

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КАЛІНІЧЕНКО МИХАЙЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 611.817.1:611.133.33.068(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ
ІНДИВІДУАЛЬНА АНАТОМІЧНА МІНЛИВІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО
СУДИННОГО РУСЛА МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

за спеціальністю 222 «Медицина»
галузь знань 22 «Охорона здоров'я»
спеціалізація 14.03.01 «Нормальна анатомія»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ М.О. Калініченко

Науковий керівник: Степаненко Олександр Юрійович, доктор медичних наук,
професор

Харків – 2024

АНОТАЦІЯ

Калініченко М. О. Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 «Медицина», спеціалізація «Нормальна анатомія». – Харківський національний медичний університет, Харків, 2024. Захист відбудеться у спеціалізованій вченій раді Харківського національного медичного університету.

Цереброваскулярні захворювання (ЦВЗ) є однією з найбільш поширених причин людської смертності та довготривалої інвалідизації в Україні та у всьому світі. Дотепер прогноз розвитку та перебігу ЦВЗ, ризику їх ускладнень залишається утрудненим. Це зумовлено різноманітністю патогенетичних механізмів, а також пов'язано з індивідуальними особливостями будови судинного русла. Кровопостачання мозочка забезпечується трьома парними артеріями: верхньою мозочковою артерією (ВМА), передньою нижньою мозочковою артерією (ПНМА) та задньою нижньою мозочковою артерією (ЗНМА), що починаються від основної та хребтових артерій, тобто належать до системи вертебробазиліарного басейну (ВББ). Внаслідок ураження артерій ВББ виникають близько 10-14% всіх судинних патологій головного мозку, перш за все ішемічних інфарктів, з локалізацією в різних відділах стовбура головного мозку, таламуса, потиличних часток кори головного мозку і мозочка. При судинній патології мозочка найбільш часто вражається територія ЗНМА (40%), а саме нижня поверхня півкуль мозочка. Зона ВМА (30-36%) – це вся верхня поверхня кори мозочка, більша частина білої речовини та іноді зубчасте ядро. Інфаркти у ділянці постачання ПНМА (12%) частіше за все з'являються на середніх мозочкових ніжках, інколи поширюючись на бічну поверхню моста або на кам'янисту поверхню та клаптик мозочка. Ще 12-18% складають випадки ураження одразу кількох регіонів.

Доведено, що серед причин розвитку судинної патології мозочка певна роль належить такій особливості будови судинного русла, як відсутність однієї із артерій: вона призводить до перерозподілу ділянок постачання між артеріями, що залишились; частіше зустрічаються випадки відсутності ЗНМА (до 42%), значно менше – ПНМА, тоді як випадки відсутності ВМА відносно рідкі (не більше 4%). Уразливими до розвитку судинної патології також вважаються подвоєння артерій; вони теж супроводжуються перерозподілом ділянок постачання; крім того, подвоєні судини мають менший діаметр. Однак інфаркти мозочка виникають і при наявності усіх шести артерій, що наводить на думку про вразливі варіанти структури судинного русла безпосередньо на поверхні мозочка, пов'язані з мінливістю меж ділянок постачання або особливостями розгалуження магістральних судин на дочірні гілки. Отже, для правильного діагностування та прогнозування розвитку інфарктів мозочка необхідно досконало знати та розуміти закономірності індивідуальної мінливості його артерій.

Дисертація присвячена встановленню особливостей та закономірностей індивідуальної мінливості структури поверхневого судинного русла мозочка людини: у роботі наведено теоретичне обґрунтування й нове вирішення актуального для медичної науки, зокрема – нормальної анатомії, наукового завдання, яке полягає у встановленні закономірностей індивідуальної мінливості структури поверхневого судинного русла мозочка людини *залежно від мінливості його форми.*

Дослідження виконане на 100 препаратах мозочка разом зі стовбуром мозку, що були отримані від трупів дорослих людей, які померли від причин, не пов'язаних з патологією мозку, та на магнітно-резонансних томограмах головного мозку 30 осіб, на яких не було виявлено видимої патології головного мозку.

Запропоновані два нових комплексні методи оцінювання форми мозочка: при морфометрії анатомічних препаратів і при морфометрії МР-томограм.

Метод оцінювання форми мозочка при морфометрії анатомічних препаратів полягає в вимірюванні лінійних розмірів (*ширини (W), довжини (L) та висоти (H)*) з подальшим розрахунком *відносних* розмірів (*відносної ширини rW , відносної*

довжини rL та відносної висоти мозочка rH) за формулами як відношення квадрату величини одного лінійного розміру до добутку величин двох інших: $rW = W^2 / (L \times H)$, $rL = L^2 / (W \times H)$ та $rH = H^2 / (W \times L)$. Величина відносного параметру визначає його внесок у форму і впливає на зовнішню будову мозочка; наскільки виражена та чи інша ознака – залежить від того, як сильно відхиляється від *середньої* величина відносного розміру, який на неї впливає. Так, *відносно широкі* мозочки мають великий діастаз між півкулями й мигдаликами, широкі задню і передню вирізки, тоді як у *відносно вузьких* мозочків задня вирізка має вигляд щілини, нижній черв'як не видно, або помітно одну його часточку, мигдалики щільно прилягають один до одного. Півкулі *відносно високих* мозочків масивні, утворюють гостру вершину. Протилежний їм тип – *відносно низькі* мозочки – виглядають сплющеними, схил черв'яка виступає над верхньою поверхнею півкуль. *Відносно довгі* мозочки мають глибоку передню вирізку. Хід звивин у них нагадує параболи. Навпаки, у *відносно коротких* об'єктів черв'як виступає наперед відносно переднього краю півкуль і тим самим зменшує глибину передньої вирізки.

Метод прижиттєвого оцінювання форми мозочка при морфометрії МР-томограм полягає в вимірюванні лінійних розмірів: *ширини* (W), *довжини* (L) та *висоти* (H) – на томограмах у трьох стандартних проекціях (у сагітальній – L_{sag} і H_{sag} , у корональній – W_{cor} і H_{cor} , в аксіальній – W_{ax} і L_{ax}), розрахунку їх співвідношень (W_{ax} / L_{ax} , W_{cor} / H_{cor} , L_{sag} / H_{sag}) і відносних параметрів (*відносної ширини*, *відносної довжини* та *відносної висоти мозочка* – W_r , L_r , H_r) за формулами: $W_r = (W_{ax} \times W_{cor}) / (L_{ax} \times H_{cor})$; $L_r = (L_{ax} \times L_{sag}) / (W_{ax} \times H_{sag})$ та $H_r = (H_{cor} \times H_{sag}) / (W_{cor} \times L_{sag})$. Аналіз форми мозочка сприяє прижиттєвому визначенню особливостей його будови, а саме: форми часточок, ходу борозн і щілин, тривимірної організації його ядер та ін.

Досліджено мінливість ВМА, ПНМА і ЗНМА – ділянок їх походження, кількості і зон кровопостачання. Для аналізу мінливості зон кровопостачання мозочка було запропоновано метод розподілу верхньої та нижньої поверхонь мозочка на сектори. Верхню поверхню півкулі мозочка було розділено на

латеральні, центральні і медіальні сектори передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок (quadrangular lateral (Q_l), quadrangular central (Q_c) і quadrangular medial (Q_m)) і сектори верхньої півмісяцевої часточки (superior semilunar lateral (S_l), superior semilunar central (S_c) і superior semilunar medial (S_m)). Нижню поверхню півкулі мозочка було розділено на сектор мигдалика (tonsil (T)), а також передні, центральні і задні сектори двочервцевої (biventral anterior (B_a), biventral central (B_c) і biventral posterior (B_p)), тонкої (gracile anterior (G_a), gracile central (G_c), gracile posterior (G_p)) і нижньої півмісяцевої часточки (inferior semilunar anterior (I_a), inferior semilunar central (I_c) і inferior semilunar posterior (I_p)). Встановлено, що у найбільш поширеному варіанті ВМА відходить від верхньої третини основної артерії, поширюючи свої гілки по всій верхній поверхні мозочка, а також на центральну часточку, верхівку, схил, листок і горб черв'яка. Класично ПНМА починається від нижньої третини основної артерії; її кінцеві гілки досягають секторів B_a, G_a і I_a. ЗНМА зазвичай починається від хребтової артерії, забезпечуючи кровопостачання секторів B_c, B_p, G_c, G_p, I_c, I_p. Окрім класичних варіантів, ми спостерігали подвоєння ВМА (одностороннє і двостороннє), походження ПНМА від середньої третини основної артерії або спільним сегментом з ЗНМА від основної артерії, подвоєння (двостороннє) і відсутність ПНМА, а також подвоєння і відсутність ЗНМА. При подвоєнні ПНМА, її зона кровопостачання розширюється до центральних секторів нижньої поверхні мозочка. За відсутності ПНМА, ЗНМА розширює свою зону кровопостачання, замінюючи її, і навпаки. Інколи відсутню або слабо розвинену ЗНМА замінювала однойменна артерія з протилежної півкулі. Вірогідність поширення гілок ПНМА на певні сектори нижньої поверхні мозочка зменшується спереду назад і з боків до центру, ЗНМА – навпаки. Описано три варіанти ходу артерій при походженні ПНМА і ЗНМА спільним сегментом від основної артерії.

Проаналізовано розподіл джерел кровопостачання часточок мозочка. Встановлено, що найменш постійними – мінливими – за джерелом кровопостачання ділянками мозочка є листок і горб черв'яка, а також передні сектори нижньої півмісяцевої, тонкої та двочервцевої часточок (I_a, G_a та B_a

відповідно). Уперше було встановлено особливості джерел кровопостачання часточок VII_f, VII_t черв'яка мозочка (листок та горб) і передніх секторів нижньої півмісяцевої (I_a), та тонкої (G_a) часточок в залежності від форми мозочка: вірогідність живлення листка і горба ВМА підвищується у групах відносно широких і низьких мозочків та знижується у групі відносно довгих; вірогідність кровопостачання секторів I_a та G_a ПНМА підвищується у групі відносно широких мозочків і знижується у групах відносно коротких та високих.

За допомогою морфометричного методу фрактального аналізу кількісно охарактеризовано розгалуженість артерій на верхній і нижній поверхнях мозочка і за допомогою фрактального індексу (ФІ) встановлено діапазон її мінливості; визначено інтервали значень ФІ, що відповідають найбільш розгалуженому, або *розсипному* (>1.73), найменш розгалуженому, або *магістральному* (<1.54) і проміжному між ними, або *перехідному* ($1.54 \div 1.73$) типам галуження артерій на поверхні мозочка. Встановлено, що верхній поверхні мозочка більш властивий магістральний або проміжний тип галуження артерій (діапазон $1.42 \div 1.79$; $M \pm S = 1.60 \pm 0.09$), тоді як нижній – проміжний або розсипний (діапазон $1.50 \div 1.82$; $M \pm S = 1.68 \pm 0.09$). Показано, що існує певний взаємозв'язок між формою мозочка та типом галуження артерій на його поверхнях. Вірогідність розсипного типу галуження збільшується при збільшенні відносної висоти мозочка, магістрального – при її зменшенні.

Встановлення взаємозв'язку між архітектонікою судин мозочка та особливостями будови мозочка людини дозволить отримати ранні прогностичні критерії щодо розвитку неврологічної патології та допоможе удосконалити діагностику та прогноз розвитку ускладнень у хворих із ЦВЗ.

Ключові слова: людина, головний мозок, мозочок, артерії, ангіоархітектоніка, верхня мозочкова артерія, передня нижня мозочкова артерія, задня нижня мозочкова артерія, МРТ, морфометрія, фрактальний аналіз, індивідуальна анатомічна мінливість.

SUMMARY

Kalinichenko M. O. Individual anatomical variability of the superficial vascular bed of the human cerebellum. – Qualifying scientific work submitted as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 222 – “Medicine”, specialization “Normal Anatomy”. – Kharkiv National Medical University, Kharkiv, 2024. The defense of the thesis will take place in the specialized academic council of Kharkiv National Medical University.

Cerebrovascular diseases (CVD) represent one of the most prevalent causes of human mortality and long-term disability in Ukraine and worldwide. To date, the prognosis of CVD development and course, as well as the risk of their complications, remains challenging. This difficulty arises from the diversity of pathogenetic mechanisms and the individual variability in the structure of the vascular bed. The blood supply to the cerebellum is provided by three paired arteries: the superior cerebellar artery (SCA), the anterior inferior cerebellar artery (AICA) and the posterior inferior cerebellar artery (PICA), originating from the vertebral and basilar arteries, which belong to the posterior circulation system. As a result of posterior circulation system artery lesions, approximately 10-14% of all cerebral vascular pathologies, primarily ischemic infarctions, occur, with localization in various regions of the brainstem, thalamus, occipital lobes of the cerebral cortex, and cerebellum. In cerebellar vascular pathology, the territory of the PICA is most frequently affected (40%), specifically the inferior surface of the cerebellar hemispheres. The infarction territory of the SCA (30-36%) includes the entire superior surface of the cerebellar cortex, most of the white matter, and occasionally the dentate nucleus. Infarctions in the area of the AICA (12%) most often occur in the middle cerebellar peduncles, sometimes extending to the lateral surface of the pons or the petrosal surface and flocculus of the cerebellum. Additionally, 12-18% of cases involve lesions in multiple regions simultaneously.

It has been established that among the causes of cerebellar infarctions, a certain role is attributed to a particular vascular anatomical feature, namely the absence of one of

the arteries. This feature leads to a redistribution of supply territories among the remaining arteries. Cases of absent PICA are more common (up to 42%), significantly less frequent are those of absent AICA, while occurrences of absent SCA are relatively rare (not exceeding 4%). Additionally, vascular pathology vulnerability is associated with arterial duplications, which also entail a redistribution of supply territories; moreover, duplicated vessels tend to have a smaller diameter. However, cerebellar infarctions can also occur in the presence of all six arteries, suggesting vulnerable variations in the vascular anatomy directly on the surface of the cerebellum, related to variability of boundaries of perfusion territories or peculiarities of branching of main vessels into smaller branches. Thus, for accurate diagnosis and prognosis of cerebellar ischemic infarctions, it is necessary to have a thorough understanding of the patterns of variable anatomy of its arteries.

The dissertation is dedicated to determining the features and patterns of individual variability in the structure of the superficial vascular bed of the human cerebellum: the study provides theoretical justification and a novel approach to addressing an issue pertinent to medical science, particularly – normal anatomy, a scientific task aimed at establishing patterns of individual variability in the structure of the superficial vascular network of the human cerebellum, *depending on variations in its shape*.

The research was conducted on 100 cerebellum samples, which include brainstem, they were obtained from adult human cadavers who died of causes unrelated to brain pathology; and on magnetic resonance images of the brain of 30 individuals without visible brain pathology.

Two comprehensive methods for evaluation of cerebellar shape were proposed: in morphometry of anatomical samples and in morphometry of MR images.

The method of the morphometry of anatomical samples involves measuring linear dimensions (*width (W)*, *length (L)*, and *height (H)*), calculating their ratios (shape factors: *width / length*, *width / height*, and *length / height* ratios) and calculating relative parameters (*relative width (rW)*, *length (rL)*, and *height (rH) of the cerebellum*) using the formulas as the ratio of the square of one linear dimension to the magnitude of the other two: $rW = W^2 / (L \times H)$, $rL = L^2 / (W \times H)$ та $rH = H^2 / (W \times L)$. It was found that shape

factors determine the external structure of the cerebellum in specific planes. The magnitude of the relative parameter determines its contribution to the shape and surface structure of the cerebellum; the degree to which a particular characteristic is expressed depends on the extent to which the relative parameter, which affects it, deviates from the *mean*. Thus, *relatively wide* cerebella exhibit a large diastasis between hemispheres and tonsils, broad posterior and anterior incisures, whereas in *relatively narrow* cerebella, the posterior incisure appears as a slit, the inferior vermis is not visible, or only a fragment is noticeable, and the tonsils tightly abut each other. The hemispheres of *relatively high* cerebella are massive, forming a sharp apex. In contrast, the opposite type - *relatively low* cerebella - appear flattened, with the declive of the vermis protruding above the superior surface of the hemispheres. *Relatively long* cerebella have a deep anterior incisure. The course of their gyri resembles parabolas. Conversely, in *relatively short* samples, the vermis protrudes anteriorly relative to the anterior margin of the hemispheres, thereby reducing the depth of the anterior incisure.

The method of MR images morphometry involves measuring linear dimensions (*width* (W), *length* (L) and *height* (H)) in three standard planes (in sagittal – L_{sag} and H_{sag} , in coronal – W_{cor} i H_{cor} , in axial – W_{ax} i L_{ax}), calculating their ratios ($W_{\text{ax}} / L_{\text{ax}}$, $W_{\text{cor}} / H_{\text{cor}}$, $L_{\text{sag}} / H_{\text{sag}}$) and relative parameters (*relative width*, *relative length* and *relative high of the cerebellum* – W_r , L_r , H_r) according to formulas: $W_r = (W_{\text{ax}} \times W_{\text{cor}}) / (L_{\text{ax}} \times H_{\text{cor}})$; $L_r = (L_{\text{ax}} \times L_{\text{sag}}) / (W_{\text{ax}} \times H_{\text{sag}})$ and $H_r = (H_{\text{cor}} \times H_{\text{sag}}) / (W_{\text{cor}} \times L_{\text{sag}})$. Analysis of the shape of the cerebellum contributes to the intravital determination of the features of its structure, namely: the shape of the lobules, the course of the sulci and fissures, the three-dimensional organization of its nuclei and others.

The variability of the origin, amount and perfusion territories of the SCA, AICA and PICA was analyzed. To investigate the variability of the perfusion territories of the cerebellum, a method of sectoral division of the superior and inferior surfaces of the cerebellum was proposed. The superior surface of the cerebellar hemisphere was divided into sectors of the quadrangular lobule (quadrangular lateral (Q_l), quadrangular central (Q_c) and quadrangular medial (Q_m)) and the sectors of the superior semilunar lobule (superior semilunar lateral (S_l), superior semilunar central (S_c) and superior semilunar

medial (S_m)). The inferior surface of the cerebellar hemisphere was divided into sector of the tonsil (T), sectors of the biventral lobule (biventral anterior (B_a), biventral central (B_c) and biventral posterior (B_p)), sectors of the gracile lobule (gracile anterior (G_a), gracile central (G_c), gracile posterior (G_p)) and the sectors of the inferior semilunar lobule (inferior semilunar anterior (I_a), inferior semilunar central (I_c) and inferior semilunar posterior (I_p)). It was established, that the most commonly, the SCA originates from the upper third of the basilar artery, distributing its branches across the entire superior surface of the cerebellum, including the central lobule, culmen, declive, folium and tuber of the vermis. Classically, AICA begins from the lower third of the basilar artery, with its terminal branches reaching sectors B_a , G_a and I_a . The PICA typically arises from the vertebral artery, supplying sectors B_c , B_p , G_c , G_p , I_c , I_p . In addition to the classical variations, we observed duplications of the SCA (unilateral and bilateral), the origin of the AICA from the middle third of the basilar artery or as a common segment with the PICA from the basilar artery, as well as duplication (bilateral) and absence of the AICA. We also noted duplications and absence of the PICA. In cases of duplication of the PICA, its perfusion territory expands towards the central sectors of the inferior surface of the cerebellum. In the absence of the AICA, the PICA enlarges its perfusion territory, replacing it, and vice versa. Occasionally, the absent or poorly developed PICA is replaced by a PICA from the opposite hemisphere. The probability of the extension of branches of the AICA onto specific sectors of the inferior surface of the cerebellum decreases from anterior to posterior and from the sides towards the center, while for the PICA there is an opposite trend. Additionally, we described three variations of the course of the arteries when both AICA and PICA originate as a common trunk from the basilar artery.

The distribution of blood supply sources to cerebellar lobules was analyzed. It was determined that the least consistent – variable – areas in terms of blood supply sources are folium and tuber of the vermis and sectors of the inferior semilunar, gracile and biventral lobules (I_a , G_a , B_a). Additionally, distinctive features of the blood supply sources of the VIIIf, VIIIt lobules (folium and tuber) and the anterior sectors of inferior semilunar and gracile lobules (I_a , G_a) were identified based on the shape of the cerebellum: the

probability of blood supply to the folium and tuber by the AICA increases in groups of relatively wide and relatively low cerebella, and decreases in the group of relatively long cerebella. The likelihood of blood supply to sectors I_a and G_a by the PICA increases in the group of relatively wide cerebella and decreases in groups of relatively short and relatively high cerebella.

Fractal analysis was used to quantitatively characterize the branching pattern of arteries on the superior and inferior surfaces of the cerebellum and the range of its variability was established using the fractal index. Intervals of fractal index values corresponding to the mixed (1.54 to 1.73), trunk (<1.54) and loose (>1.73) types of arterial branching on the cerebellar surface were determined. It was determined that the superior surface of the cerebellum is more characteristic of the trunk or mixed types (range 1.42 ÷ 1.79; $M \pm S = 1.60 \pm 0.09$) of arterial branching, whereas the inferior surface tends towards the mixed or loose types (range of 1.50 ÷ 1.82; $M \pm S = 1.68 \pm 0.09$). It has been demonstrated that there is a certain correlation between the shape of the cerebellum and the type of arterial branching on its surfaces. The likelihood of a loose type of branching increases with an increase in relative height and a decrease in relative length of the cerebellum, while the likelihood of a trunk type of branching decreases.

Establishing the relationship between the architecture of cerebellar vessels and the structural characteristics of the human cerebellum will provide early prognostic criteria for the development of neurological pathology and assist in improving the diagnosis and prognosis of complications in patients with CVD.

Keywords: human, cerebrum, cerebellum, arteries, angioarchitecture, superior cerebellar artery, anterior inferior cerebellar artery, posterior inferior cerebellar artery, morphometry, MRI, fractal analysis, individual anatomical variability.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. Reports of Morphology. 2023;29(4):11-18. doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-02 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*
2. Kalinichenko M, Stepanenko O. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories. Morphologia. 2024;18(1):41-48. doi.org/10.26641/1997-9665.2024.1.41-48 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*
3. Kalinichenko M, Stepanenko O. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2024;23(1):80-87. 10.24061/1727-0847.23.1.2024.12 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Orlova T, Kalinichenko M. Fractal properties of vessels. Topical issues of new medicines development: materials of the XXVIII International scientific and practical conference of young scientists and students dedicated to the 150th anniversary of the birth of M.O. Valyashka; 2021 Mar. 18-19; Kharkiv. Kharkiv: National University of Pharmacy; 2021. p. 216-217.
5. Калініченко М, Орлова Т. Фрактальний аналіз та лакунарність у дослідженні судинних структур. Інновації в медицині та фармації: збірник тез

доповідей 90-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2021 бер. 25-27; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет; 2021. с. 84.

