukhsati S. *Animals and Human Society*. Elsevier Science & Technology Books; 2017.
27. Kimbel WH, Villmoare B. From Australopithecus to Homo: the transition that wasn't. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016;371(1698):20150248. doi:10.1098/rstb.2015.0248
28. Árnason Ú, Hallström B. The reversal of human phylogeny: Homo left Africa as erectus, came back as sapiens sapiens. *Hereditas*. 2020;157(1):1. doi:10.1186/s41065-020-00163-9
29. Agbisit JB. *Early Humans in Southeast Asia*. The ASEAN; 2023.
30. Coquegniot H, Hublin J-J, Veillon F, et al. Early brain growth in Homo erectus and implications for cognitive ability. *Nature*. 2004;431(7006):299–302. doi:10.1038/nature02852
31. Zhang Y, Wu X. Asymmetries of cerebellar lobe in the genus Homo. *Symmetry*. 2021;13(6):988. doi:10.3390/sym13060988
32. 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
33. Hublin J-J, Neubauer S, Gunz P. Brain ontogeny and life history in Pleistocene hominins. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2015;370(1663):20140062. doi:10.1098/rstb.2014.0062
34. Beaudet A, d'Errico F, Backwell L, et al. A reappraisal of the Border Cave 1 cranium (KwaZulu-Natal, South Africa). *Quat Sci Rev*. 2022;282:107452. doi:10.1016/j.quascirev.2022.107452
35. Irurtzun A. The “globularization hypothesis” of the language-ready brain as a developmental frame for prosodic bootstrapping theories of language acquisition. *Front Psychol*. 2015;6:1817. doi:10.3389/fpsyg.2015.01817
36. Rappaport MB, Corbally CJ. Hypothesis and thought experiment: comparing cognitive competition of Neandertals and early humans, to our coming contest with AIs. *J Soc Comput*. 2024;5(2):122–131. doi:10.23919/jsc.2024.0012
37. Zhang Y, Li Z. Three-dimensional geometric morphometric study of the Xuchang 2 cranium. *J Hum Evol*. 2023;178:103347. doi:10.1016/j.jhevol.2023.103347
38. Vandervert L. How prediction based on sequence detection in the cerebellum led to the origins of stone tools, language, and culture and, thereby, to the rise of Homo sapiens. *Front Cell Neurosci*. 2018;12:408. doi:10.3389/fncel.2018.00408
39. Miller IF, Barton RA, Nunn CL. Quantitative uniqueness of human brain evolution revealed through phylogenetic comparative analysis. *eLife*. 2019;8:e41250. doi:10.7554/eLife.41250
40. Sivalingam AM, Pandian A. Cerebellar roles in motor and social functions and implications for ASD. *Cerebellum*. 2024. doi:10.1007/s12311-024-01720-y
41. D'Angelo E. The cerebellum gets social. *Science*. 2019;363(6424):229. doi:10.1126/science.aaw2571
42. Tattersall I. Endocranial volumes and human evolution. *F1000Res*. 2023;12:565. doi:10.12688/f1000research.131636.1
43. Moberget T, Ivry RB. Cerebellar contributions to motor control and language comprehension: searching for common computational principles. *Ann N Y Acad Sci*. 2016;1369(1):154–171. doi:10.1111/nyas.13094
44. Vandervert L. The prominent role of the cerebellum in the social learning of the phonological loop in working memory: how language was adaptively built from cerebellar inner speech required during stone-tool making. *AIMS Neurosci*. 2020;7(3):333–343. doi:10.3934/neuroscience.2020020
45. Striedter GF. Incorporating evolution into neuroscience teaching. *Front Educ*. 2023;8:1278279. doi:10.3389/educ.2023.1278279

## Characteristics and significance of cerebellum`s evolutionary changes, as a part of central nervous system, during the evolution of the human brain:part 1

Nataliia Nevmerzhytska, Maria, Kharchenko Marta Prokopiv

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

### Corresponding Author:

Nataliia Nevmerzhytska

[natalianmu@ukr.net](mailto:natalianmu@ukr.net)

**Abstract.** *The evolution of the brain, particularly the cerebellum as a key component of the central nervous system, represents a critical focus in modern research across neuroscience, anthropology, psychology, and medicine. Special attention is given to the cerebellum's role in shaping cognitive, emotional, and social functions, as well as its unique morphofunctional characteristics that have significantly transformed throughout Homo sapiens evolution. These evolutionary changes in the cerebellum enabled the emergence of new adaptive capacities, including optimization of social behavior; cognitive control, motor coordination, and sensory integration. Morphological studies have revealed the cerebellum's increasingly complex structure and functions, providing insight into the development of high-level cognition and behavior. Notably, investigations into HARs (human accelerated regions) suggest a strong genetic influence on cerebellar evolution, highlighting regulatory elements specific to Homo sapiens. The contemporary morphofunctional structure of the cerebellum demonstrates its intricate organization, consisting of multiple lobules and layers, each performing distinct functions. This organization allows the cerebellum to integrate sensorimotor signals, coordinate movement, maintain balance, and participate in non-motor functions such as speech, memory, social cognition, and emotions. Functional asymmetry and interactions with other brain regions are also crucial to understanding neuropsychological processes. Damage to the cerebellum manifests in a wide range of symptoms, from motor discoordination to emotional instability and social dysfunctions. In this context, studying cerebellar evolution holds not only academic but also practical value for diagnosing and treating neuropsychiatric and neurodegenerative disorders. A substantial portion of this study focuses on comparative analysis between the brains of Homo erectus—an important evolutionary link—and modern humans. Changes that occurred during brain globularization affected parietal and cerebellar protrusions, associated with advanced cognitive abilities such as abstract thinking, language, planning, and adaptation to changing environments. These characteristics differentiate Homo sapiens from Neanderthals and earlier hominins. The globular brain shape, which developed between 100,000 and 35,000 years ago, became a defining feature of modern human intellect. Moreover, the increased volume of the cerebellum and its numerous connections with other brain areas contributed to its functional complexity—from fine motor control to social bonding and communication. These aspects played a key role in the emergence of humans as social beings capable of self-awareness, abstraction, creativity, and cultural development. Thus, the cerebellum functions not only as a motor hub but also as a critical center for information integration, enabling cognitive complexity, social interaction, and emotional expression in Homo sapiens, and is essential for understanding the evolutionary roots of the human mind.*

**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/>).