6. Kalinichenko M. Morphological study of the cerebellum. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*; 2022 Oct. 15-17; Krakov, Poland. Krakow: 12th Neuronus Neuroscience Forum; 2022. p. 78.

7. Калініченко М. Модифікація методу підрахунку квадратів фрактального аналізу при морфометрії. Медицина третього тисячоліття: збірник тез міжвузівської конференції молодих вчених та студентів; 2023 лют. 13-15; Харків. Харків: ХНМУ, 2023. с. 352-353.

8. Kalinichenko M. A new formula to describe cerebellar shape. First step to science: XXth Scientific students and young scientists conference with international participation; 2023 Apr. 21-22; Vinnytsya. Vinnytsya: National Pirogov Memorial Medical University, 2023. p. 576-577.

9. Kalinichenko M. Evaluation of the shape of the human cerebellum in the morphometry of magnetic resonance images. Theory and practice of modern morphology: materials of the seventh all-Ukrainian scientific and practical conference with international participation; 2023 Nov. 1-3; Dnipro. Dnipro: Dnipro State Medical University, 2023. p. 37-38.

10. Kalinichenko M. Individual variability of cerebellar arteries of the human. Medicine of the third millennium: collection of abstracts of the interuniversity conference of young scientists and students; 2024 Jan. 15-17; Kharkiv. Kharkiv: Kharkiv National Medical University, 2024. p. 352-353.

11. Калініченко М. Взаємозв'язок лінійних розмірів мозочка і типу розгалуженості його артерій. Інновації в медицині та фармації: матеріали 93 науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2024 бер. 28-30; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет, 2024: с. 248.

12. Калініченко М. Мінливість судинного русла нижньої поверхні мозочка людини. Збірник тез VI Буковинського міжнародного медичного конгресу; 2024

квіт. 2-5; Чернівці. Чернівці: Буковинський державний медичний університет, 2024: с. 113.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

13. Калініченко М. Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури). Медицина сьогодні і завтра. 2021; 90(2):6-14. doi.org/10.35339/msz.2021.90.2.kmo *(Здобувачем проведений аналіз літературних джерел, підготовлена стаття до друку).*

14. Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. Acta Morphologica Et Anthropologica. 2023;30(3-4):78-86. 10.7546/AMA.30.3-4.2023.10 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

15. Kalinichenko M, Stepanenko O. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes. Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy). 2024. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4775243> *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ЗМІСТ	15
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	28
1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОЗВИТОК, БУДОВУ І ФУНКЦІЇ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ	28
1.2. ВЧЕННЯ ПРО ІНДИВІДУАЛЬНУ АНАТОМІЧНУ МІНЛИВІСТЬ	31
1.3. ОСОБЛИВОСТІ КРОВОПОСТАЧАННЯ МОЗОЧКА.....	32
1.3.1. Основні джерела кровопостачання	32
1.3.2. Зв'язок судинних патологій мозочка з особливостями його кровопостачання	35
1.3.3. Індивідуальна анатомічна мінливість артерій мозочка	36
1.3.4. Мінливість розподілу ділянок кровопостачання між артеріями мозочка	38
1.4. ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК МОРФОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ РОЗГАЛУЖЕННЯ СУДИННОЇ МЕРЕЖІ	40
1.5. ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ ФОРМИ МОЗОЧКА.....	41
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	46
2.1. МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ	46
2.2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	48
2.2.1. Дослідження препаратів мозочка	48
2.2.2. Вимірювання лінійних розмірів мозочка на магнітно-резонансних томограмах головного мозку	52
2.2.3. Фрактальний аналіз розгалуженості поверхневих судин мозочка	55
2.2.4. Статистична обробка отриманих даних	59
РОЗДІЛ 3 ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ, ФОРМИ І ЗОВНІШНЬОЇ БУДОВИ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ	61
3.1. ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ	61
3.2. ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ ФОРМИ І ЗОВНІШНЬОЇ БУДОВИ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ	63
3.2.1. Показники, що визначають форму мозочка: співвідношення лінійних розмірів мозочка (фактори форми) та їх мінливість	63
3.2.2. Оцінювання форми мозочка: від факторів форми – до відносних параметрів мозочка	68

3.2.3. Показники, що визначають форму мозочка: відносні параметри мозочка	72
3.2.4. Мінливість зовнішньої будови мозочка людини.....	73
3.2.5. Закономірності мінливості форми та зовнішньої будови мозочка людини	74
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ КЛІНІЧНОЇ АНАТОМІЇ МОЗОЧКА: ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ МОЗОЧКА ПРИ МОРФОМЕТРІЇ МР ТОМОГРАМ.....	79
4.1. Мінливість лінійних розмірів мозочка.....	79
4.2. Мінливість факторів форми	81
4.3. Відносні параметри мозочка	85
РОЗДІЛ 5 ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ АРТЕРІЙ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ ТА ЗОН ЇХ КРОВОПОСТАЧАННЯ.....	92
5.1. Мінливість початку, ходу і ступеня розвитку артерій мозочка людини	92
5.2. Мінливість джерел кровопостачання мозочка людини.....	97
5.2.1. Верхня поверхня мозочка	97
5.2.2. Нижня поверхня мозочка	98
5.3. Мінливість розподілу ділянок кровопостачання у мозочків різної форми	103
5.3.1. Верхня поверхня мозочка	103
5.3.2. Нижня поверхня мозочка	106
РОЗДІЛ 6 ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗГАЛУЖЕНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ АРТЕРІЙ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ.....	110
РОЗДІЛ 7 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	118
7.1. Закономірності мінливості форми мозочка	118
7.2. Мінливість артерій мозочка, зон їх кровопостачання та її зв'язок із формою мозочка	123
7.3. Мінливість розгалуженості артерій верхньої та нижньої поверхонь мозочка та її зв'язок із формою мозочка	130
ВИСНОВКИ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	135
ДОДАТКИ.....	155
Додаток А Список публікацій здобувача	155
Додаток Б Апробація результатів дисертації	158
Додаток В Акти впровадження.....	159

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ВББ – вертебробазилярний басейн
- ВМА – верхня мозочкова артерія
- ЗМА – задня мозочкова артерія
- ЗНМА – задня нижня мозочкова артерія
- ІАМ – індивідуальна анатомічна мінливість
- МРТ – магнітно-резонансна томографія
- ОА – основна артерія
- ПНМА – передня нижня мозочкова артерія
- СЗ – сірі зони
- СС – спільний сегмент
- ФІ – фрактальний індекс
- ФПА – фрактальний індекс поверхневих артерій
- ХА – хребтова артерія
- ЦВЗ – цереброваскулярні захворювання
- V_a – передній сектор двочервцевої часточки
- V_c – центральний сектор двочервцевої часточки
- V_p – задній сектор двочервцевої часточки
- G_a – передній сектор тонкої часточки
- G_c – центральний сектор тонкої часточки
- G_p – задній сектор тонкої часточки
- I_a – передній сектор нижньої півмісяцевої часточки
- I_c – центральний сектор нижньої півмісяцевої часточки
- I_p – задній сектор нижньої півмісяцевої часточки
- rH / H_r – відносна висота
- rL / L_r – відносна довжина
- rW / W_r – відносна ширина
- S_c – центральний сектор верхньої півмісяцевої часточки

S_l – латеральний сектор верхньої півмісяцевої часточки

S_m – медіальний сектор верхньої півмісяцевої часточки

Q_c – центральний сектор передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок

Q_l – латеральний сектор передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок

Q_m – медіальний сектор передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно з класичними дослідженнями, функції мозочка полягають у регулюванні балансу, постави та координації м'язів; однак пізніше було встановлено, що до його функцій також належать когнітивні, такі як пам'ять [150], мовлення [123] і емоції [52]. Також мозочок було пов'язано з функцією ковтання у дорослих [141]. При цьому кожна з функцій мозочка локалізована у конкретних областях мозочка і функціонує в межах нейронної мережі [89, 151, 164]. На теперішній час ведуться дослідження морфології мозочка за для створення моделей його розвитку і відстеження періодів модифікації окремих функцій, зокрема у новонароджених та дітей [172, 177].

Розвиток мозочка починається приблизно з четвертого тижня вагітності і триває протягом першого постнатального року [170]. Базова мікроморфологія мозочка, що формується внаслідок проліферації нейронів, процесів міграції та диференціації, остаточно встановлюється приблизно на 20-й тиждень вагітності [113]. Протягом подальшого періоду до 40 тижня вагітності мозочок зазнає більш швидкого збільшення об'єму та складності поверхні, ніж інші структури головного мозку [70]. Внаслідок цього, особливості морфології мозочка на різних етапах внутрішньоутробного розвитку, такі як його лінійні розміри, ступінь розвитку окремих часточок, а також обсяг і форма, слугують орієнтирами для встановлення віку плода [53, 181, 183]. Останні дослідження також підтвердили значну роль мозочка у розвитку головного мозку [82, 176].

Функціональні і морфологічні зміни мозочка пов'язуються з різними неврологічними та психіатричними розладами [114, 137, 147], такими як аутизм, розсіяний склероз, аномалія Арнольда–Кіарі, мозочковий когнітивно-афективний синдром, хвороба Паркінсона, хвороба Альцгеймера та іншими. Проводяться дослідження для створення критеріїв норми діагностичних методів нейровізуалізації морфологічних змін мозочка (лінійних розмірів, зменшення маси та об'єму) [177].

Цереброваскулярні захворювання (ЦВЗ) є однією з найбільш поширених причин людської смертності та довготривалої інвалідизації в Україні та у всьому світі. Згідно статистики ВООЗ, ЦВЗ як причина смерті більше 15 останніх років залишається на другому місці серед країн із середнім та високим рівнями доходів та на п'ятому – із низьким рівнем доходів [179].

Патологія інтракраніальних артерій є важливою причиною інвалідності та смертності пацієнтів. Близько 10-14% всіх судинних патологій, перш за все ішемічних інфарктів, виникають внаслідок ураження артерій вертебробазиллярного басейну (ВББ) з локалізацією в різних відділах стовбура головного мозку, таламуса, потиличних часток кори головного мозку і мозочка [33].

Дотепер прогноз розвитку та перебігу ЦВЗ, а також ризику їх ускладнень залишається утрудненим. Це обумовлено різноманітністю патогенетичних механізмів, а також індивідуальною мінливістю будови судинного русла; попередні дослідження довели динамічний характер реагування судинної системи на різні патологічні стани [30, 33, 56, 125].

Кровопостачання мозочка забезпечується з основної та хребтових артерій, що належать до системи ВББ. Вони, у свою чергу, розподіляються на парні артерії: верхню мозочкову артерію (ВМА), передню нижню мозочкову артерію (ПНМА) та задню нижню мозочкову артерію (ЗНМА). Дані судини є відносно постійними за рахунок їх великого діаметру, але одна окрема артерія може домінувати над іншими, мати більшу розгалуженість та площу ділянок кровопостачання. У разі відсутності окремої артерії чи артеріальної гілки, конфігурація судинного русла перерозподіляється та забезпечує кровопостачання усіх ділянок мозочка за рахунок більшого розвитку інших гілок та їх анастомозів [49, 50].

Клінічна картина ЦВЗ при ураженні ВМА, ПНМА та ЗНМА різниться. Характеристика структур центральної нервової системи, в тому числі складної розгалуженої архітектури артерій, та їх індивідуальна анатомічна мінливість (ІАМ) є важливим критерієм, на який потрібно орієнтуватись під час діагностики, аналізу та прогнозуванні патологічних станів [8, 23, 28, 118]. Анатомічна мінливість артерій мозочка, подібно до такої інших структур нервової системи, може бути

пояснена особливостями їх ембріонального розвитку [115, 116, 153, 154, 174, 186]. Не останню роль у розвитку судинних розладів відіграють особливості розподілу ділянок кровопостачання у центральній нервовій системі кожного окремого індивідуума.

Аналіз варіантів розгалуженості артерій на поверхні мозочка дозволив виділити три типи поділу артерій: найбільш розгалужений (*розсипний*), найменш розгалужений (*магістральний*) і проміжний між ними (*перехідний*) [15-17]. Раніше визначення даних типів було суб'єктивним. Завдяки застосуванню методу фрактального аналізу була запропонована класифікація типів поділу артерій, яка базується на величині їх фрактального індексу (ФІ) [42].

Одним із проявів ІАМ органу є мінливість його форми. Визначення форми мозочка може базуватися на оцінюванні співвідношень його лінійних розмірів [40, 68, 155, 187]. Дослідження форми органів нервової системи, їх мінливості та взаємозв'язку з анатомічними структурами, що їх оточують, раніше проводились [64, 65]; подібні дослідження на мозочку нечисельні.

Таким чином, актуальним напрямком подальших досліджень є визначення взаємозв'язку форми мозочка людини з характером розподілення ділянок його кровопостачання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри гістології, цитології та ембріології Харківського національного медичного університету (ХНМУ) «Розробка нових методів оцінки морфофункціонального стану клітин, тканин та органів у нормі та патології», № державної реєстрації 0119U002911 та «Розробка клініко-морфологічних методів дослідження структур організму людини», № державної реєстрації 0123U100367. Автор є співвиконавцем даної теми. Тема дисертації затверджена Вченою радою ХНМУ (протокол №8 від 30 вересня 2020 р.) та Проблемною комісією МОЗ і НАМН України (протокол №8 від 30 вересня 2020 р.). Дисертаційне дослідження розглянуте і дозволене комісією з питань етики та біоетики Харківського національного медичного університету (протокол №4 від 15 вересня 2020 р. і протокол №17 від 07 лютого 2024 р.).

Мета роботи – встановити закономірності індивідуальної мінливості структури поверхневого судинного русла мозочка людини.

Завдання:

1. Дослідити індивідуальну мінливість лінійних розмірів мозочка, визначити критерії оцінювання форми мозочка при дослідженні анатомічних препаратів та морфометрії МР томограм та на підставі отриманих даних встановити індивідуальну мінливість форми мозочка людини.

2. Дослідити варіантну анатомію та особливості індивідуальної мінливості артерій мозочка людини; визначити розподіл ділянок їх кровопостачання на поверхнях мозочка людини, встановити діапазон індивідуальної мінливості – постійні і мінливі ділянки їх постачання.

3. Дослідити взаємозв'язок між розподілом зон кровопостачання і формою мозочка та на підставі отриманих даних встановити закономірності розподілу зон кровопостачання поверхневого судинного русла мозочка людини, пов'язані з мінливістю форми мозочка.

4. За допомогою морфометричного методу фрактального аналізу кількісно оцінити розгалуженість артерій на поверхні мозочка людини шляхом встановлення її фрактальної розмірності, визначити діапазон мінливості та встановити взаємозв'язок між величиною фрактального індексу та формою мозочка.

Об'єкт дослідження: індивідуальна анатомічна мінливість, мозочок людини.

Предмет дослідження: діапазон і закономірності індивідуальної мінливості структури поверхневого русла мозочка людини.

Методи дослідження: органометрія (визначення лінійних розмірів мозочка та анатомічних препаратів і на МР томограмах); цифрова фотографія; анатомічний аналіз (визначення початку та ходу судин, ділянок їх кровопостачання); морфометричний метод фрактального аналізу – для кількісного оцінювання ступеня розгалуженості структури поверхневого судинного русла мозочка в ділянках кровопостачання його артерій; статистичні – для статистичного оцінювання даних морфометрії, в тому числі: описова статистика – для

статистичного оцінювання діапазону мінливості значень досліджуваних величин; визначення статистичного закону розподілу значень досліджуваних величин – для розподілу на групи за величиною ознаки і для вибору статистичних методів оцінювання значущості відмінностей (параметричних або непараметричних); кореляційний і регресійний аналіз – для встановлення статистичного взаємозв'язку і закономірностей мінливості досліджуваних величин; розрахунок довірчих інтервалів – для визначення критеріїв норми досліджуваних величин; оцінювання значущості виявлених відмінностей.

Наукова новизна отриманих результатів

Удосконалено методику оцінювання форми мозочка людини при морфометрії анатомічних препаратів: уперше запропоновано формулу для визначення *відносних розмірів* мозочка за відношенням квадрату одного лінійного розміру до добутку двох інших. Встановлено, як саме величина відносного розміру впливає на форму і зовнішню будову мозочка.

Запропоновано новий спосіб вимірювання лінійних розмірів мозочка людини при морфометрії на МР томограмах, який полягає в побудові «обмежувального прямокутника». Удосконалено методику прижиттєвого оцінювання форми мозочка при морфометрії томограм, яка полягає в вимірюванні парних лінійних розмірів на томограмах у трьох стандартних проекціях, розрахунку їх співвідношень (W_{ax} / L_{ax} , W_{cor} / H_{cor} , L_{sag} / H_{sag}), і відрізняється тим, що додатково розраховуються відносні розміри (*відносна ширини, відносна довжини та відносної висоти мозочка* – W_r , L_r , H_r) за формулами: $W_r = (W_{ax} \times W_{cor}) / (L_{ax} \times H_{cor})$; $L_r = (L_{ax} \times L_{sag}) / (W_{ax} \times H_{sag})$ та $H_r = (H_{cor} \times H_{sag}) / (W_{cor} \times L_{sag})$.

Запропонований метод розподілу верхньої та нижньої поверхонь мозочка на сектори: латеральні, центральні і медіальні сектори передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок (Q_l , Q_c , Q_m) і верхньої півмісяцевої часточки (S_l , S_c , S_m), сектор мигдалика (T), а також передні, центральні і задні сектори двочеревцевої (B_a , B_c , B_p), тонкої (G_a , G_c , G_p) і нижньої півмісяцевої часточки (I_a , I_c , I_p). Це дозволило визначити особливості розташування поверхневих судин і уточнити зони кровопостачання та їх межі. Для кожної артерії визначено постійні

і мінливі ділянки постачання. Визначено особливості розподілу кінцевих гілок ПНМА і ЗНМА: вірогідність поширення гілок ПНМА на певні сектори нижньої поверхні мозочка зменшується спереду назад і з боків до центру, ЗНМА – навпаки. Виділено три типових варіанти ходу гілок ПНМА і ЗНМА при їх спільному походженні від основної артерії.

Розширено відомості щодо мінливості джерел кровопостачання окремих ділянок мозочка. Було встановлено, що мінливість джерел кровопостачання верхньої поверхні півкуль мозочка і скату черв'яка є незначною, основним джерелом є ВМА; джерела кровопостачання нижньої поверхні мозочка є більш мінливими, ніж верхньої. Уперше було виділено три групи зон живлення нижньої поверхні мозочка за вірогідністю живлення однією й тією самою артерією. Встановлено, що найменш постійними за джерелом кровопостачання ділянками мозочка є листок і горб черв'яка, а також передні сектори нижньої поверхні мозочка.

Отримано нові дані щодо розподілу артерій мозочка залежно від його форми. Було виявлено, що співвідношення джерел кровопостачання листка і горба, а також передніх ділянок нижньої півмісяцевої та тонкої часточки значущо різняться у мозочків різних форм.

Було встановлено наявність взаємозв'язку між формою мозочка та типом галуження артерій на його поверхнях. Показано, що вірогідність розсипного типу галуження збільшується при збільшенні відносної висоти мозочка, магістрального – при її зменшенні. Встановлено, що верхній поверхні мозочка більш властивий магістральний або проміжний тип галуження артерій, тоді як нижній – проміжний або розсипний.

Практичне значення

У результаті проведеного дослідження було з'ясовано особливості мінливості форми, джерел кровопостачання і розподілення артерій мозочка, що доповнить існуючі відомості. Отримані дані можуть бути використані для підготовки студентів медичних вищих навчальних закладів, інтернів та спеціалістів з анатомії, патологічної анатомії, неврології, нейрохірургії під час вивчення

нормальної анатомії ЦНС. Описані методи можуть бути застосовані для подальших морфологічних досліджень мозочка чи інших органів.

Дані про мінливість і зони кровопостачання ВМА, ПНМА і ЗНМА, представлені в цій роботі, також можуть бути використані у профілактиці і діагностиці неврологічних уражень, обранні тактики для оперативних утручань при неврологічних розладах, локалізації зон великих ішемічних інфарктів. Значна мінливість зон кровопостачання артерій мозочка перешкоджає надійній локалізації малих інфарктів, проте правильна ідентифікація ураженої території сприяє встановленню їх етіології.

Прижиттєве визначення форми мозочка сприятиме покращенню діагностики його захворювань з використанням магнітно-резонансної томографії (МРТ) і буде корисним при проведенні нейроморфологічних досліджень.

Установлені значення фрактальної розмірності форми мозочка або ступеня розгалуженості його судинного русла можуть бути використані в якості кількісних критеріїв норми стану цих структур мозочка під час діагностики захворювань ЦНС.

Тип розгалуженості судинної мережі може бути фактором ризику розвитку судинної патології мозочка: розсипний тип більш уразливий до ішемії, що обумовлено меншим середнім діаметром судин; магістральний – до тромбозу та емболії. Отримані дані слугуватимуть ранніми прогностичними критеріями щодо розвитку неврологічної патології та допоможуть удосконалити діагностику та прогноз розвитку ускладнень у хворих із ЦВЗ.

Результати роботи впроваджено у навчальний процес та наукову роботу кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії та кафедри гістології, цитології та ембріології Харківського національного медичного університету; кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії та кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету; кафедри анатомії людини та кафедри гістології та медичної біології Волинського національного університету імені Лесі Українки; кафедри гістології, цитології та ембріології та кафедри анатомії людини Івано-Франківського національного медичного університету; кафедри нормальної анатомії та кафедри

гістології, цитології та ембріології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького; кафедри анатомії людини Одеського національного медичного університету; Мережевого Інституту коморбідної патології Ротшильдівської академії наук.

Особистий внесок здобувача

Здобувачем самостійно визначено мету та завдання дослідження, розроблений його план, проведено патентний пошук та аналіз наукової літератури за темою дослідження. Здобувачем здійснений набір матеріалу, виконані морфологічні та морфометричні дослідження мозочків і МР томограм, проведене фотографування мозочків, виконана статистична обробка цифрових даних та їх аналіз, зроблені ілюстрації, написані і оформлені розділи дисертаційної роботи. Основні наукові положення дисертаційного дослідження належать здобувачу.

Апробація результатів дисертації

Результати, отримані в ході виконання дисертаційної роботи, було представлено на наступних наукових заходах: XXVII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Topical issues of new medicines development» (Харків, 2021 р., публікація тез), 91-ша конференція студентів та молодих вчених із міжнародною участю «Інновації в медицині та фармації» (Івано-Франківськ, 2021 р., публікація тез), 12th Neuronus Neuroscience Forum (Краків, Польща, 2022, презентація постеру), Міжвузівська конференція молодих вчених та студентів «Медицина третього тисячоліття» (Харків, 2023 і 2024 рр., дві усні доповіді), XX Наукова конференція студентів та молодих вчених з міжнародною участю «Перший крок в науку» (Вінниця, 2023 р., усна доповідь), Сьома всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Теорія та практика сучасної морфології» (Дніпро, 2023 р., усна доповідь), XI Bukovian international medical congress (Чернівці, 2024 р., публікація тез), 93 науково-практична конференція студентів та молодих вчених із міжнародною участю «Інновації в медицині та фармації» (Івано-Франківськ, 2024 р., публікація тез).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових робіт (з них 9 – одноосібно), зокрема 4 статті у наукових фахових виданнях України (з них 1 стаття – у виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою Scopus), 1 стаття – у закордонному науковому періодичному виданні морфологічного напрямку (Болгарія), що індексується міжнародною наукометричною базою Web of Science Biosis), 1 препринт – у мережі досліджень соціальних наук (Social Science Research Network), 9 тез доповідей – у матеріалах Всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота викладена на 170 сторінках друкованого тексту (із них – 115 сторінок основного тексту), складається із вступу, огляду літератури, опису матеріалу та методів дослідження, чотирьох розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, висновків, списку використаних джерел, двох додатків. Список використаних джерел містить 188 літературних посилань, у тому числі 51 – кирилицею, 137 – латиницею. Дисертація ілюстрована 21 таблицею, 57 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальні відомості про розвиток, будову і функції мозочка людини

Мозочок розташовується позаду від моста та довгастого мозку, займаючи велику частину задньої черепної ямки. Зверху мозочок відокремлений від потиличних часток великих півкуль головного мозку відростком твердої мозкової оболонки – наметом мозочка. Мозочок має дві симетричні півкулі, які з'єднуються меншою структурою посередині – черв'яком. Довжина черв'яка менше за довжину півкуль, тому на передньому краї між ними утворюється передня вирізка, а на задньому краї – задня. Також розрізняють передній, задній і латеральні кути на відповідних виступаючих ділянках країв [14, 45, 62].

Горизонтальна щілина розділяє півкулі мозочка на верхню (або задньо-верхню) та нижню поверхні. Верхня поверхня півкуль – це відносно рівний схил від вершини мозочка до нижніх поверхонь верхніх півмісяцевих часточок. Опукла нижня поверхня прилягає до довгастого мозку. Інколи виділяють також передню поверхню мозочка, де розташовані ніжки мозочка та дах четвертого шлуночка [14, 75].

Зовнішня поверхня мозочка вкрита вузькими складками кори, які називаються листками. Більша частина листків розташовані у горизонтальному напрямку [178]. Поверхня півкуль та черв'яка мозочка мають відносно набагато більше щілин та складок, ніж кора великих півкуль головного мозку. Вага мозочка складає близько 10% ваги головного мозку, натомість як площа зовнішньої поверхні мозочка становить майже 75% поверхні великих півкуль [60].

Трансверзальні щілини поділяють кору мозочка на групи листків (які також називаються часточками) та листки, а парамедіальні щілини відділяють черв'як мозочка від двох його півкуль. Дві глибокі щілини розділяють мозочок на частки: первинна щілина мозочка (*fissura prima*) розділяє передню і задню частки а

задньобічна щілина відокремлює клаптико-вузликову частку від решти мозочка. Менші щілини розмежовують півкулі та черв'як на 10 часточок. На сагітальному розрізі через черв'як помітно, що часточки радіально розходяться від вершини намета четвертого шлуночка [169].

Наприкінці дев'ятнадцятого-початку двадцятого століття Й. Ф. Меккель, В. Малакарн і К. Ф. Бурдах дали назви часточкам, які мали образно-порівняльний характер (вузлик, піраміда, язичок та ін.). У 1906 році Л. Болк розподілив часточки між двома півкулями та черв'яком, використовуючи принцип сагітальної неперервності. Ця номенклатура залишалася до 1972 року, коли О. Ларсел запропонував нумерацію часточок черв'яка зверху донизу від I до X з відповідністю до часточок півкуль (табл. 1.1), при цьому однойменні часточки черв'яка та обох півкуль розмежовані однією щілиною [109]. О. Ларсел запропонував принцип медіолатеральної неперервності, згідно з яким форма часточок півкуль мозочка визначається формою часточок черв'яка, а пластинки білої речовини, звивини, щілини та борозни, не перериваючись, переходять із однієї півкулі через черв'як на іншу півкулю. Проте у дослідженнях О. Ю. Степаненко і Н. М. Мар'єнко було виділено три варіанти будови часточок півкуль і черв'яка мозочка і встановлено, що даний принцип зберігається лише в часточках I–VI, що відповідають першій зоні. У другій зоні часточки VII–VIII півкуль з'єднані з відповідними часточками черв'яка, але не повторюють їх будову, у третій зоні часточки IX та X черв'яка та півкуль можна розглядати як окремі самостійні часточки [28].

Під корою мозочка знаходиться біла речовина. Структура галуження білої речовини мозочка нагадує дерево та має назву «дерево життя» («*arbor vitae cerebelli*»); звідси і назва «*folia cerebelli*». У білій речовині мозочка розташовані компактні скупчення сірої речовини – чотири ядра мозочка: ядро вершини, коркоподібне, кулясте і зубчасте ядро.

Таблиця 1.1.

Відповідність часточок черв'яка часточкам півкуль мозочка

Часточки черв'яка		Часточки півкуль	
I	Язичок мозочка (<i>lingula cerebelli</i>)	I	Вузечка язичка (<i>vinculum cerebelli</i>)
II	Центральна часточка (<i>lobulus centralis</i>)	II	Крило центральної часточки (<i>ala lobuli centralis</i>)
III		III	
IV	Вершина (<i>culmen</i>)	IV	Передня чотирикутна часточка (<i>l. quadrangularis anterior</i>)
V		V	
VI	Схил (<i>declive</i>)	VI	Задня чотирикутна часточка (<i>l. quadrangularis posterior</i>)
VII Af	Листок черв'яка (<i>folium vermis</i>)	Crus I	Верхня півмісяцева часточка (<i>l. semilunaris superior</i>)
VII At	Горб (<i>tuber</i>)	Crus II	Нижня півмісяцева часточка (<i>l. semilunaris inferior</i>)
VII B		VII B	Тонка часточка (<i>l. gracilis</i>)
VIII A	Піраміда (<i>pyramis</i>)	VIII A	Бічна частина двочеревцевої часточки (<i>l. biventer, pars lateralis</i>)
VIII B		VIII B	Присередня частина двочеревцевої часточки (<i>l. biventer, pars medialis</i>)
IX	Язичок (<i>uvula</i>)	IX	Мигдалик (<i>tonsilla cerebelli</i>)
X	Вузлик (<i>nodulus</i>)	X	Клаптик (<i>flocculus</i>)

1.2. Вчення про індивідуальну анатомічну мінливість

Вчення про ІАМ, як методологічну основу морфологічних досліджень, вперше було запропоновано у 1926 р. В.М. Шевкуненко і Ю.А. Філіпченко [47, 48] та мало розвиток у роботах їх послідовників [2, 3, 5, 7, 9, 10, 25]. В основі вчення є положення, що морфологічні ознаки кожної людини є індивідуальними і неповторними, проте основною його задачею є не вивчення окремих варіантів цих ознак, а встановлення між ними закономірностей. Різноманіття розмірів і форми органів зумовлюється генетично та реалізується різними шляхами в онтогенезі під впливом факторів зовнішнього середовища, що модифікують тіло людини [11, 12].

Усі варіанти, що може приймати анатомічна структура, входять до діапазону ІАМ. Конкретний набір цих варіантів, що спостерігаються з певною частотою, описуються терміном варіаційний ряд. На кінцях цього ряду розташовані однойменні анатомічні об'єкти, що максимально розрізняються між собою (крайні форми), усі варіанти між ними належать до проміжних форм [7, 47, 48]. Формування крайніх форм обумовлено особливостями умов життя людини і її практичними потребами.

На відміну від ранніх уявлень про анатомічну норму як середньо статистичний, найбільш частий варіант будови анатомічного об'єкта [26, 34], з розвитком вчення про ІАМ стали вважати, що анатомічною нормою є усі варіанти структури, що знаходяться в межах діапазону ІАМ і не супроводжуються порушенням функції [6]. В той час як варіанти за межами крайніх форм, що можуть супроводжуватися порушенням функції, описуються як аномалії. Відповідно, подібні відхилення від норми можуть виникати внаслідок порушення або затримки розвитку організму під впливом несприятливих факторів різного характеру [2, 7, 11-13].

В останні роки, вчення про ІАМ мало розвиток у роботах, присвячених встановленню закономірностей будови структур головного мозку та мозочка людини [4, 8, 13, 23, 27, 28, 31, 35-40, 43, 44, 46, 164].

1.3. Особливості кровопостачання мозочка

1.3.1. Основні джерела кровопостачання

Кровопостачання мозочка здійснюється за рахунок трьох парних артерій, кожна з яких належить до ВББ: верхньої мозочкової артерії (*a. cerebelli superior*), передньої нижньої мозочкової артерії (*a. cerebelli inferior anterior*) та задньої нижньої мозочкової артерії (*a. cerebelli inferior posterior*) [76].

ВМА починається від основної артерії (*a. basilaris*) перед її біфуркацією на парні задні мозкові артерії (*aa. cerebri posterior*, ЗМА) біля переднього краю моста [66]. Вона опускається під окоруховим нервом (*n. oculomotorius*) та огинає стовбур головного мозку. Потім ВМА проходить нижче блокового (*n. trochlearis*) і вище трійчастого нерва (*n. trigeminus*) і прямує уздовж з'єднання мосту і середнього мозку. Після того, як ВМА перетинає трійчастий нерв, вона розділяється на дві гілки: медіальну (мВМА) та латеральну (лВМА), які йдуть паралельно та медіальніше вільного краю намета мозочка (*tentorium cerebelli*) [66, 76, 160]. Потім обидві гілки ВМА проходять під наметом мозочка до мозочково-мезенцефальної борозни, де вони роблять кілька різких поворотів і дають початок передмозочковим артеріям. Останні кровопостачають білу речовину і зубчасте ядро мозочка (*nucleus dentatus*) [51, 145].

мВМА розділяється на дві гілки: медіальну та латеральну. Медіальна кровопостачає середній мозок і верхньомедіальну частину кори мозочка, латеральна – більш латеральну частину верхньої поверхні кори та верхні ділянки черв'яка, зокрема центральну часточку (*lobulus centralis*), верхівку (*culmen*), схил (*declive*) і листок (*folium vermis*). Також мВМА дає початок гілкам, які прямують уздовж верхніх мозочкових ніжок до зубчастого ядра, а іноді приймають участь у живленні інших глибоких ядер (*nucleus emboliformis*, *nucleus globosus*, *nucleus fastigii*) [66, 76].

лВМА кровопостачає найбільш латеральну ділянку верхньої поверхні кори мозочка, а саме задню чотирикутну, тонку та верхню півмісяцеву часточки. Кінцева глибока гілка лВМА також може досягати зубчастого ядра [51]. Від ВМА, мВМА

або лВМА також відходять перфоруючі артерії (aa. perforantes), які живлять глибокі ядра мозочка, ніжки мозочка та стовбур головного мозку [66, 76, 145].

ПНМА зазвичай походить від основної артерії, та найчастіше – від її каудальної третини [76, 87, 160]. Вона огинає міст, перетинає відвідний нерв (n. abducens) і прямує до центральної частини мосто-мозочкового кута, де зустрічається з лицевим (n. facialis) та присінково-завитковим (n. vestibulocochlearis) нервами [56]. Після того, як ПНМА проходить VIII нерв, від неї відходить внутрішня слухова артерія (a. labyrinthi), яка йде за VII та VIII нервами, та кровопостачає їх. ПНМА розділяється на дві гілки: ростральну та каудальну. Біфуркація відбувається у 66% випадків перед або у 33% після перетинання VII та VIII нервів [142].

Ростральна гілка проходить латерально над горизонтальною щілиною та клаптиком мозочка (flocculus cerebelli) на рівні середньої ніжки мозочка і живить верхню ділянку, прилеглу до мосто-мозочкової борозни та кам'янисту поверхню мозочка.

Каудальна гілка проходить під клаптиком та віддає гілки для кровопостачання нижньої частини кам'янистої поверхні кори навколо горизонтальної борозни. Потім вона проникає через нижню мосто-мозочкову борозну та проходить повз отвір Лущка. Після цього артерія прямує до кам'янистої поверхні півкуль мозочка та розгалужується по її передній частині [56, 76, 145].

Тож, головна роль ПНМА полягає у живленні покривки середнього мозку (tegmentum) та середніх мозочкових ніжок. Ця артерія має гілки до багатьох анатомічних структур, але, порівняно з ВМА, має меншу територію кровопостачання саме мозочка. До цієї території відносяться: передні поверхні тонкої часточки, верхньої та нижньої півмісяцевих часток та клаптик [56, 66].

ЗНМА зазвичай бере початок від хребтової артерії, а саме через 2 см після її проходу через тверду мозкову оболонку [76], і огинає міст від його задньої поверхні до передньолатерального краю. Потім ЗНМА прямує через під'язиковий нерв (n. hypoglossus) і у задньолатерального краю моста проходить язико-глотковий (n. glossopharyngeus), блукаючий (n. vagus) та додатковий (n. accessorius) нерви.

Артерія може проходити зверху, знизу, між цими нервами, або перетинати їх [145]. ЗНМА огинає мигдалик мозочка (*tonsilla cerebelli*) зпереду, зверху, а потім позаду, коли починає опускатися по латеральній поверхні моста. Між каудальною частиною мигдалика та дорсальною поверхнею моста артерія досягає верхнього мостового паруса (*velum medullare superius*) і судинного сплетіння (*plexus choroideus*) та робить петлю у краніальному напрямку. Ще одну петлю вона робить у каудальному напрямку уздовж нижньої частини черв'яка між нижнім мостовим парусом (*velum medullare inferius*) і ростральною частиною мигдалика мозочка. ЗНМА може розділитися на медіальну (мЗНМА) та латеральну (лЗНМА) гілки будь-де на відрізку між двома її петлями [66, 76]. Обидві гілки виходять на поверхню мозочка і розгалужуються по його корі.

мЗНМА кровопостачає піраміду (*pyramis vermis*), язичок (*uvula vermis*), вузлик (*nodulus vermis*), горб (*tuber vermis*), та іноді схил (*declivus vermis*) черв'яка, а також центральні ділянки півмісяцевої, тонкої часточки і мигдалик [56]. За даними M. Delion та авт, мЗНМА також живить нижню ділянку двочеревцевої часточки (*lobulus biventer*) [76].

лЗНМА кровопостачає нижню півмісяцеву і тонку часточки, а також передньобоківу ділянку мигдалика мозочка [56]. Стосовно двочеревцевої часточки існує декілька точок зору: L. Caplan та авт. вважає, що лЗНМА живить її нижні дві третини [66], а M. Delion та авт. – що верхню ділянку [76].

ЗНМА також віддає перфоруючі артерії до латеральної поверхні моста та оливи (*oliva*) і артерію судинного сплетіння (*a. choroidea*) [76]. ЗНМА кровопостачає ядро вершини мозочка (*nucleus fastigii*), і у 5% випадків може віддавати гілку для живлення зубчастого ядра [51].

Існує класифікація, яка розділяє ділянки артерій мозочка на сегменти. Назви сегментів відображають локалізацію кожного з них відповідно до анатомічних об'єктів, повз які проходять гілки артерій. Кожен сегмент може включати в себе декілька артеріальних гілок, залежно від кількості біфуркацій. Сегменти ВМА: передній мосто-середньомозковий, латеральний мосто-середньомозковий, мозочково-середньомозковий та кірковий. Сегменти ПНМА: передній мостовий,

латеральний мостовий, клаптико-ніжковий та кірковий. Сегменти ЗНМА: передній мостовий, латеральний мостовий, мигдалево-мостовий, тело-VELO-мигдалевий та кірковий [145]. За допомогою даної класифікації можна більш чітко визначити локалізацію дистальних аневризм. На відміну від попередніх аналогів [142], вона використовує нумерацію сегментів залежно від їх локалізації, що є більш зручним у застосуванні.

Таким чином, ВМА кровопостачає верхню поверхню мозочка (передню чотирикутну і задню чотирикутну, верхню півмісяцеву часточки), верхні ділянки черв'яка (центрально часточку, верхівку, схил і листок). Порівняно з ВМА, ПНМА має меншу територію кровопостачання саме мозочка (передні поверхні тонкої часточки, верхньої та нижньої півмісяцевих часточок та клаптик). ЗНМА живить піраміду, язичок, вузлик, горб та іноді схил черв'яка, а також центральні та нижні ділянки півмісяцевої, тонкої, двочервцевої часточки і мигдалик. Отже, існують ділянки, що постійно постачаються однією з трьох артерій, та ділянки на межі постачання декількох артерій, джерела постачання яких непостійні, або мінливі та потребують уточнення.

1.3.2. Зв'язок судинних патологій мозочка з особливостями його кровопостачання

Одне з перших місць серед найбільш частих причин смерті людей у всьому світі посідають хвороби системи кровообігу. ЦВЗ та серцево-судинні патології обумовлюють дві третини летальних випадків хвороб серед населення України [33]. Поширеною причиною цих випадків є ішемічні і геморагічні інфаркти.

Зона, що постачається ЗНМА, вражається найбільш часто (40% за M. Venti), страждає нижня частина півкуль мозочка [149, 173]. Територія інфарктів у зоні постачання ВМА (30-36%) – це вся верхня поверхня кори мозочка, більша частина білої речовини та іноді зубчасте ядро [148, 149]. Інфаркти в ділянці постачання ПНМА – найрідкісніші інфаркти ВББ. Вони у більшій кількості випадків з'являються на середніх мозочкових ніжках (*pedunculus cerebellaris medius*), інколи

поширюючись на бічну поверхню моста або на кам'янисту поверхню та клаптик мозочка [69, 130].

Отже, для правильного діагностування та прогнозування розвитку судинних патологій мозочка необхідно знати та розуміти закономірності індивідуальної мінливості артерій мозочка, які можуть обумовлювати особливості етіопатогенезу цих патологій.

1.3.3. Індивідуальна анатомічна мінливість артерій мозочка

Першим проявом мінливості артерій мозочка є мінливість походження цих судин. ВМА є найбільш постійною [166]. Декілька авторів спостерігали походження цієї артерії від місця, де від основної артерії починається початковий сегмент задньої мозкової артерії (ЗМА) [142], або безпосередньо від першого сегменту ЗМА з одного або з двох боків. У останньому варіанті хід артерії також змінюється: ВМА проходить над окоруховим нервом [76, 145]. У разі подвоєння ВМА обидві гілки, мВМА і лВМА можуть походити від основної артерії або від ЗМА [66].

J. Ogeng`o у дослідженні на 284 артеріях виявив 10 випадків (2.5%) походження ВМА і ПНМА спільною гілкою [131].

Другий за частотою варіант початку ПНМА – від медіальної третини основної артерії – зустрічається у 39% випадків [87]. R. Singh та авт. зазначає, що ПНМА може починатися від хребтової артерії, і цей варіант зустрічається частіше, коли ЗНМА відсутня на тому ж боці [160]. ПНМА і ЗНМА можуть починатися спільною гілкою від основної артерії [66, 76]. Найрідше (1% у досліджах R. Singh та авт.) спостерігалися випадки початку ПНМА від ЗНМА [54, 66, 146, 160].

ЗНМА є найбільш варіабельною серед трьох мозочкових артерій. Окрім її звичного походження від хребтової артерії, вона може починатися від основної артерії (у 10% випадків за даними L. Carlan та авт. [66] і у 4% за О.А. Фомкиною [87]) та мати спільний з ПНМА початковий сегмент. Також описані випадки початку ЗНМА від екстрадуральної частини хребтової артерії (на рівні С1–С2 або С2–С3) і проатлантаї артерії (a. proatlantal) [142]. У одиничних випадках – від

внутрішньої сонної артерії (a. carotis interna) і задньої менінгеальної артерії (a. meningea posterior) [61]. A. Rodríguez-Hernández та авт. зазначає, що при походженні ЗНМА від хребтової артерії близько від її проходу через тверду мозкову оболонку, ЗНМА прямує по латеральній поверхні моста, а при її походженні від місця переходу хребтової артерії в основну, ЗНМА йде спереду від стовбура головного мозку [145].

Відсутність артерій. Більшість дослідів не зазначають відсутності ВМА [63, 83, 166, 182]. Проте у дослідях R.M. Krzyzewski вона була відсутня у 4% випадків з більшою вибіркою препаратів [107].

Відсутність ПНМА зазначається частіше. Дослідження V. Akgun свідчать про відсутність правої ПНМА у 17.8% випадків і лівої ПНМА у 18.5% [54]. Хоча б з одного боку ПНМА у окремих дослідженнях не спостерігалась у 36.3% [54] або у 33% випадків [87]. Декілька авторів описують відсутність обох ПНМА у 2% випадків [66, 146] і у 4% випадків [63, 66, 76].

Дані про відсутність ЗНМА відрізняються у різних авторів, але відсоток цієї форми мінливості значно більший, ніж у інших артерій мозочка. У дослідях S.P. Cullen у 26% випадків хоча б одна ЗНМА була відсутня [73], а у дослідях V. Akgun – у 43.7% випадків, частіше це була права ЗНМА [54]. Зовсім рідко відсутні одразу обидві ЗНМА (2% за M. Sharifi та B. Ciszek) [152].

Подвоєння артерій. Деякі автори доволі часто помічали однобічне подвоєння ВМА (28% за J.S.V. Stopford і 21% за О.А. Фомкиною та авт.), зліва це відбувалося частіше [87, 166]. R.M. Krzyzewski та J.W. Blackburn у окремих дослідженнях з більшою вибіркою препаратів спостерігали подвоєння ВМА з одної сторони тільки у 3% випадків, при цьому ВМА брала початок з основної артерії [63, 107]. Одразу з двох сторін це спостерігали лише у 1% [83, 178] або у 3% випадків [166]. Лише одного разу ВМА була представлена трьома гілками зліва [166].

Описаний випадок подвійного початку ЗНМА від хребтової артерії та внутрішньої сонної артерії [152].

Таким чином, індивідуальна анатомічна мінливість ВМА, ПНМА і ЗНМА проявляється в мінливості їх початку, ходу, ступеня розвитку, наявності

подвоювання чи потроювання, що, в свою чергу, може бути факторами зміни зони кровопостачання цих артерій.

1.3.4. Мінливість розподілу ділянок кровопостачання між артеріями мозочка

Розміри та територія кровопостачання ВМА, ПНМА та ЗНМА співвідносяться, вони доповнюють і замінюють одна одну [54, 66]. Існує класифікація типів кровопостачання мозочка А.А. Котова, яка покликана зібрати усі варіації мозочкових артерій, структурувати їх та об'єднати у єдину систему [24]. А.А. Котов виділив три типи: рівномірний, верхньомозочковий та нижньозадній. Перший тип (86%) характеризується наявністю усіх трьох пар артерій мозочка, їх класичною будовою та зонами кровопостачання. При верхньомозочковому типі (2%) ВМА розвинена більше, ніж ПНМА і ЗНМА, вона розширює свою зону кровопостачання на нижню і передню поверхні мозочка; ЗНМА може бути відсутня. Нижньозадній тип (12%) характеризується домінуванням ЗНМА, її гілки досягають піраміди, горба, мигдалика, двочеревцевої та півмісяцевої часточок [24].

Класифікація А.А. Котова не є досконалою, адже вона не враховує мінливість ПНМА. Зона кровопостачання ПНМА найменша серед усіх мозочкових артерій, однак вона може збільшуватись, якщо ЗНМА відсутня або недорозвинена. У досліді М. Takahashi та авт. було описано 40% випадків, коли ПНМА живить структури, які зазвичай живить ЗНМА, лише у 9% випадків була зворотна ситуація. Кінцеві гілки ПНМА не обов'язково закінчуються в області клаптика мозочка і можуть проходити через борозну, яка розділяє передні частки і півмісяцеві часточки [167]. Також інші досліді показали додаткову участь ПНМА у кровопостачанні нижньої [166] або задньонижньої поверхні мозочка [73].

У класифікацію типів кровопостачання мозочка варто додати асиметрію судинного русла. Так, у разі відсутності однієї з ЗНМА, на її місце прямує однойменна артерія з іншого боку [54]. Описані випадки, коли одна ЗНМА кровопостачала відразу дві півкулі (у 0.1% за S.P. Cullen [73] і у 3.6% за A.P. Carlson [67]).

У разі подвоєння артерій мозочка, їх зона кровопостачання також змінюється і може впливати на зони інших. Наприклад, більша з подвоєних ВМА кровопостачає півмісяцеву та двочеревцеву частку, а менша дає початок артерії лабіринту і живить клаптик мозочка [76].

Діаметр артерії може варіювати в залежності від місця її походження і від того, чи подвоюється вона. Варто зазначити, що артерії, які компенсують кровопостачання інших, відсутніх або недорозвинених артерій, як правило, теж мають більший діаметр [107]. Отже, походження артерій мозочка та їх дуплікація можуть бути факторами, які схиляють ці артерії до зміни їх зони кровопостачання.

ВМА, ПНМА і ЗНМА анастомозують, утворюючи судинну мережу на поверхні кори півкуль мозочка. Анастомози в межах однієї артерії мають назву внутрішньосистемних, а між гілками різних судин – міжсистемних. В залежності від діаметру судин, кількості анастомозів і характеру анастомозування, судинні системи мозочка можна розділити на три типи: магістральний, розсипний та змішаний. Ці типи можна розпізнати за кількістю внутрішньосистемних і міжсистемних анастомозів: при магістральному типі вона буде найменша, при розсипному найбільша, а при змішаному – проміжна [15-17]. Тип розгалуженості судинної мережі може бути фактором ризику розвитку судинної патології мозочка: розсипний тип більш уразливий до ішемії, що обумовлено меншим середнім діаметром судин; магістральний – до тромбозу та емболії [39].

Таким чином, території артерій мозочка співвідносяться і замінюють одна одну. За відсутності однієї артерії (або пари артерій), живлення її звичайної зони кровопостачання забезпечує інша артерія цієї півкулі або однойменна артерія з протилежної півкулі мозочка.

Мінливість структури артеріального русла на поверхні мозочка визначається магістральним, проміжним та розсипним типами. Віднесення структури судинного русла до того чи іншого типу відбувається суб'єктивно, що пов'язано з похибками. Об'єктивно, кількісно визначити структуру судинного русла, віднести її до одного із типів галуження – розсипного, магістрального чи проміжного, допомагає фрактальний аналіз.

1.4. Фрактальний аналіз як морфометричний метод дослідження ступеня розгалуження судинної мережі

Дендритне дерево нейронів, розгалужені протоки екзокринних залоз, бронхіальне дерево легень або судинна мережа, що формується на поверхні мозочка – все це приклади біологічних об'єктів, що мають властивості фракталів. До цих властивостей можна віднести самоподібність; фрактали мають складну структуру на всіх масштабах; фрактали мають дробову метричну розмірність, або ж ту метричну розмірність, що перевершує топологічну [90, 120, 184]. Взагалі, фрактал (лат. *fractus* – подрібнений, зламаний, розбитий) – це математична безліч, що має властивість самоподібності, тобто в точності або наближено збігається з частиною себе самого. Проте вищезазначені природні об'єкти не мають математично точної закономірності, що характеризує властивості їхньої форми, тобто вони є не істинними фракталами, а так званими квазіфрактальними структурами [119-121].

Квазіфрактальні структури можуть бути охарактеризовані за допомогою показника заповнення простору фрактальною структурою і міри складності їх просторової організації – фрактального індексу. ФІ деревоподібних біологічних структур (таких, як судинна мережа на поверхні органу) тим більший, чим більше простору вони займають і чим сильніше вони розгалужуються. Значення цього показника коливаються між 1 і 2: ФІ 1 має пряма або крива лінія, що практично не заповнює простір; ФІ 2 належить структурі, що повністю заповнює весь доступний простір [120, 121]. ФІ визначають кількома методами: метод підрахунку квадратів (box-counting), метод дилатації пікселів, метод mass-radius, мультифрактальний аналіз та іншими [29, 72, 185].

Фрактальний аналіз широко використовується у різних областях нейроморфології [71, 77, 79], зокрема у МРТ і КТ дослідженнях; для визначення морфологічних особливостей нейронів, поверхні кори великих півкуль головного мозку та білої речовини мозочка [51, 54, 86, 88, 106, 127, 140, 143, 162, 163, 188]. Особливої уваги заслуговує використання фрактального аналізу судин як ефективного і достовірного методу у діагностиці артеріовенозних мальформацій

мозку і мозкових пухлин, прогнозуванні ризику розвитку інфаркту мозку й іншої судинної патології, а також оцінці мозкового кровообігу [55, 78, 80, 81, 84, 92, 117, 127, 128, 132, 161, 168, 175].

Традиційно розгалуженість поверхневого судинного русла описується одним з трьох типів: магістральним, розсипним та проміжним (або змішаним), залежно від інтенсивності поділу судин на дочірні гілки, їх діаметра та кількості анастомозів між ними. Визначення цих типів галуження, як правило, проводиться суб'єктивно. Натомість об'єктивним морфометричним методом кількісного оцінювання складності просторовою організації структур, в тому числі розгалуженості судинного русла, слугує фрактальний аналіз: було встановлено, що різним типам галуження відповідають окремі діапазони значень ФІ: магістральному від 1,360 до 1,420, змішаному – від 1,421 до 1,619, розсипному – від 1,620 до 1,816 [42].

У попередніх дослідженнях закономірностей фрактальної організації судин мозочка [39] було встановлено прямий взаємозв'язок фрактального індексу поверхневих артерій (ФПА) мозочка з його масою, відносною висотою та обернений – з відносною шириною.

Невідповідність структури поверхневого судинного русла мозочка іншим його масі або формі є фактором ризику розвитку судинних захворювань мозочка.

1.5. Індивідуальна мінливість форми мозочка

Одним із проявів ІАМ мозочка є мінливість його форми. Проблема форми мозочка і її мінливості була вперше досліджена у роботах О. Ю. Степаненка; їм було встановлено, що мінливість значень лінійних розмірів мозочка і відсутність функціонального зв'язку між ними (або не функціональний характер зв'язку) призводять до мінливості їх співвідношень. О. Ю. Степаненко були запропоновані парні співвідношення лінійних розмірів мозочка – «фактори форми» [38, 40]. Це кількісні критерії, що визначають форму і зовнішню будову мозочка в окремих проекціях. Автором було визначено діапазони індивідуальної мінливості факторів форми, їх значення були розподілені за середнім значенням і стандартним відхиленням на три групи: малі (від мінімального до $(M-S)$), середні $(M \pm S)$ та

великі (від (M+S) до максимального). Також було встановлено взаємозв'язок між формою (що визначається за величинами факторів форми) і зовнішньою будовою мозочка.

Співвідношення ширина – довжина:

Пропорційні мозочки мають округлу, трохи випуклу верхню поверхню, вершина черв'яка помірно підвищується над нею. Латеральний контур, утворений поверхнями верхніх півмісяцевих часточок, має правильну, округлу форму, задні кути мозочка згладжені. Звивини нагадують незамкнуті дуги концентричних кіл. Задня вирізка мозочка має форму щілини. Через *долинку мозочка* частково видно нижню поверхню черв'яка.

Відносно широкі і короткі мозочки. Латеральний контур, на відміну від пропорційних мозочків, має овальну форму, витягнуту в боки. Півкулі ніби розсунути в сторони від серединної лінії. Внаслідок цього долина таких мозочків широка і видно весь нижній черв'як. Латеральні і задні кути, а також передня і задня вирізки визначаються більш чітко.

Відносно вузькі і довгі мозочки виглядають ніби «здавленими» з боків і водночас витягнутими спереду назад, тому їхній латеральний контур нагадує дугу еліпса. Латеральні кути спрямовані більше вперед, ніж у пропорційних мозочків; задні кути гострі. Передня вирізка глибша, ніж у мозочків іншої форми, а задня – вужче. Внаслідок відносного збільшення дожини, хід звивин нагадує параболи, а не концентричні кола, як у пропорційних мозочків. Півкулі стискаються медіальними поверхнями, лінія межі між ними стає нерівною, і на нижній поверхні видно залишається лише піраміда черв'яка. На відміну від пропорційних мозочків, мигдалики неоднакові за величиною і не симетричні за розташуванням.

Співвідношення ширина – висота:

Пропорційні мозочки мають приблизно рівну поверхню. При погляді ззаду, контур мозочка нагадує рівнобедрений трикутник з прямим або тупим кутом вершини. Задня вирізка вузька, але при переході в нижню поверхню відстань між півкулями збільшується, стає видно мигдалики і нижній черв'як.

Відносно широкі і низькі мозочки мають рівну, трохи сплюснену верхню поверхню, вершина черв'яка не виражена. Кут, під яким сходяться верхні поверхні півкуль, наближається до розгорнутого. Задня вирізка велика, добре видно задні і нижні часточки черв'яка. Нижня поверхня сплюснена, долина мозочка найменш глибока і найширша серед усіх мозочків.

Відносно вузькі і високі мозочки мають високі, масивні півкулі, вершина черв'яка помітно виступає. Кут, що утворюють півкулі, найбільш гострий серед таких у всіх мозочків. Задня вирізка має вигляд вузької щілини. На нижній поверхні півкулі стискаються, долина мозочка найглибша і найвужча серед усіх мозочків. Нижній черв'як не видно, або помітно одну його часточку. Мигдалики можуть бути симетричними, або заходити один за другий.

Співвідношення довжина – висота:

Пропорційні мозочки. Кут, утворений верхньою і нижньою поверхнями півкуль, дорівнює приблизно 45° . Хід звивин верхньої і нижньої півмісяцевих часточок має горизонтальний напрямок, звивини передньої чотирикутної часточки загинаються вниз.

Відносно довгі і низькі мозочки. Кут між верхньою і нижньою поверхнями півкуль – гострий. Схил виступає над верхньою поверхнею, так як вершина більш полого, ніж у пропорційних мозочків. Звивини поступово загортаються вниз при віддаленні від черв'яка.

Відносно короткі і високі мозочки мають найбільший кут між верхньою і нижньою поверхнею півкуль, що наближається до прямого. Черв'як розташований більш вертикально, тому схил не помітний за півкулями. Звивини верхньої півмісяцевої часточки йдуть горизонтально, нижньої півмісяцевої – повертають вперед і вгору, передньої чотирикутної – повертають униз.

Три пари співвідношень лінійних розмірів характеризують *відносні* довжину, ширину та висоту мозочка. Різноманіття поєднань трьох факторів форми визначає форму мозочка в цілому [38, 40].

Таким чином, мінливість форми мозочка є проявом його анатомічної мінливості в цілому; форма впливає на його зовнішню будову. Однак як пов'язані з

мінливістю форми мінливість зон кровопостачання та характер галуження артерій, дотепер не було визначено.

Резюме

Таким чином, характеристика складної розгалуженої архітектури артерій центральної нервової системи та її ІАМ є важливим критерієм, на який потрібно орієнтуватись під час діагностики, аналізу та прогнозуванні патологічних станів. Не останню роль у розвитку гострих порушень мозкового кровообігу відіграють особливості розподілу ділянок кровопостачання центральної нервової системи у кожного окремого індивідуума. Літературні джерела також свідчать про наявність мінливості форми мозочка людини як прояву його ІАМ. Походження артерій мозочка, ступінь їх розвитку та наявність подвоювання можуть бути факторами зміни зони кровопостачання цих артерій. Проте характер взаємозв'язку між зонами кровопостачання мозочка і його формою наразі залишається невизначеним. Відсутні дані про тип галуження судинного русла в різних ділянках мозочка та чи існує взаємозв'язок типу галуження і особливостями будови мозочка. Враховуючи вище зазначене, були визначені мета та завдання та обрані методи даного дослідження.

Матеріали розділу представлено в таких публікаціях:

1. Калініченко М. Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури). Медицина сьогодні і завтра. 2021;90(2):6-14. doi.org/10.35339/msz.2021.90.2.kmo
2. Orlova T, Kalinichenko M. Fractal properties of vessels. Topical issues of new medicines development: materials of the XXVIII International scientific and practical conference of young scientists and students dedicated to the 150th anniversary of the birth of M.O. Valyashka; 2021 Mar. 18-19; Kharkiv. Kharkiv: National University of Pharmacy; 2021. p. 216-217.
3. Калініченко М, Орлова Т. Фрактальний аналіз та лакунарність у дослідженні судинних структур. Інновації в медицині та фармації: збірник тез доповідей 90-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2021 бер. 25-27; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет; 2021. с. 84

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Матеріал дослідження

Морфометричні дослідження проведені на секційному матеріалі та на МРТ-зображення мозочка.

Дослідження на секційному матеріалі проводилось на базі КЗОЗ «Харківське обласне бюро судово-медичної експертизи» (ХОБСМЕ) згідно з договором про науково-практичне співробітництво між Харківським національним медичним університетом (ХНМУ) та ХОБСМЕ. Набір матеріалу проводився під час судово-медичних розтинів згідно з Інструкцією про проведення судово-медичної експертизи (zareєстрована в Міністерстві юстиції України 26.07.1995 р. за N 254/790, затверджена наказом Міністерства охорони здоров'я України від 17.01.95 р. N 6). Відповідні записи вносились до протоколу реєстрації морфологічного матеріалу та протоколу судово-медичного розтину.

Морфометричні дослідження були проведені на 100 анатомічних препаратах, які являли собою мозочок разом зі стовбуром мозку. Вони були отримані від трупів дорослих людей, які померли від причин, не пов'язаних із захворюваннями центральної нервової системи (ЦНС) та не мали ознак патології ЦНС. Вік померлих був від 20 до 95 років (табл. 2.1).

Морфометричні дослідження МР томограм проведені на базі ТОВ «Центр променевої діагностики» згідно з договором про науково-практичне співробітництво між ХНМУ і ТОВ «Центр променевої діагностики».

Магнітно-резонансна томографія головного мозку проводилась на апараті МРТ 1.5 Т (Siemens Magnetom Symphony, Мюнхен, Німеччина).

Досліджені МР томограми 30 осіб віком від 20 до 40 років (табл. 2.2), у яких не було виявлено видимої патології головного мозку.

Для розподілу об'єктів дослідження за віком була використана вікова класифікація Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Таблиця 2.1

Розподіл секційного морфологічного матеріалу за статтю та віком

Віковий період	Анатомічні препарати		
	Чол.	Жін.	Сума
Юнацький вік (20-24 років)	5	0	5
Молодий вік (25-44 років)	12	3	15
Середній вік (45-59 років)	16	4	20
Похилий вік (60-74 років)	22	18	40
Старечий вік (75-89 років)	11	7	18
Довгожителі (більше 90 років)	1	1	2
Сума	67	33	100

Примітка: Чол. – чоловіки, Жін. – жінки.

Таблиця 2.2

Розподіл клінічного морфологічного матеріалу за статтю та віком

Віковий період	МР томограми		
	Чол.	Жін.	Сума
Юнацький вік (20-24 років)	4	3	7
Молодий вік (25-44 років)	11	12	23
Середній вік (45-59 років)	-	-	-
Похилий вік (60-74 років)	-	-	-
Старечий вік (75-89 років)	-	-	-
Довгожителі (більше 90 років)	-	-	-
Сума	15	15	30

Комісія з питань етики та біоетики ХНМУ, розглянувши матеріали дисертаційного дослідження, у своєму висновку зазначила, що дослідження проведені з дотриманням прав людини, згідно з діючим в Україні законодавством, відповідає міжнародним етичним вимогам і не порушує етичних норм у науці та стандартів проведення біомедичних досліджень (протокол №4 від 15.09.2020 та протокол № 6 від 07.02.2024).

2.2. Методи дослідження

2.2.1. Дослідження препаратів мозочка

Отриманий під час судово-медичного розтину морфологічний матеріал протягом місяця фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну. Після фіксації проводилось морфометричне дослідження: визначались лінійні розміри мозочка (ширина, висота та довжина) за допомогою штангенциркуля ProsKit із точністю шкали до 0,01 мм.

Ширину мозочка вимірювали між найбільш віддаленими точками півкуль мозочка, що лежать на поверхні верхніх півмісяцевих часточок (рис. 2.1, 2.2).

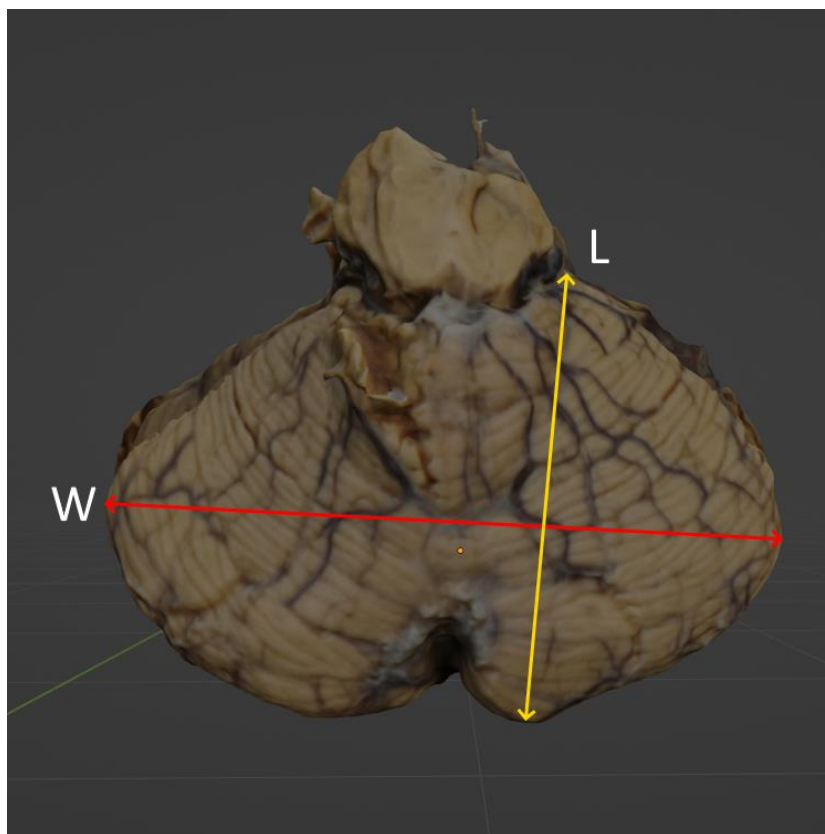


Рис. 2.1. Визначення ширини і довжини мозочка.

Довжину мозочка вимірювали між найбільш віддалених одна від одної точок на поверхні нижньої півмісяцевої часточки ззаду та передньої чотирикутної часточки спереду (рис. 2.1, 2.3). Якщо значення довжини відрізнялися справа та зліва, брали їх середнє значення.

Висоту мозочка вимірювали між найбільш верхньою точкою на поверхні вершини черв'яка та прямою, що з'єднує найбільш нижні точки двочеревцевих часточок (рис. 2.2, 2.3).

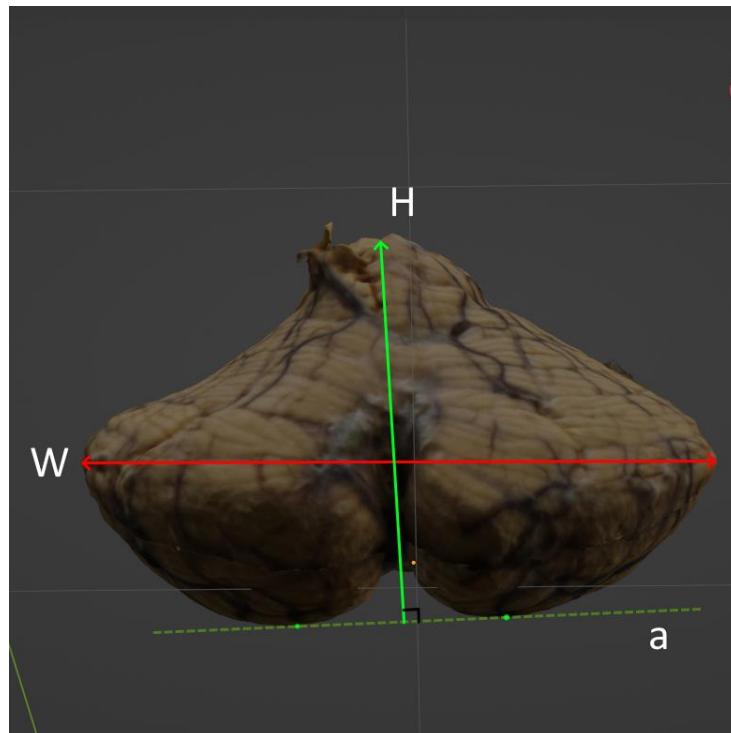


Рис. 2.2. Визначення ширини і висоти мозочка: а – пряма, що з'єднує найбільш нижні точки двочеревцевих часточок.

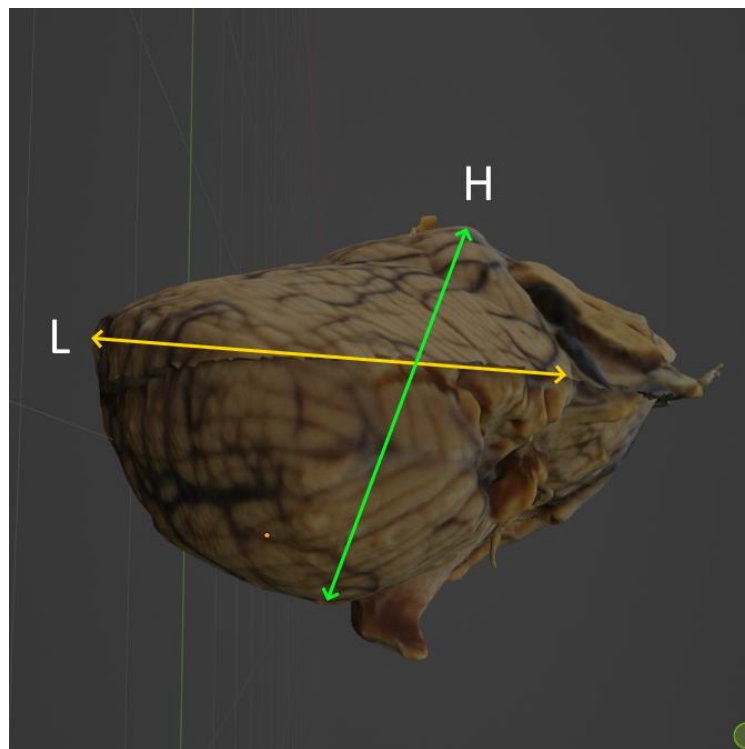


Рис. 2.3. Визначення довжини і висоти мозочка.

Потім проводили макрофотографування поверхні мозочка і стовбура мозку за допомогою дзеркального цифрового фотоапарату Samsung Galaxy.

Для аналізу шляху поверхневих артерій мозочка, а також для визначення ділянок кровопостачання мозочка тією чи іншою артерією, поверхню мозочка було розділено на сектори.

Верхню поверхню півкулі мозочка було розділено на шість секторів (рис. 2.4).

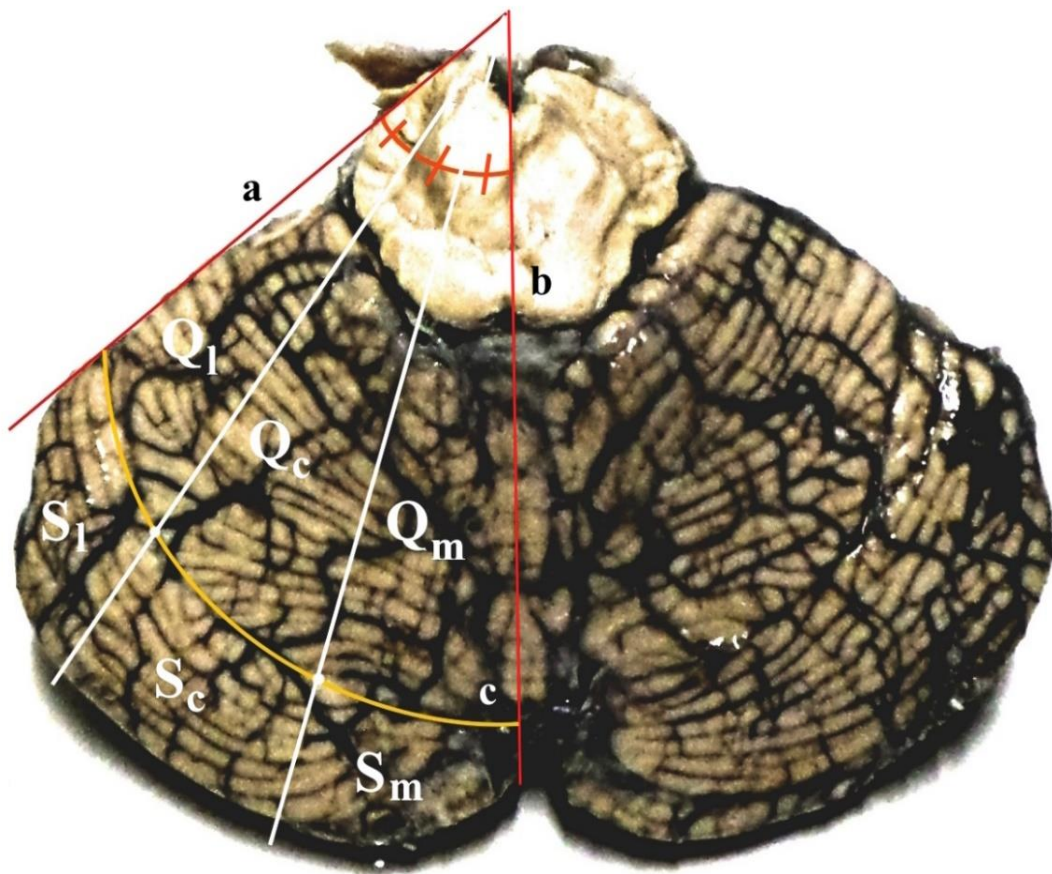


Рис. 2.4. Розділення верхньої поверхні лівої півкулі мозочка на сектори: а – пряма, що проходить по передньому краю мозочка; б – пряма, що виникає у місці перетину середньої сагітальної площини та верхньої поверхні черв'яка; с – задня верхня щілина мозочка.

Було побудовано кут, утворений двома прямими, що належать верхній поверхні мозочка. Одна пряма проходить по передньому краю мозочка, інша виникає у місці перетину серединної сагітальної площини та верхньої поверхні черв'яка (*vermis cerebelli*). Даний кут було розділено на три рівні частини, що відповідають латеральним, центральним і медіальним секторам часточок верхньої поверхні мозочка. Задня верхня щілина мозочка (*fissura posterior superior*) розділяє сектори передньої чотирикутної і задньої чотирикутної часточок (*quadrangular lateral* (Q_l), *quadrangular central* (Q_c) і *quadrangular medial* (Q_m)) і сектори верхньої півмісяцевої часточки (*superior semilunar lateral* (S_l), *superior semilunar central* (S_c) і *superior semilunar medial* (S_m)).

Верхня поверхня протилежної півкулі розділяється на сектори аналогічно.

Нижню поверхню півкулі мозочка було розділено на десять секторів (рис. 2.5). Було побудовано кут, утворений двома прямими, що належать нижній поверхні мозочка. Одна пряма проходить по медіальному краю мигдалика, інша – через передній кінець горизонтальної щілини (*fissura horizontalis*). Даний кут було розділено на три рівні частини, що відповідають переднім, центральним і заднім секторам часточок нижньої поверхні. Вторинна щілина мозочка (*fissura secunda*) розділяє сектор мигдалика (*tonsil* (T)) і сектори двочеревцевої часточки (*biventral anterior* (B_a), *biventral central* (B_c) і *biventral posterior* (B_p)). Передня нижня щілина (*fissura anteroinferioris*) і задня нижня щілина (*fissura posterolateralis*) розділяють сектори тонкої часточки (*gracile anterior* (G_a), *gracile central* (G_c), *gracile posterior* (G_p)). Горизонтальна щілина розділяє верхню півмісяцеву часточку і сектори нижньої півмісяцевої часточки (*inferior semilunar anterior* (I_a), *inferior semilunar central* (I_c) і *inferior semilunar posterior* (I_p)).

Нижня поверхня протилежної півкулі розділяється на сектори аналогічно.

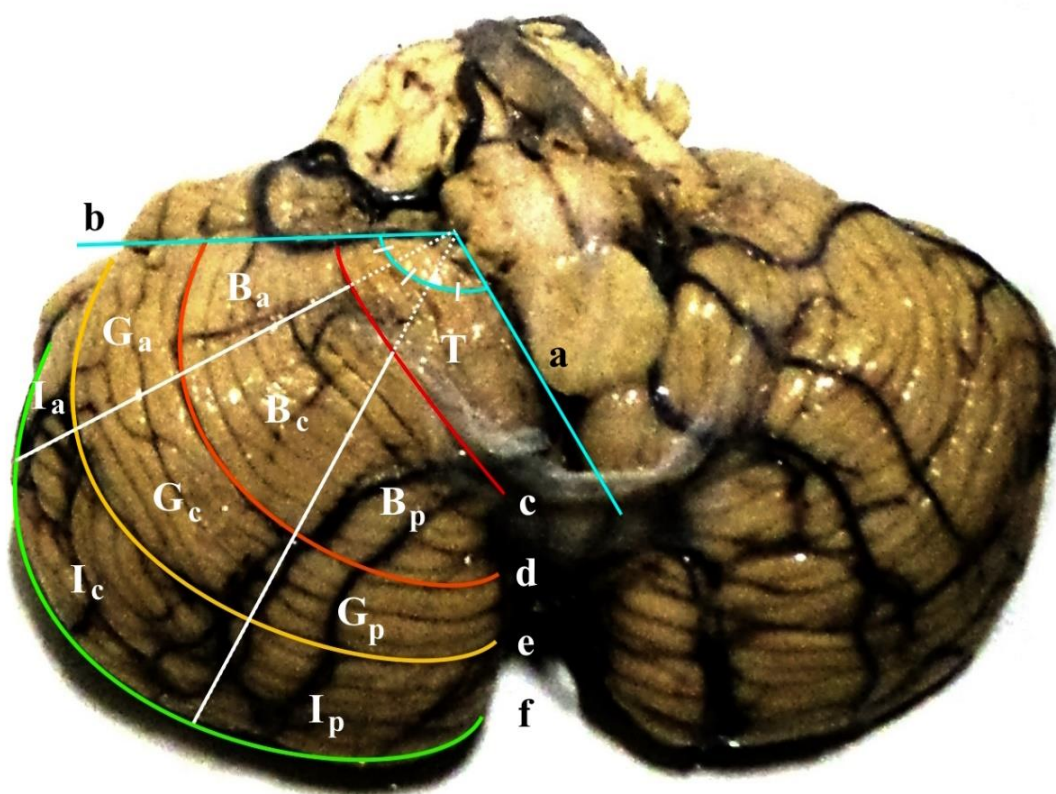


Рис. 2.5. Розділення нижньої поверхні правої півкулі мозочка на сектори: а – пряма, що проходить по медіальному краю мигдалика; b – пряма, що проходить по передній частині горизонтальної щілини; c – вторинна щілина мозочка; d – передня нижня щілина, e – задня нижня щілина; f – горизонтальна щілина.

2.2.2. Вимірювання лінійних розмірів мозочка на магнітно-резонансних томограмах головного мозку

Перегляд і редагування МР томограм проводили за допомогою програм syngo fastView і Adobe Photoshop CS5. При аналізі зображень, отриманих за допомогою МРТ, розміри мозочка у аксіальній, корональній та сагітальній проекціях визначалися як розміри прямокутника, який конструювали так, щоб охопити контур мозочка або його правої та лівої півкуль, на МРТ зображенні у відповідній проекції (так званий «обмежувальний прямокутник», рис. 2.6 – 2.8). Прямокутник орієнтований таким чином, щоб дві з його сторін були паралельні прямій, що виникає у місці перетину серединної площини з площиною МРТ зображення у аксіальній та корональній проекціях (далі – серединна пряма). У сагітальній проекції дві сторони зазначеного прямокутника паралельні

міжкомісуральній лінії за Талайрахом [129]. Таким чином, у кожній проекції визначалися два розміри мозочка.

У аксіальній проекції (рис. 2.6):

- L_{ax} – довжина мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що паралельна серединній прямій;
- W_{ax} – ширина мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що перпендикулярна серединній прямій.

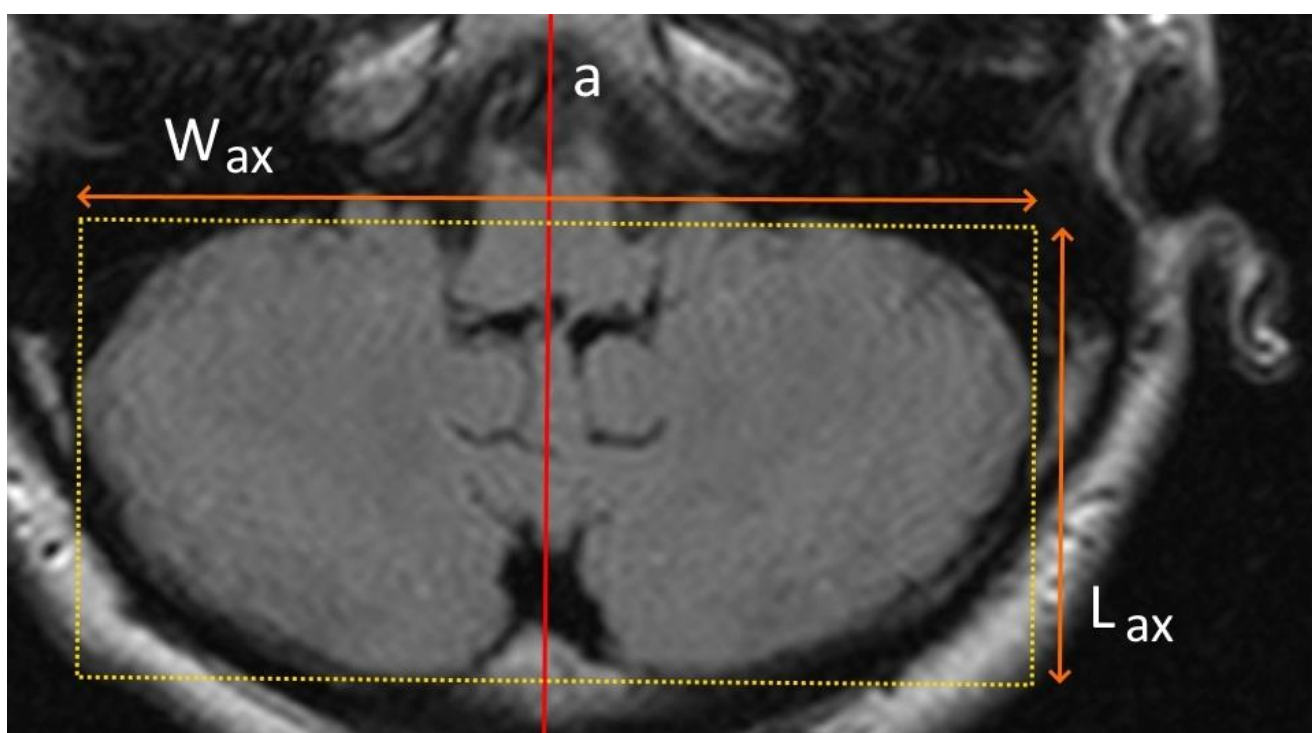


Рис. 2.6. Визначення лінійних розмірів мозочка на МРТ зображеннях головного мозку у аксіальній проекції: а – пряма, що виникає у місці перетину серединної площини з площиною МРТ зображення (тут і на рис. 2.7, 2.8).

У корональній проекції (рис. 2.7):

- H_{cor} – висота мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що паралельна серединній прямій;

- W_{cor} – ширина мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що перпендикулярна серединній прямій.

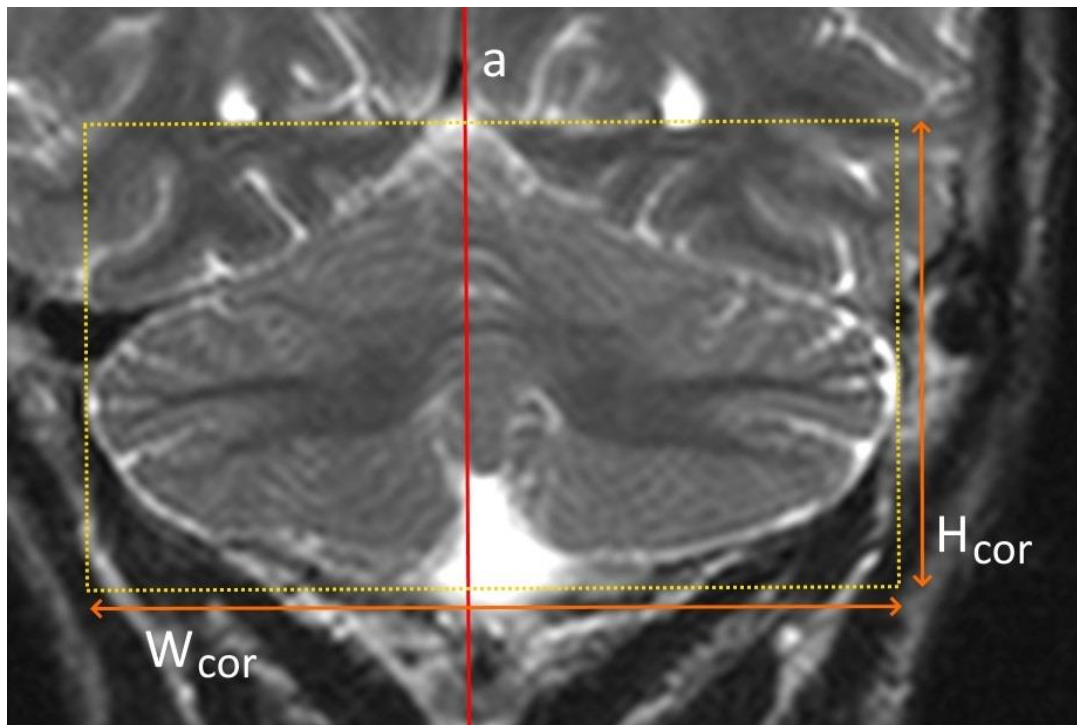


Рис. 2.7. Визначення лінійних розмірів мозочка на МРТ зображеннях головного мозку у корональній проекції).

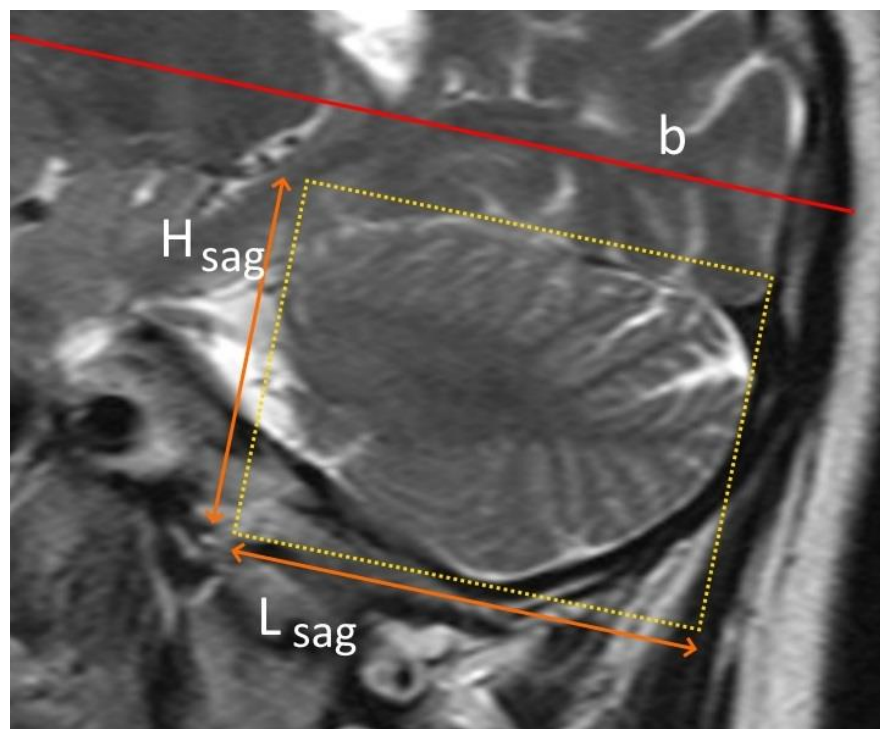


Рис. 2.8. Визначення лінійних розмірів мозочка на МРТ зображеннях головного мозку у сагітальній проекції): b – міжкомісуральна лінія.

У сагітальній проекції вимірювались висота і довжина правої та лівої півкуль (рис. 2.8):

- L_{sag} – довжина мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що паралельна міжкомісуральній лінії;
- H_{sag} – висота мозочка, дорівнює довжині сторони прямокутника, що перпендикулярна міжкомісуральній лінії.

Для подальшого аналізу враховувались максимальні значення цих розмірів.

2.2.3. Фрактальний аналіз розгалуженості поверхневих судин мозочка

Для фрактального аналізу були відібрані 15 мозочків різної форми (9 – осіб чоловічої та 6 – жіночої статі), що відрізняються величиною відносного розміру, таким чином, щоб зі всієї вибірки кожний відносний параметр був в області середніх, великих і малих значень щонайменше по 4 рази, а розподіл значень відносних параметрів форми не відрізнявся від такого усієї вибірки (рис. 6.3, 6.4).

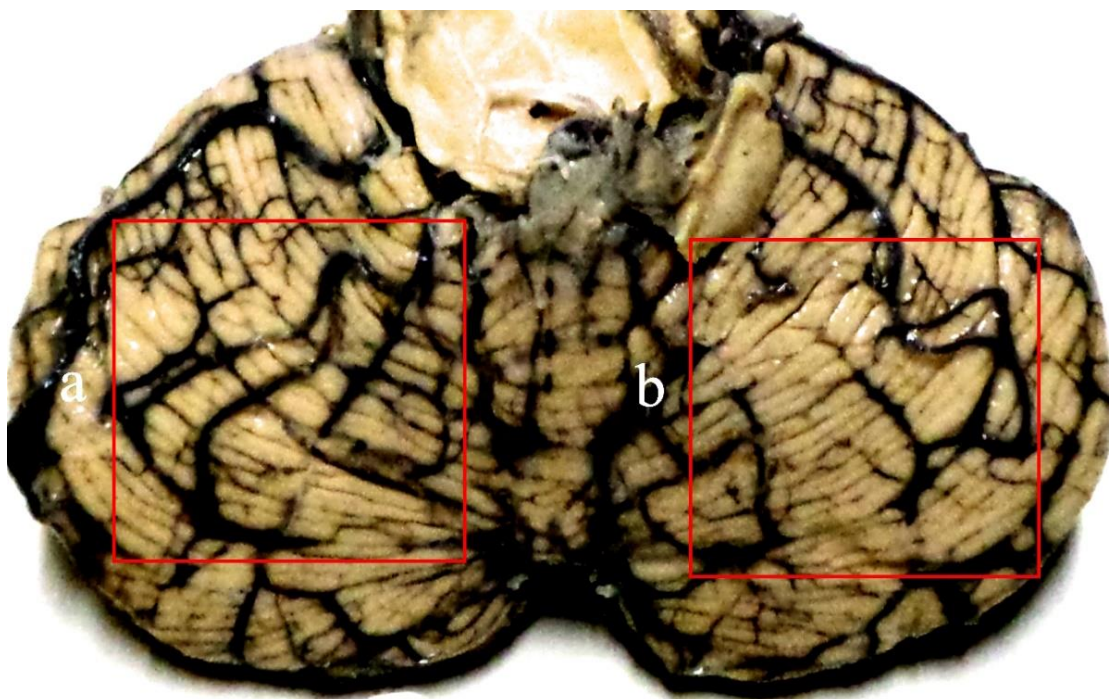


Рис. 2.9. Приклад вибору ділянок на верхній поверхні мозочка (територія ВМА): а – ділянка лівої півкулі мозочка, б – ділянка правої півкулі мозочка.

Верхню і нижню поверхню цих мозочків фотографували разом з калібрувальною лінійкою за допомогою цифрового дзеркального фотоапарата. Далі у програмі Adobe Photoshop CS5 з цифрового зображення вирізали квадрат, що відповідав ділянці на поверхні правої або лівої півкулі мозочка розміром 3.5×3.5 см (рис. 2.9; 2.10; 2.11, А).

Проводиться калібрування збільшення зображення (рис. 2.11, В). Ділянки зображення, що відповідають поверхневим артеріям мозочка, зафарбовували на додатковому шарі (рис. 2.11, С).

ФПА мозочка було обчислено методом *підрахунку квадратів* [42].

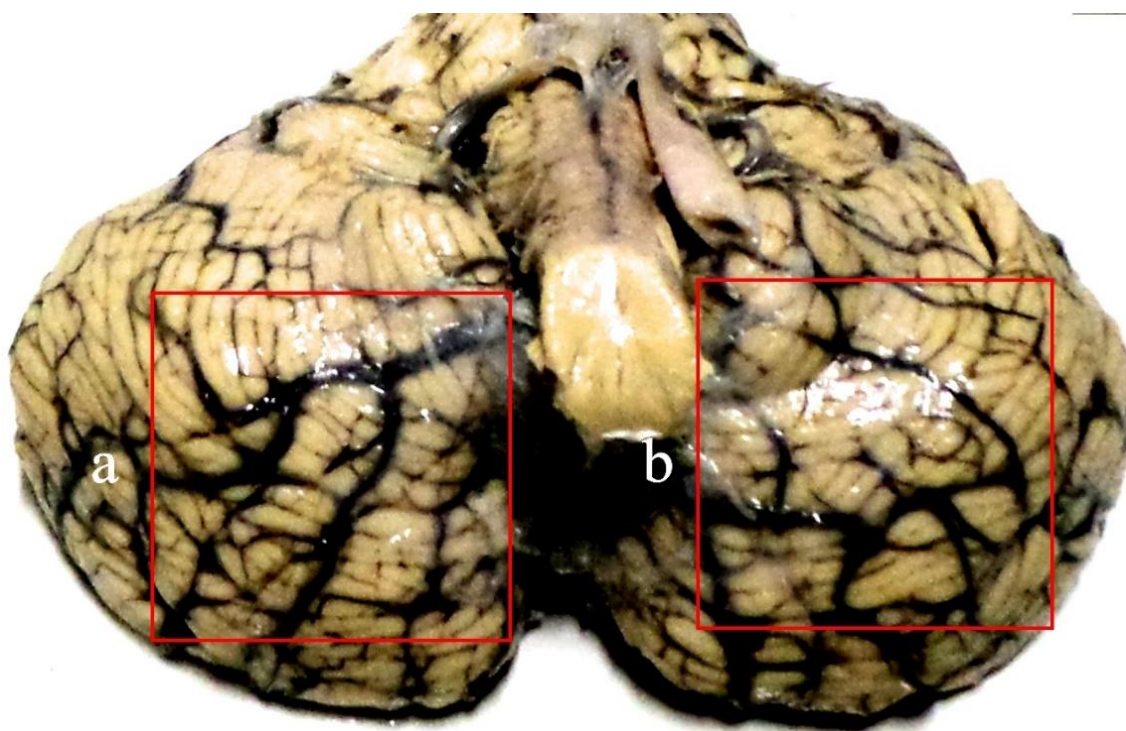


Рис. 2.10. Приклад вибору ділянок на нижній поверхні мозочка (територія ПНМА та ЗНМА): а – ділянка правої півкулі мозочка, б – ділянка лівої півкулі мозочка.

За допомогою інструменту «сітка» програми Adobe Photoshop CS5 на зображення накладали морфометричну фрактальну сітку.

На початковому етапі сітка містить чотири комірки, зі сторонами розмірами $1/2 \times 1/2$ комірки поля зору. За допомогою інструменту «лічильник» підраховували кількість комірок, в яких знаходяться фрагменти поверхневих артерій мозочка.

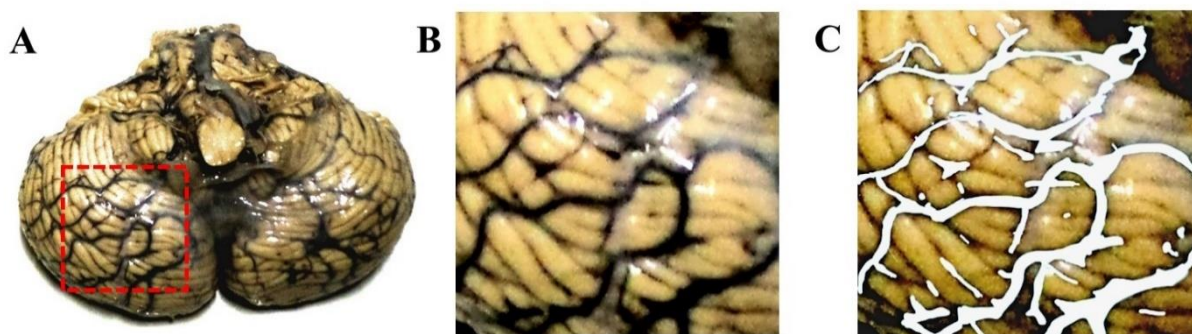


Рис. 2.11. Приклад обробки цифрового зображення артерій на нижній поверхні мозочка: А – обрання ділянки на нижній поверхні мозочка розміром 3.5×3.5 см; В – калібрування збільшення зображення; С – фарбування ділянок зображення, що відповідають артеріям мозочка.

Потім послідовно накладали сітки, сторона комірки яких в два, чотири, вісім разів менше, ніж першої. Кількість комірок кожної наступної сітки в чотири рази більше, ніж попередньої. Зі збільшенням кількості комірок сітки пропорційно зменшується площа поверхні мозочка, що покривається однією коміркою сітки (рис. 2.12).

Результати підрахунку кількості комірок, що містять фрагменти поверхневих артерій, заносили в електронну таблицю (табл. 2.3).

Для подальшого дослідження враховували дані підрахунку на третьому, четвертому і п'ятому етапах.

Далі розраховували натуральний логарифм двох чисел: числа, зворотного значенням Box Size ($1 / \text{Box Size}$), і N .

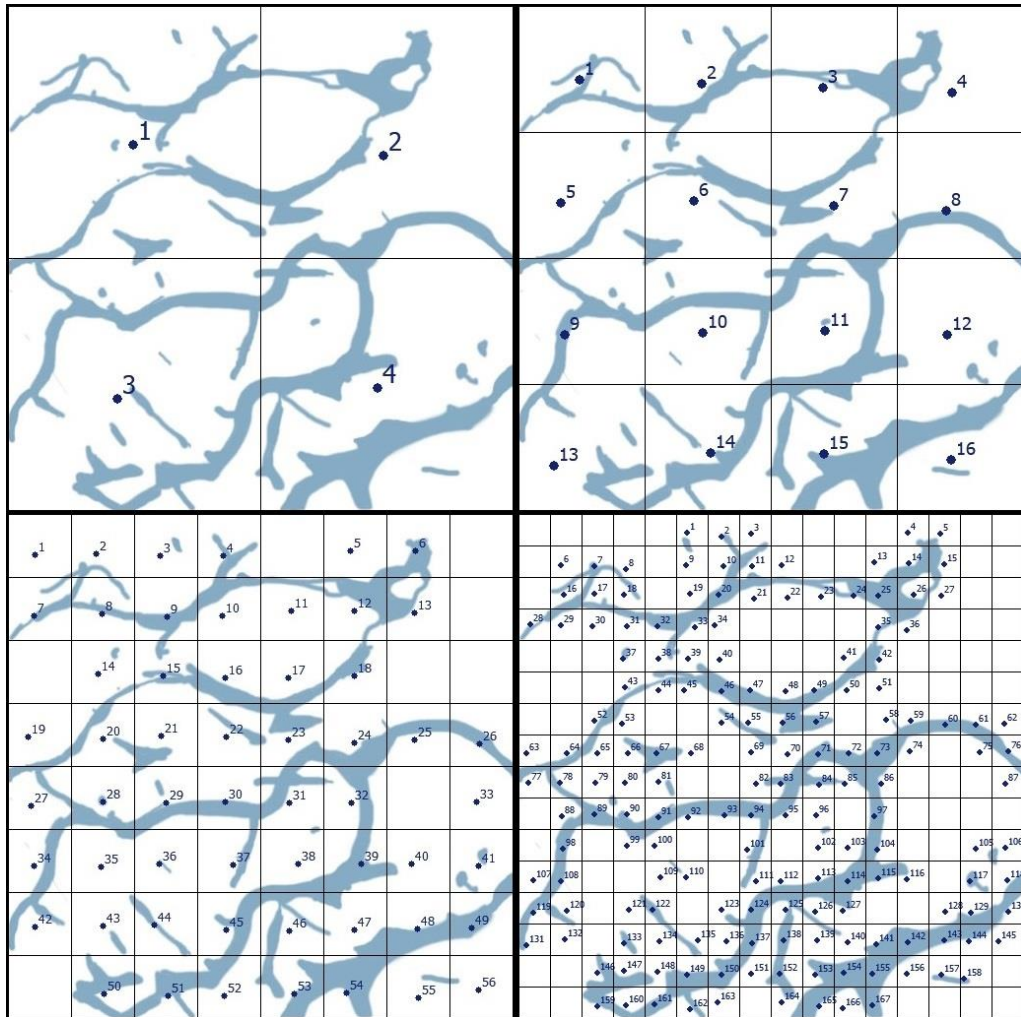


Рис. 2.12. Приклад підрахунку ФПА мозочка (перші чотири етапи).

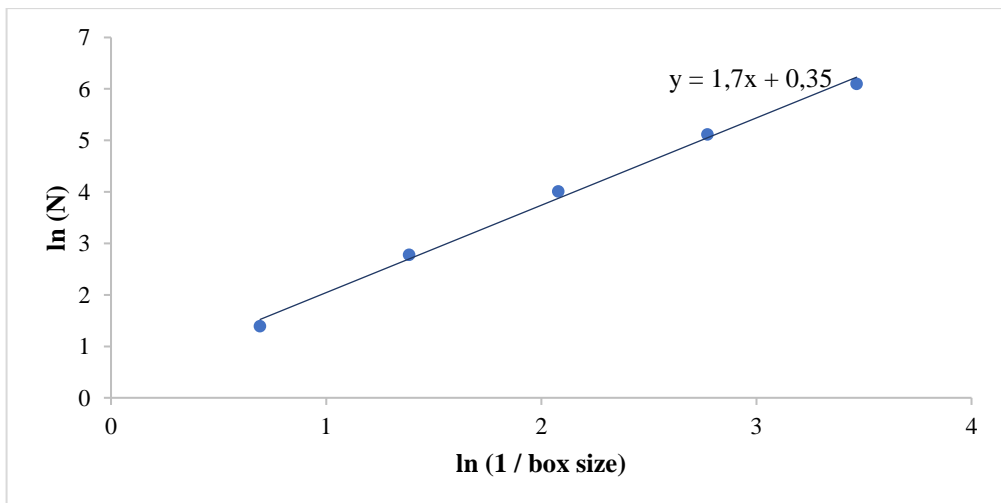


Рис. 2.13. Приклад розрахунку рівняння лінійної регресії ФПА мозочка.

Потім визначали лінійну залежність $\ln(N)$ від $\ln(1 / \text{Box Size})$ за рівнянням лінійної регресії (рис. 2.13), яке розраховували у програмі MS Excel 2016. Рівняння лінійної регресії має вигляд $y = ax + b$, де a – значення ΦI .

Таблиця 2.3

**Приклад даних підрахунку фрактального індексу
поверхневих артерій**

Етап дослідження	Box size	Кількість заповнених комірок (N)	ln (1 / box size)	ln (N)
1	1/2	4	0,69	1,39
2	1/4	16	1,39	2,77
3	1/8	55	2,08	4,01
4	1/16	166	2,77	5,11
5	1/32	445	3,47	6,1

Примітка: box size – розмір сторони комірки фрактальної сітки.

2.2.4. Статистична обробка отриманих даних

Розподіл значень був проаналізований за критерієм тесту Колмогорова–Смирнова. Подальший статистичний аналіз включав розрахунок середнього вибіркового значення (M), стандартного відхилення (S), коефіцієнту варіації (Cv), визначення мінімального та максимального значення та стандартної похибки середнього значення (m). Проводився кореляційний аналіз з розрахунком коефіцієнта кореляції Пірсона (r) за допомогою методів Пірсона (для $N \geq 30$) та Спірмена (для $N < 30$) для встановлення закономірностей індивідуальної мінливості. Використовували параметричні (для $N \geq 30$) та непараметричні (для $N < 30$) методи перевірки значущості відмінностей.

Значення розмірів мозочка, їх співвідношень були розподілені за середнім значенням і стандартним відхиленням на три групи: малі (від мінімального до (M–S)), середні (M±S) та великі (від (M+S) до максимального).

Оригінальні методи дослідження описані в наступних публікаціях:

1. Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. *Acta Morphologica Et Anthropologica*. 2023;30(3-4):78-86. doi:10.7546/AMA.30.3-4.2023.10

2. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. *Reports of Morphology*. 2023;29(4):11-18. doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-02

3. Kalinichenko M, Stepanenko O. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories. *Morphologia*. 2024;18(1):41-48.

4. Kalinichenko M, Stepanenko O. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2024;23(1):80-87.

5. Калініченко М. Модифікація методу підрахунку квадратів фрактального аналізу при морфометрії. *Медицина третього тисячоліття: збірник тез міжвузівської конференції молодих вчених та студентів; 2023 лют. 13-15; Харків. Харків: Харківський національний медичний університет, 2023. с. 352-353.*

6. Kalinichenko M. A new formula to describe cerebellar shape. First step to science: XXth Scientific students and young scientists conference with international participation; 2023 Apr. 21-22; Vinnytsya. Vinnytsya: National Pirogov Memorial Medical University, 2023. p. 576-577.

7. Kalinichenko M. Evaluation of the shape of the human cerebellum in the morphometry of magnetic resonance images. *Theory and practice of modern morphology: materials of the seventh all-Ukrainian scientific and practical conference with international participation; 2023 Nov. 1-3; Dnipro. Dnipro: Dnipro State Medical University, 2023. p. 37-38.*

РОЗДІЛ 3

ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ, ФОРМИ І ЗОВНІШНЬОЇ БУДОВИ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

3.1. Індивідуальна мінливість лінійних розмірів мозочка людини

У табл. 3.1 наведені значення ширини, довжини та висоти мозочка у дослідженій вибірці.

Таблиця 3.1.

**Статистичне оцінювання розподілу значень
лінійних розмірів мозочка (мм)**

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
W	104,4	0,5	5,5	5,3	90	117,3
L	60,0	0,3	3,4	5,7	51,4	67,7
H	50,0	0,4	4,3	8,6	40	62,5

Як видно із даних табл. 3.1, мінливість значень лінійних розмірів мозочків вибірки, що досліджувалась, є, але вона незначна; найбільша мінливість спостерігається у найменшого розміру – висоти ($Cv = 8.6\%$).

Проявом індивідуальної мінливості крім різноманіття значень лінійних розмірів є різноманіття їх поєднань. На рис. 3.1 – 3.3 подано розподіл поєднань значень парних лінійних розмірів мозочка.

Кореляційний аналіз показав слабкий і статистично незначущий лінійний взаємозв'язок між значеннями ширини і висоти ($r = 0.07$, $p > 0.05$; рис. 3.3) та довжини і висоти ($r = 0.16$, $p > 0.05$; рис. 3.2), а також середній за силою статистично значущий лінійний взаємозв'язок між значеннями ширини і довжини ($r = 0.44$, $p < 0.01$; рис. 3.1).

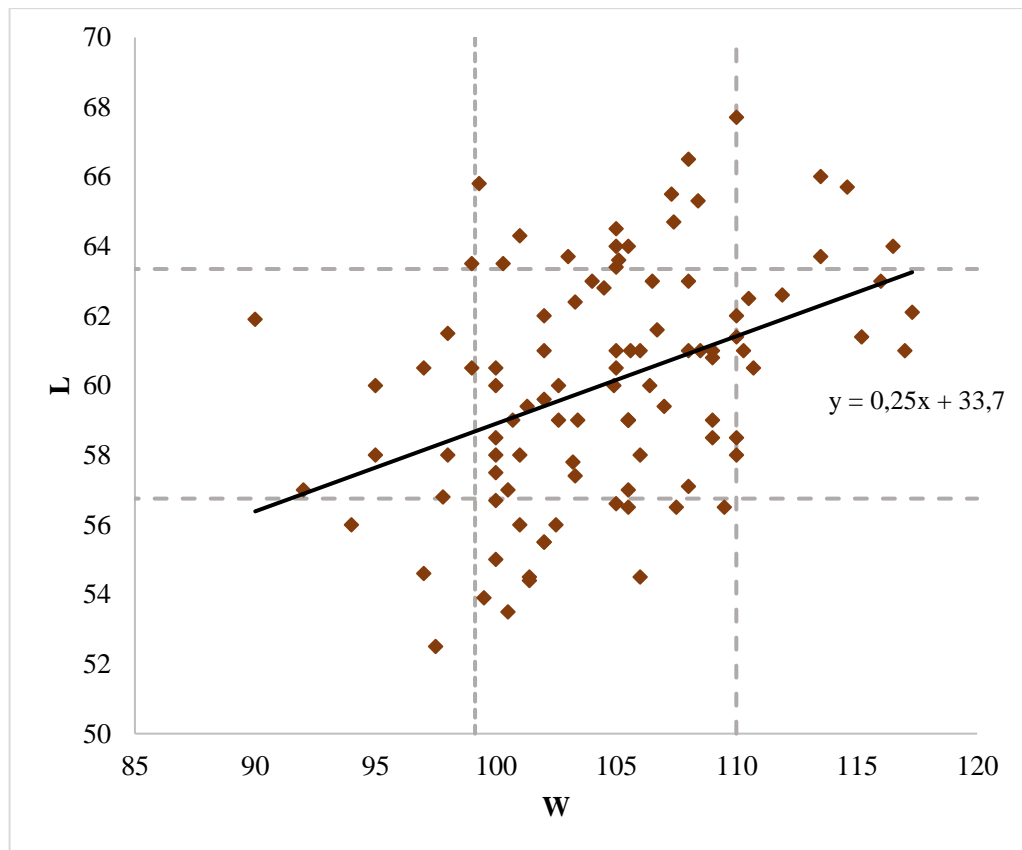


Рис 3.1. Розподіл значень ширини і довжини мозочка. Примітка: пунктирні лінії відповідають значенням $M-S$ та $M+S$ (тут і далі).

Отже, при збільшенні довжини у середньому збільшується ширина (рис. 3.1). Однак залежність не функціональна; мозочки із малими значеннями ширини мають або малу, або середню довжину; мозочки із великими значеннями ширини мають або велику, або середню довжину; серед мозочків із середніми значеннями ширини визначаються такі, що мають як середню, так і велику або малу довжину, і навпаки.

Розподіл значень довжини і висоти мозочка ще більш різноманітний: зустрічаються усі 9 варіантів поєднань, серед мозочків, що мають малі / середні / великі значення довжини зустрічаються такі, що мають малі / середні / великі значення висоти (рис. 3.2).

Розподіл значень ширини і висоти мозочка схожий на такий довжини і висоти (рис. 3.3). Отже визначається «вісь» мінливості: висота vs (ширина \times довжина).

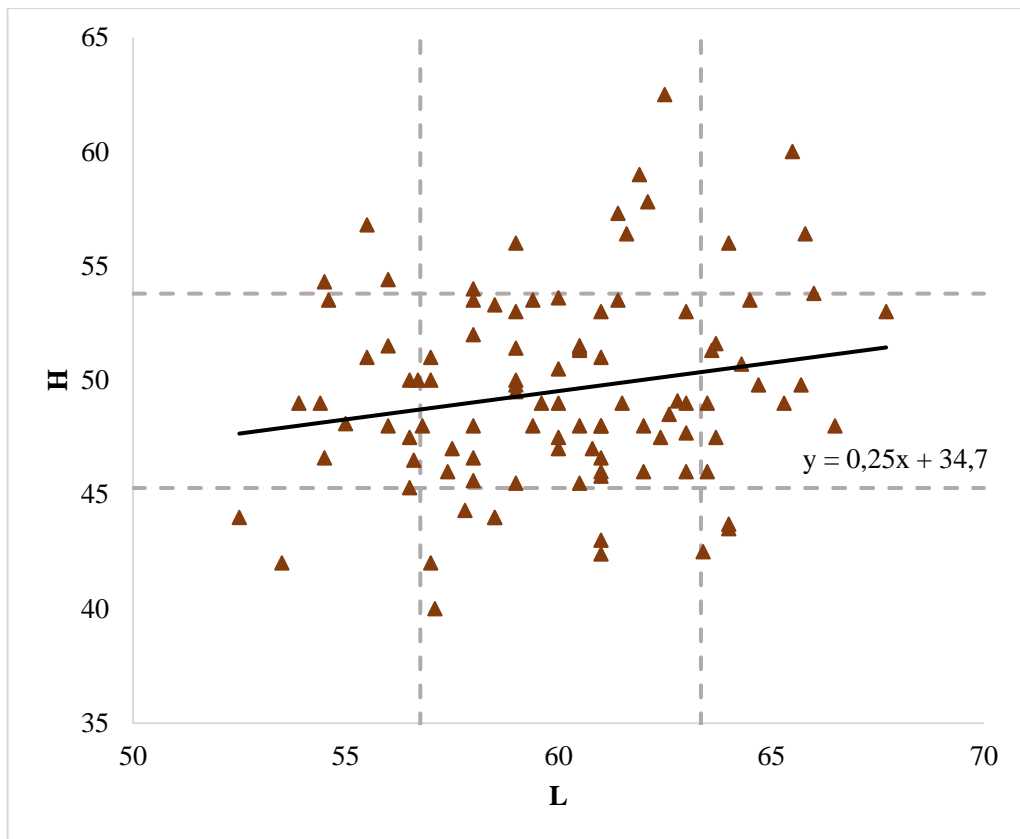


Рис 3.2. Розподіл значень довжини і висоти мозочка.

3.2. Індивідуальна мінливість форми і зовнішньої будови мозочка людини

3.2.1. Показники, що визначають форму мозочка: співвідношення лінійних розмірів мозочка (фактори форми) та їх мінливість

Мінливість значень лінійних розмірів і відсутність функціонального зв'язку між ними (або не функціональний характер зв'язку) призводять до мінливості їх співвідношень – факторів форми, як подано у першому розділі дослідження. Для оцінювання форми мозочка за співвідношеннями лінійних розмірів фактори форми були розраховані за формулами:

$$\text{співвідношення ширини і довжини: } W/L; \quad (3.1)$$

$$\text{співвідношення ширини і висоти: } W/H; \quad (3.2)$$

$$\text{співвідношення довжини і висоти: } L/H. \quad (3.3)$$

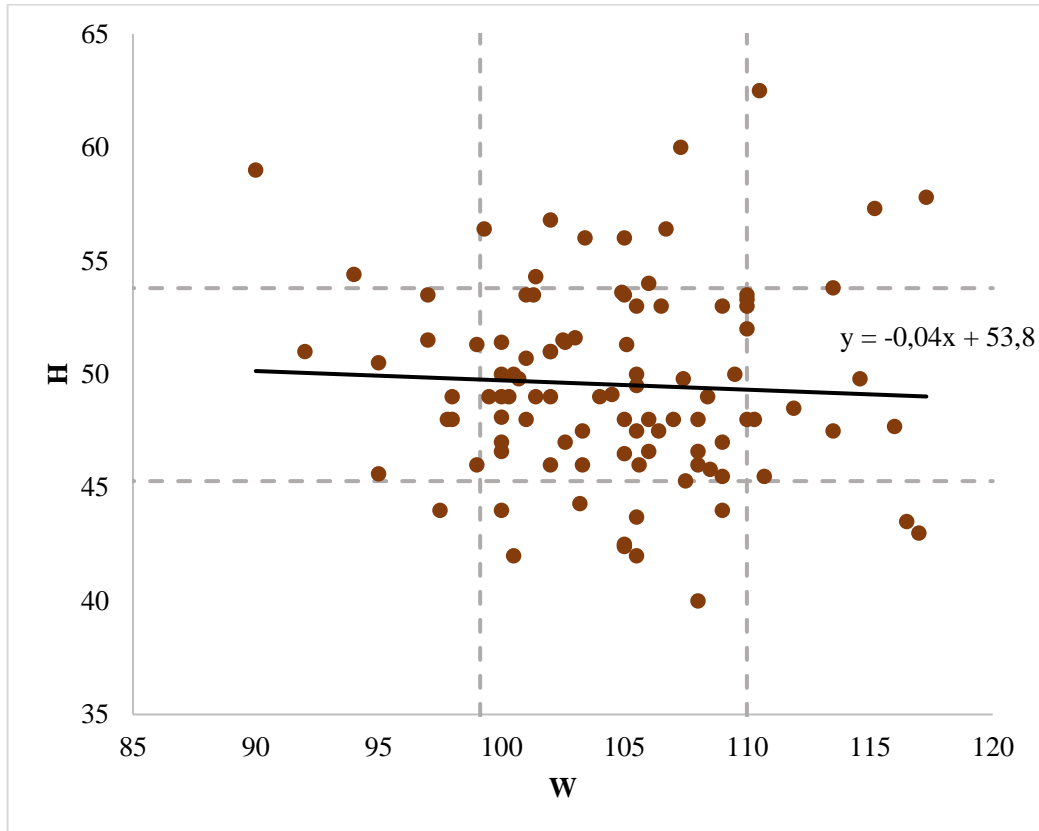


Рис. 3.3. Розподіл значень ширини і висоти мозочка.

Розподіл значень факторів форми, визначених за формулами 1-3, наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

**Статистичне оцінювання розподілу значень
співвідношень лінійних розмірів мозочка**

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
W / L	1,74	0,01	0,1	5,75	1,45	1,94
W / H	2,13	0,02	0,22	10,27	1,53	2,72
L / H	1,22	0,01	0,11	9,19	0,98	1,49

За даними табл. 3.2, отримані значення факторів форми можна віднести до однієї з трьох груп: середніх, великих або малих значень.

Як подано у першому розділі цього дослідження, співвідношення лінійних розмірів мозочка визначають *форму мозочка в окремих проекціях*.

Так, за співвідношенням ширини і довжини *пропорційними* є мозочки, величина показника яких лежить у діапазоні (1.64 ÷ 1.84). Відповідно мозочок є *відносно широким та коротким*, якщо величина даного співвідношення лежить в діапазоні (1.84 ÷ 1.94). І навпаки, мозочок є *відносно вузьким та довгим*, якщо величина співвідношення ширина / довжина лежить в діапазоні (1.45 ÷ 1.64).

За співвідношенням ширини і висоти *пропорційними* є мозочки, величина показника яких лежить у діапазоні (1.91 ÷ 2.34). Відповідно мозочок є *відносно широким та низьким*, якщо величина даного співвідношення лежить в діапазоні великих значень, а саме (2.34 ÷ 2.72). Навпаки мозочок можна вважати *відносно вузьким та високим*, якщо величина співвідношення ширина / висота лежить в діапазоні (1.53 ÷ 1.91).

За співвідношенням довжини і висоти *пропорційними* слід вважати мозочки, величина показника яких лежить у діапазоні (1.11 ÷ 1.33). Відповідно мозочок можна вважати *відносно довгим та низьким*, якщо величина даного співвідношення лежить в діапазоні великих значень, а саме (1.33 ÷ 1.49). Навпаки мозочок можна вважати *відносно коротким та високим*, якщо величина співвідношення ширина / висота лежить в діапазоні (0.98 ÷ 1.11).

На рис. 3.4. показано розподіл мозочків за величиною кожного з трьох досліджених факторів форми.

Згідно з даними, що наведені у першому розділі, співвідношення лінійних розмірів (фактори форми) зумовлюють *зовнішню будову мозочка в окремих проекціях*.

Горизонтальна проекція:

Пропорційні мозочки мають округлу, трохи випуклу верхню поверхню, вершина черв'яка помірно підвищується над нею. Латеральний контур, утворений поверхнями верхніх півмісяцевих часточок, має правильну, округлу форму, задні кути мозочка згладжені. Звивини нагадують незамкнуті дуги концентричних кіл.

Задня вирізка мозочка має форму щілини. Через *долинку мозочка* частково видно нижню поверхню черв'яка.

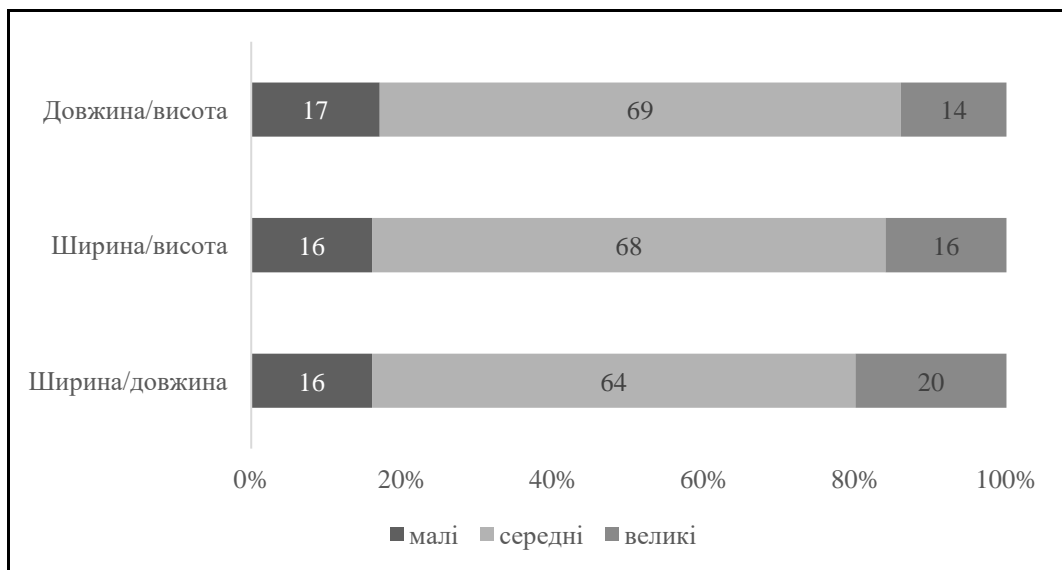


Рис. 3.4. Розподіл мозочків із різними значеннями факторів форми.

Відносно широкі і короткі мозочки. Латеральний контур, на відміну від пропорційних мозочків, має овальну форму, витягнуту в боки. Півкулі ніби розсунути в сторони від серединної лінії. Внаслідок цього долинка таких мозочків широка, і видно весь нижній черв'як. Латеральні і задні кути, а також передня і задня вирізки визначаються більш чітко.

Відносно вузькі і довгі мозочки виглядають ніби «здавленими» з боків і водночас витягнутими спереду назад, тому їхній латеральний контур нагадує дугу еліпса. Латеральні кути спрямовані більше вперед, ніж у пропорційних мозочків; задні кути гострі. Передня вирізка глибша, ніж у мозочків іншої форми, а задня – вужче. Внаслідок відносного збільшення дожини, хід звивин нагадує параболи, а не концентричні кола, як у пропорційних мозочків. Півкулі стискаються медіальними поверхнями, лінія межі між ними стає нерівною, і на нижній поверхні видно залишається лише піраміда черв'яка. На відміну від пропорційних мозочків, мигдалики неоднакові за величиною і не симетричні за розташуванням.

Фронтальна проекція:

Пропорційні мозочки мають приблизно рівну поверхню. При погляді ззаду, контур мозочка нагадує рівнобедрений трикутник з прямим або тупим кутом вершини. Задня вирізка вузька, але при переході в нижню поверхню відстань між півкулями збільшується, стає видно мигдалики і нижній черв'як.

Відносно широкі і низькі мозочки мають рівну, трохи сплюснену верхню поверхню, вершина черв'яка не виражена. Кут, під яким сходяться верхні поверхні півкуль, наближається до розгорнутого. Задня вирізка велика, добре видно задні і нижні часточки черв'яка. Нижня поверхня сплюснена, долина мозочка найменш глибока і найширша серед усіх мозочків.

Відносно вузькі і високі мозочки мають високі, масивні півкулі, вершина черв'яка помітно виступає. Кут, що утворюють півкулі, найбільш гострий серед таких у всіх мозочків. Задня вирізка має вигляд вузької щілини. На нижній поверхні півкулі стискаються, долина мозочка найглибша і найвужча серед усіх мозочків. Нижній черв'як не видно, або помітно одну його часточку. Мигдалики можуть бути симетричними, або заходити один за другий.

Сагітальна проекція:

Пропорційні мозочки. Кут, утворений верхньою і нижньою поверхнями півкуль, дорівнює приблизно 45° . Хід звивин верхньої і нижньої півмісяцевих часточок має горизонтальний напрямок, звивини передньої чотирикутної часточки загинаються вниз.

Відносно довгі і низькі мозочки. Кут між верхньою і нижньою поверхнями півкуль – гострий. Схил виступає над верхньою поверхнею, так як вершина більш полого, ніж у пропорційних мозочків. Звивини поступово загортаються вниз при віддаленні від черв'яка.

Відносно короткі і високі мозочки мають найбільший кут між верхньою і нижньою поверхнею півкуль, що наближається до прямого. Черв'як розташований більш вертикально, тому схил не помітний за півкулями. Звивини верхньої півмісяцевої часточки йдуть горизонтально, нижньої півмісяцевої – повертають вперед і вгору, передньої чотирикутної – повертають униз.

3.2.2. Оцінювання форми мозочка: від факторів форми – до відносних параметрів мозочка

Мінливість лінійних розмірів мозочка, з одного боку, а також відносна незалежність мінливості одного лінійного розміру від двох інших, з іншого, призводить, як проаналізовано вище, до виникнення факторів форми. Кожний лінійний розмір присутній у двох факторах форми (довжина – у співвідношеннях довжина-висота та довжина-ширина, і т. под. – для інших співвідношень), які по-різному поєднуються між собою. На рис. 3.5 – 3.7 проаналізовано розподіл поєднань значень парних (таких, що спираються на один загальний лінійний розмір) факторів форми.

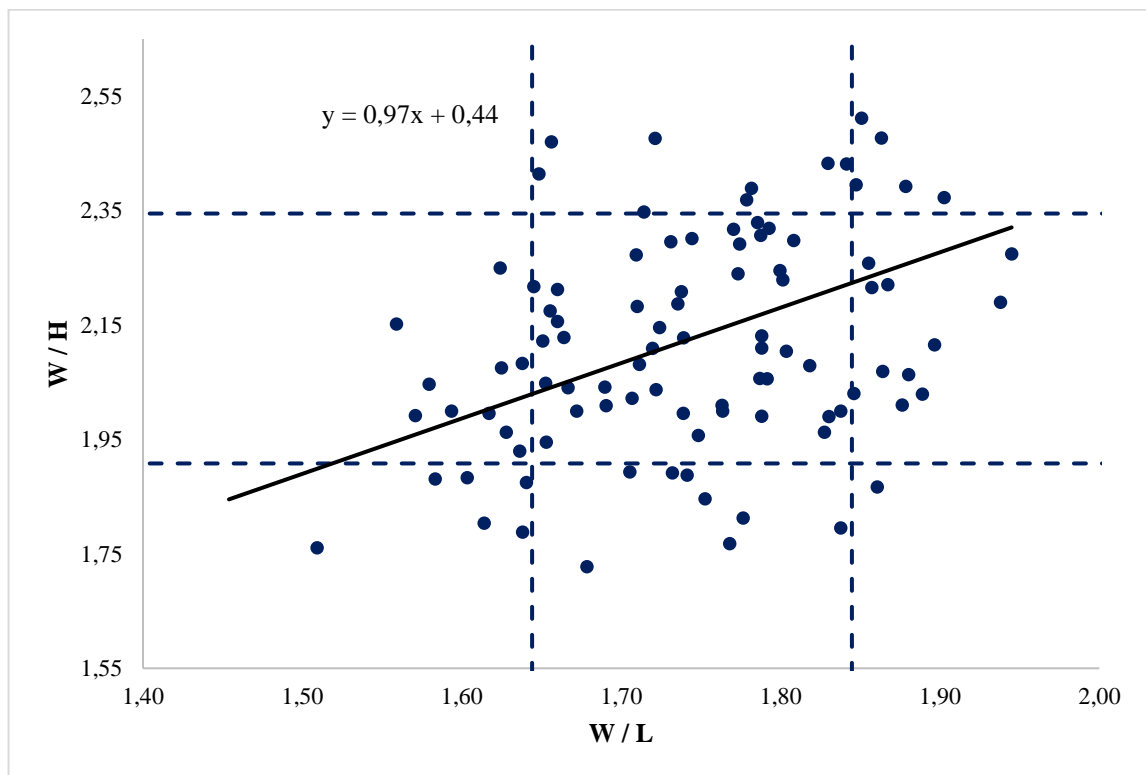


Рис. 3.5. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну ширину мозочка.

Як видно із даних рис. 3.5 і табл. 3.2, мінливість співвідношення W / L помітно більша за мінливість значень співвідношення W / H ; між ними спостерігається значущий кореляційний зв'язок середньої сили ($r = 0.44$, $p < 0.01$). Серед мозочків із середніми значеннями W / H зустрічаються такі, що мають як

малі, так і середні і великі значення W / L . Тобто мозочки, що виглядають пропорційними у корональній площині, у перпендикулярній їй горизонтальній площині мають вигляд або як широкі та короткі, або як пропорційні, або як довгі та вузькі.

Для подальшого аналізу даних, наведеному на рис. 3.6 та 3.7 і далі, були використані формули розрахунку співвідношень лінійних розмірів, зворотні таким, наведеним у формулах 3.1-3.3:

$$\text{співвідношення довжини і ширини: } L/W; \quad (3.4)$$

$$\text{співвідношення висоти і ширини: } H/W; \quad (3.5)$$

$$\text{співвідношення висоти і довжини: } H/L. \quad (3.6)$$

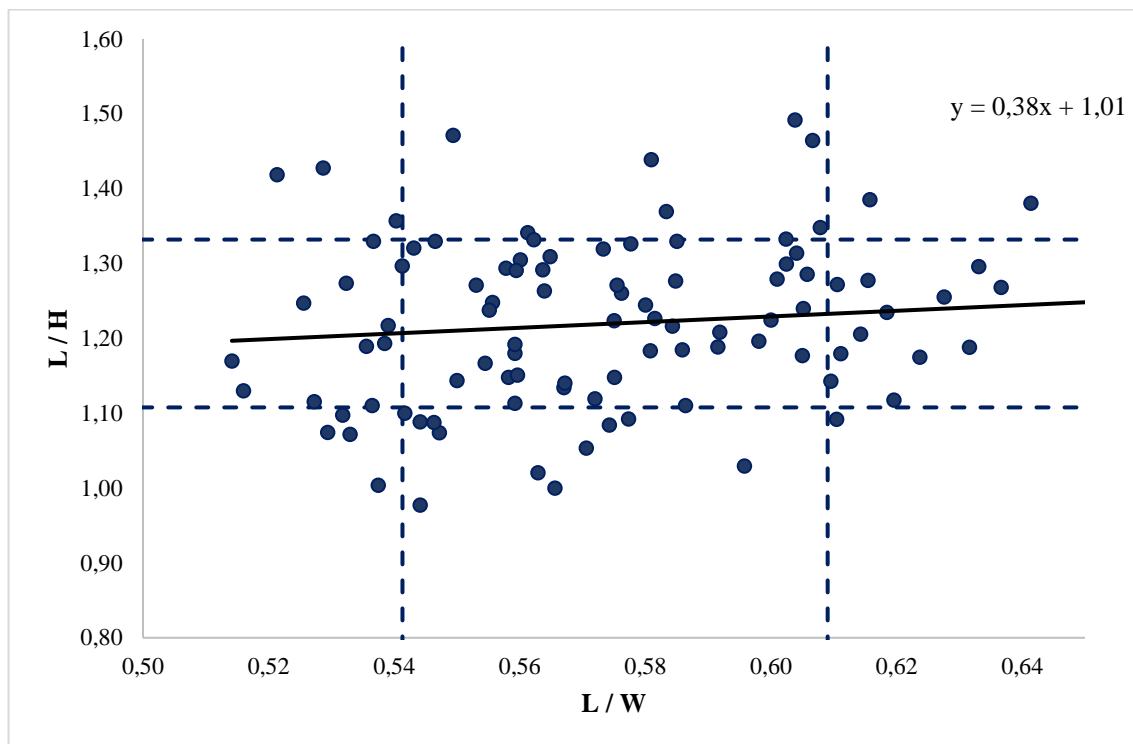


Рис. 3.6. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну довжину мозочка.

Як видно із даних рис. 3.6, розподіл поєднань значень L / W і L / H , а також незначний нахил лінії регресії свідчать про те, що зв'язок між факторами форми, що характеризують відносну довжину мозочка, є слабким і незначущим ($r = 0.11$,

$p > 0.05$). Об'єкти, що мають середні значення L / H , можуть мати малі, середні або великі значення L / W . Таким чином, пропорційні у сагітальній площині мозочки можуть виглядати як відносно довгі і вузькі або відносно короткі та широкі.

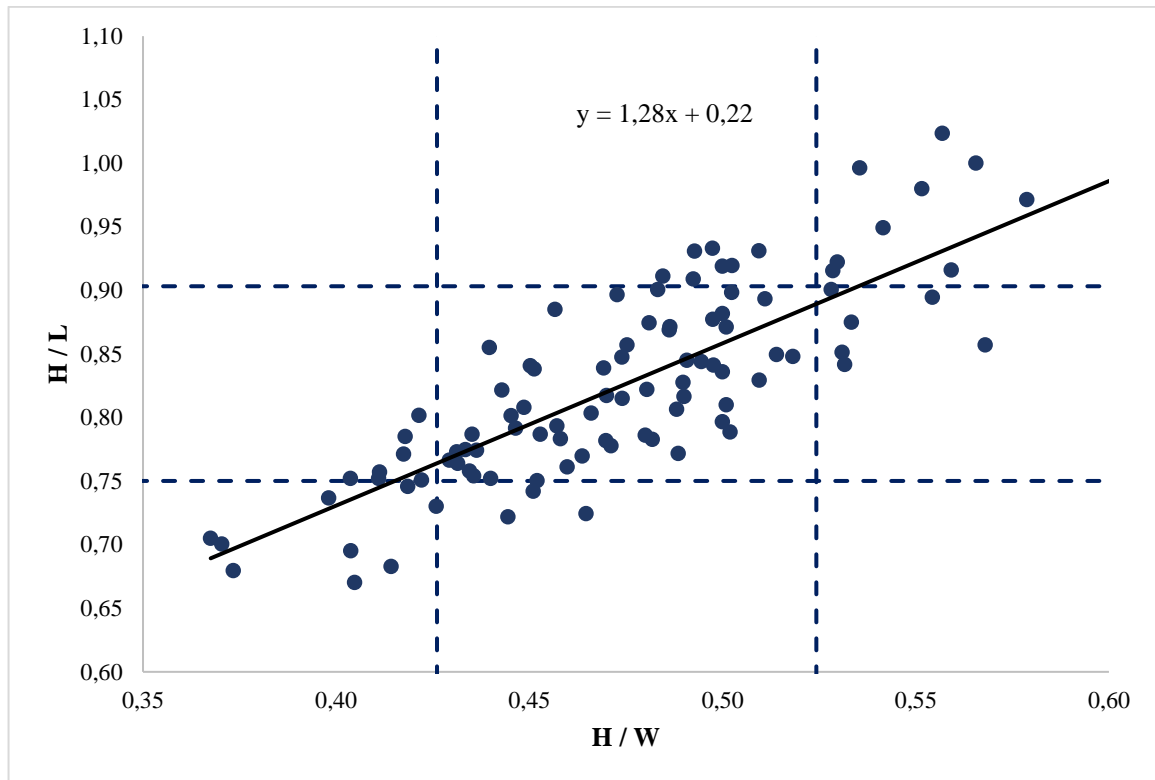


Рис. 3.7. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну висоту мозочка.

Розподіл поєднань значень факторів форми, які визначаються висотою, суттєво відрізняється від попереднього (рис. 3.7). Він помітний, значної кореляційної сили, і статистично значущий ($r = 0.82$, $p < 0.01$).

У підсумку, як видно з даних, наведених на рис. 3.5 – 3.7, простежується відносна незалежність мінливості факторів форми. Так, мозочки, середні за співвідношенням ширини і довжини (за даними рис. 3.5), за співвідношенням ширини і висоти можуть бути або також середніми, або непропорційними – відносно високими і вузькими або відносно широкими та низькими.

З попереднього аналізу видно, що форма мозочка як тривимірного об'єкта визначається співвідношенням усіх трьох лінійних розмірів, поєднанням усіх трьох

факторів форми. Розподіл значень усіх трьох факторів форми за величиною ознаки зіставлений разом у табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

**Варіанти форм мозочка, що спостерігалися
(за факторами форми)**

№	W / L	W / H	L / H	Кількість
1	Широкий та короткий	Широкий та низький	Довгий та низький	3
2	Широкий та короткий	Широкий та низький	Пропорційний	5
3	Широкий та короткий	Пропорційний	Пропорційний	7
4	Широкий та короткий	Пропорційний	Короткий та високий	4
5	Широкий та короткий	Вузький та високий	Короткий та високий	1
6	Пропорційний	Широкий та низький	Довгий та низький	7
7	Пропорційний	Широкий та низький	Пропорційний	1
8	Пропорційний	Пропорційний	Довгий та низький	2
9	Пропорційний	Пропорційний	Пропорційний	42
10	Пропорційний	Пропорційний	Короткий та високий	3
11	Пропорційний	Вузький та високий	Пропорційний	2
12	Пропорційний	Вузький та високий	Короткий та високий	7
13	Вузький та довгий	Пропорційний	Довгий та низький	2
14	Вузький та довгий	Пропорційний	Пропорційний	8
15	Вузький та довгий	Вузький та високий	Пропорційний	4
16	Вузький та довгий	Вузький та високий	Короткий та високий	2
			Разом	100

Як видно з даних табл. 3.3, спостерігається різноманіття поєднань факторів форми мозочка. 42 мозочки пропорційні по усім трьом факторам форми (група 9). У 35 мозочків один лінійний розмір (наприклад – ширина) відносно двох інших розмірів або відносно великий (група 1, 2), або, навпаки, відносно малий (група 15, 16); при цьому інші два розміри або між собою пропорційні (29 мозочків – групи 2, 4, 6, 12, 13, 15), або не пропорційні (6 мозочків, групи 1, 5, 16). 23 мозочка мають середні значення двох з трьох факторів форми, тоді як співвідношення двох лінійних розмірів не є пропорційним (групи 3, 7, 8, 10, 11, 14).

3.2.3. Показники, що визначають форму мозочка: відносні параметри мозочка

Як показано вище, при визначенні форми мозочка треба враховувати, як співвідносяться між собою фактори, отже, як один лінійний розмір водночас співвідноситься з двома іншими. Для опису форми мозочка за відношенням одного лінійного розміру до двох інших пропонуються відносні параметри: *відносна ширина мозочка* (rW), *відносна довжина мозочка* (rL) та *відносна висота мозочка* (rH), які визначаються за формулами:

$$rW = \frac{W}{L} \times \frac{W}{H} = \frac{W^2}{L \times H} \quad (3.7)$$

$$rH = \frac{H}{W} \times \frac{H}{L} = \frac{H^2}{W \times L} \quad (3.8)$$

$$rL = \frac{L}{H} \times \frac{L}{W} = \frac{L^2}{H \times W} \quad (3.9)$$

Дані щодо розподілу значень відносних параметрів мозочка наведені у табл.

3.4.

Таблиця 3.4.

Статистичне оцінювання розподілу значень відносних параметрів мозочка

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
rW	3,71	0,05	0,51	13,81	2,22	5,22
rL	0,7	0,01	0,08	11,65	0,52	0,9
rH	0,4	0,01	0,08	19,34	0,25	0,62

Згідно даних, наведених у табл. 3.4, форму мозочка в цілому можна охарактеризувати за величиною відносного параметра. Так само, як при аналізі

факторів форми, у разі якщо значення параметрів мозочка, що досліджується, знаходяться в області середніх значень, такий мозочок характеризують як пропорційний, тоді як крайні значення говорять про диспропорційність:

- *відносно широкі*, з великим значенням rW ($4.27 \div 5.22$) або навпаки – *відносно вузькі* з малим значенням rW ($2.22 \div 3.2$).
- *відносно довгі*, з великим значенням rL ($0.78 \div 0.9$) або навпаки – *відносно короткі* з малим значенням rL ($0.52 \div 0.62$).
- *відносно високі*, з великим значенням rH ($0.48 \div 0.63$) або навпаки – *відносно низькі* з малим значенням rH ($0.25 \div 0.32$).

На рис. 3.8. показано співвідношення мозочків із різною величиною усіх трьох факторів форми.

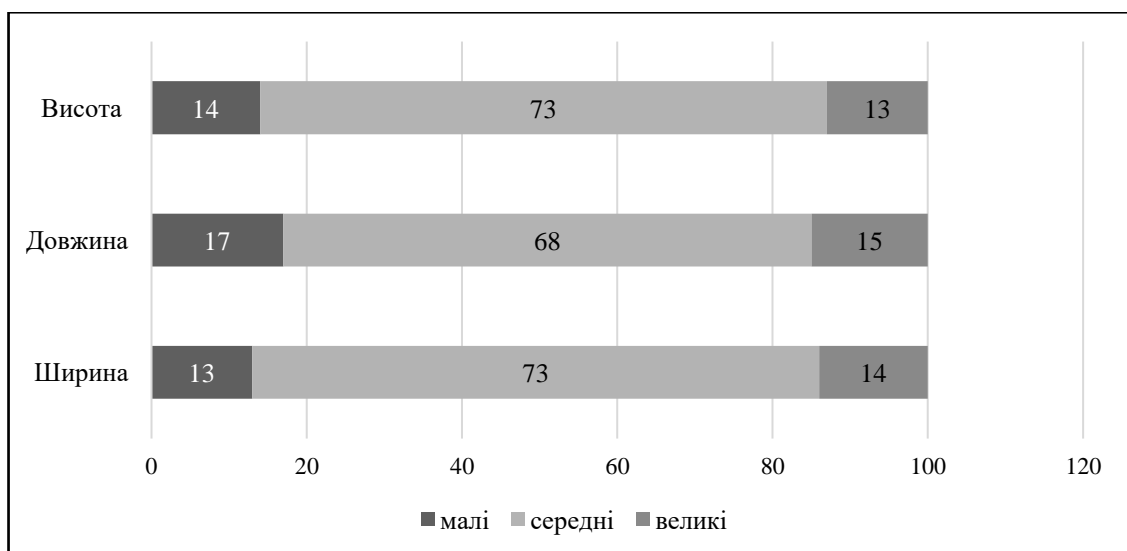


Рис. 3.8. Співвідношення мозочків із різними значеннями відносних параметрів.

3.2.4. Мінливість зовнішньої будови мозочка людини

На нашу думку, саме відносна величина лінійного розміру визначає його внесок у форму і вплив на зовнішню будову мозочка.

Так, *відносно широкі* мозочки мають великий діастаз між півкулями й мигдаликами, широкі задню і передню вирізки. Протилежний тип – *відносно вузькі* мозочки – виглядають стиснутими з боків, їхня задня вирізка вужче, ніж у мозочків

іншої форми, має вигляд щілини. Нижній черв'як не видно, або помітно одну його часточку. Мигдалики щільно прилягають один до одного.

Півкулі *відносно високих* мозочків масивні, утворюють гостру вершину. Протилежний їм тип – *відносно низькі* мозочки – виглядають сплющеними. Схил черв'яка виступає над верхньою поверхнею півкуль.

Відносно довгі мозочки мають глибоку передню вирізку. Хід звивин нагадує параболи. Навпаки, у *відносно коротких* об'єктів черв'як виступає наперед відносно переднього краю півкуль і тим самим зменшує глибину передньої вирізки.

Отже, наявні специфічні морфологічні ознаки, які визначаються відносними шириною, довжиною та висотою мозочка.

3.2.5. Закономірності мінливості форми та зовнішньої будови мозочка людини

Наприкінці проаналізуємо, як поєднуються між собою відносні розміри. На рис. 3.9 – 3.11 показані парні поєднання усіх трьох відносних розмірів.

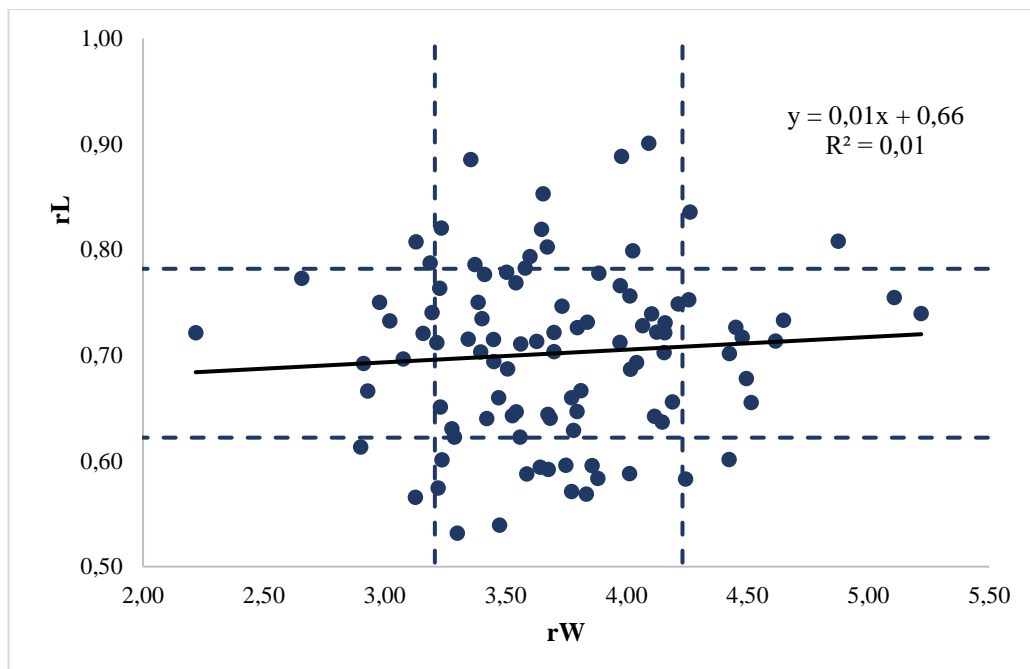


Рис. 3.9. Співвідношення відносної ширини і відносної довжини мозочків.

Як видно з даних рис. 3.9, об'єкти, що мають великі значення rW , тобто відносно широкі мозочки, мають в більшості середні значення rL . Найбільше різноманіття розподілу значень rL спостерігається серед мозочків, які мають значення відносної ширини, близькі до середнього вибіркового значення. Об'єкти, що мають малі значення rW , тобто відносно вузькі мозочки, мають здебільшого середні значення rL . Між значеннями rW і rL був виявлений слабкий кореляційний зв'язок, що є незначущим ($r = 0.08$, $p > 0.05$).

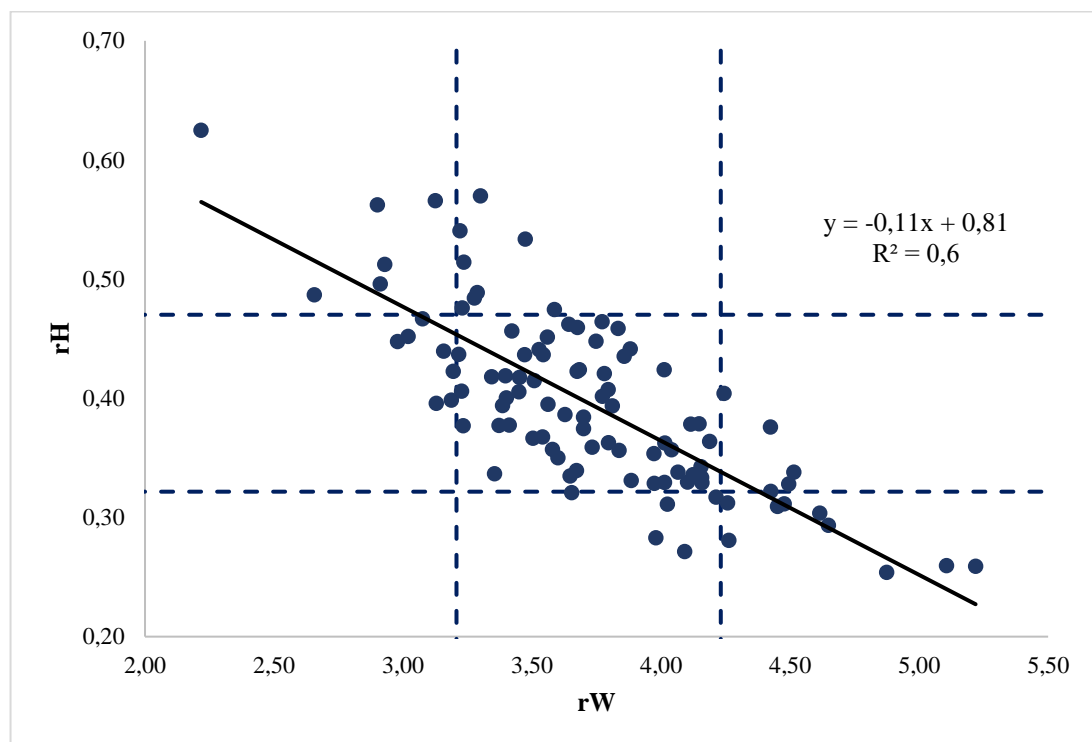


Рис. 3.10. Співвідношення відносної ширини і відносної довжини мозочків.

Дані рис. 3.10 свідчать про те, що відносно широкі мозочки потрапляють в області малих і середніх значень rH . Об'єкти з середніми значеннями rW , тобто пропорційні за шириною, в більшості мають середні значення rH . Відносно короткі мозочки мають середні та великі значення відносної висоти. Одночасно відносно широкі і високі, а також відносно вузькі і широкі форми взагалі не зустрічаються. Простежується тенденція до зниження значень rW при збільшенні rH , про що свідчить і нахил лінії регресії. Було знайдено сильний статистично значущий

зворотній кореляційний зв'язок між відносною шириною і відносною висотою ($r = 0.78, p < 0.01$).

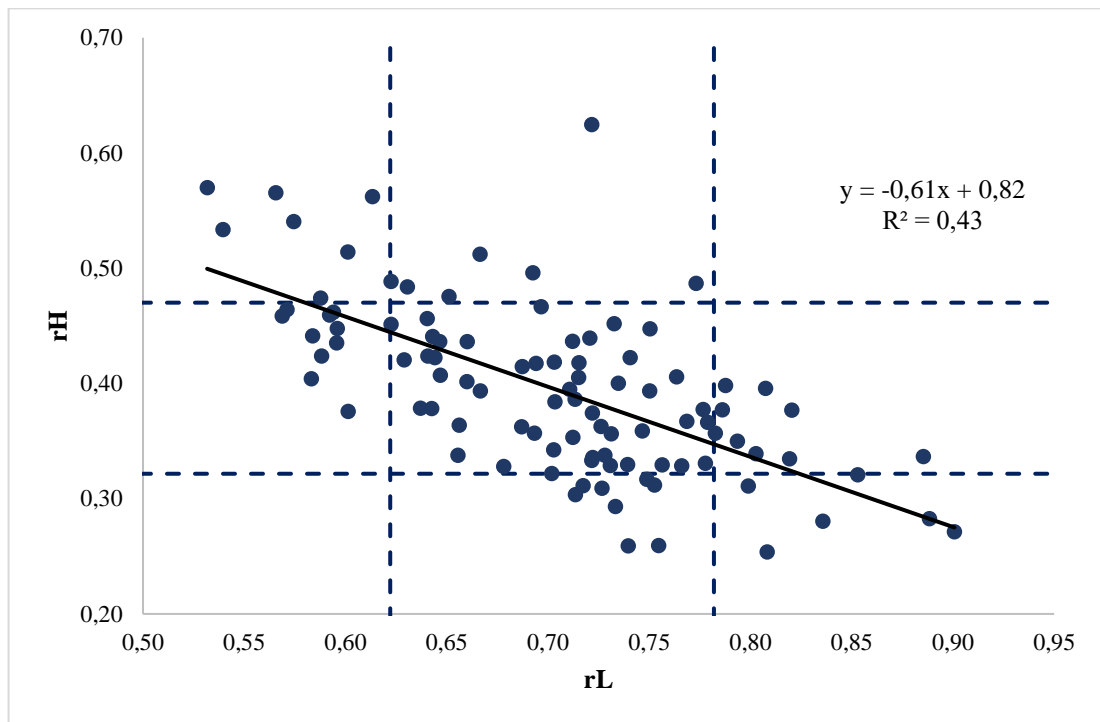


Рис. 3.11. Співвідношення відносної довжини і відносної довжини мозочків.

Об'єкти з великими значеннями rL (відносно довгі мозочки) мають малі та середні значення rH . Переважна більшість пропорційних за довжиною мозочків є пропорційною за висотою, проте в окремих випадках зустрічаються об'єкти з малими значеннями rH , що відповідають відносно низьким мозочкам, та навпаки, великі значення, що відповідають відносно високим. Об'єкти з малими значеннями rL (відносно короткі) мають великі та середні значення rH . Взагалі не спостерігаються одночасно відносно короткі та низькі форми і відносно довгі та високі. У цілому значення відносної довжини зменшуються зі збільшенням значень відносної висоти. Спостерігається сильний статистично значущий зворотній лінійний взаємозв'язок rL і rH ($r = 0.66, p < 0.01$).

Розподіл значень усіх трьох відносних параметрів за величиною ознаки зіставлений разом у табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

Варіанти форм мозочка, що спостерігалися (за відносними параметрами)

№	rW	rL	rH	Кількість
1	Широкий	Довгий	Низький	2
2	Широкий	Пропорційний	Пропорційний	3
3	Широкий	Пропорційний	Низький	7
4	Широкий	Короткий	Пропорційний	2
5	Пропорційний	Довгий	Пропорційний	7
6	Пропорційний	Довгий	Низький	4
7	Пропорційний	Пропорційний	Високий	3
8	Пропорційний	Пропорційний	Пропорційний	45
9	Пропорційний	Пропорційний	Низький	1
10	Пропорційний	Короткий	Високий	4
11	Пропорційний	Короткий	Пропорційний	9
12	Вузький	Довгий	Пропорційний	2
13	Вузький	Пропорційний	Високий	4
14	Вузький	Пропорційний	Пропорційний	5
15	Вузький	Короткий	Високий	2
Всього				100

Як видно з даних табл. 3.5, спостерігається різноманіття поєднань параметрів форми мозочка. 45 мозочків мають середні значення кожного з трьох параметрів (група 8), 28 мають середні значення двох з трьох параметрів (групи 2, 5, 7, 9, 11, 14). Ще у 23 мозочків лише один параметр знаходиться в області середніх значень (групи 3, 4, 6, 10, 12, 13), також спостерігалися 4 непропорційні мозочки (групи 1, 15).

Поєднання відносних параметрів остаточно визначають особливості форми і зовнішньої будови мозочка. Наприклад, відносно вузькі мозочки, у яких середня відносна довжина (групи 13, 14) мають симетрично розташовані мигдалики, що щільно прилягають один до одного, тоді як відносно вузькі і водночас відносно довгі мозочки (група 12) мають щільно і водночас несиметрично розташовані мигдалики, що заходять один за однієї, як бранші гаманця. Відносна довжина мозочка впливає на глибину передньої вирізки, відносна ширина – на її ширину.

Відносна ширина впливає на ширину долинки мозочка, відносна висота – на її глибину, і т. д.

Наскільки виражена та чи інша ознака – залежить від того, як сильно відхиляється від середньої величина відносного параметру, який на неї впливає.

Основні положення, викладені у Розділі 3, опубліковані в таких наукових працях:

1. Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. Acta Morphologica Et Anthropologica. 2023;30(3-4):78-86. doi:10.7546/AMA.30.3-4.2023.10
2. Kalinichenko M. Morphological study of the cerebellum. Acta Neurobiologiae Experimentalis; 2022 Oct. 15-17; Krakov, Poland. Krakow: 12th Neuronus Neuroscience Forum; 2022. p. 78.
3. Kalinichenko M. A new formula to describe cerebellar shape. First step to science: XXth Scientific students and young scientists conference with international participation; 2023 Apr. 21-22; Vinnytsya. Vinnytsya: National Pirogov Memorial Medical University, 2023. p. 576-577.

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ КЛІНІЧНОЇ АНАТОМІЇ МОЗОЧКА: ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ МОЗОЧКА ПРИ МОРФОМЕТРІЇ МР ТОМОГРАМ

4.1. Мінливість лінійних розмірів мозочка.

У табл. 4.1 наведені значення *ширини* (W), *довжини* (L) та *висоти* (H) мозочка, що вимірювались на томограмах у трьох відповідних стандартних проєкціях (у сагітальній – L_{sag} і H_{sag} , у корональній – W_{cor} і H_{cor} , в аксіальній – W_{ax} і L_{ax}).

Таблиця 4.1.

Статистичне оцінювання розподілу значень розмірів мозочка

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
W_{ax}	104.9	1.0	5.5	5.24	94.2	116.6
W_{cor}	106.4	1.0	5.7	5.31	95.8	118.7
L_{ax}	58.61	0.78	4.26	7.27	48.8	67.2
L_{sag}	60.72	0.55	2.99	4.92	54.6	67.8
H_{cor}	58.32	0.65	3.55	6.08	49.9	63.4
H_{sag}	45.81*	0.55	3.04	6.63	38.7	52.7

Примітка: * – різниця з H_{cor} статистично значуща для $p < 0.05$.

Як видно із даних таблиці 4.1, мінливість значень лінійних розмірів мозочків вибірки, що досліджувалась, є, але вона незначна; найбільша мінливість спостерігається у L_{ax} ($Cv=7.27\%$), найменша – у L_{sag} ($Cv=4.92\%$). Статистичні показники розподілу значень одного й того самого лінійного розміру мозочка, що визначені у взаємно перпендикулярних томографічних проєкціях, різняться; але лише різниця значень висоти статистично значуща.

На рисунках 4.1 – 4.3 показано розподіл поєднань значень одного лінійного розміру на двох різних проекціях.

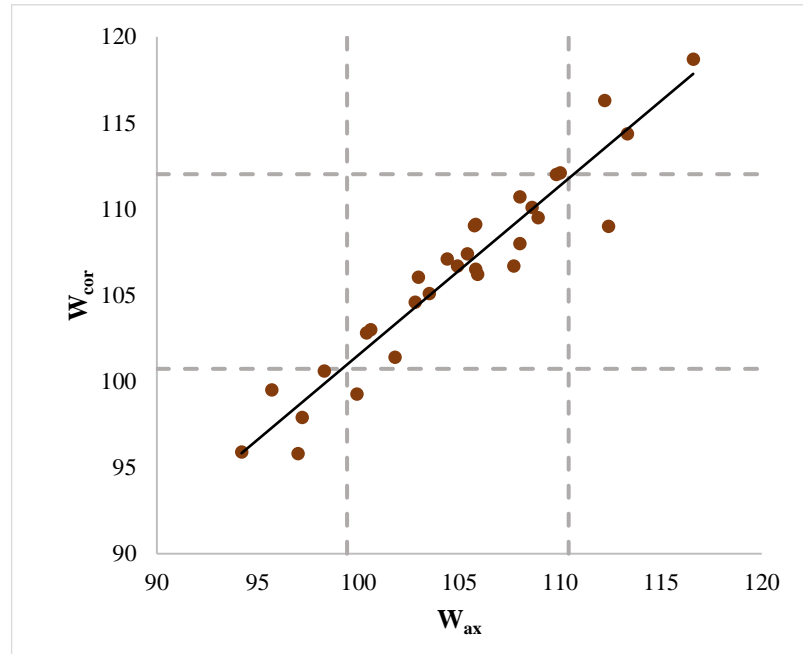


Рис. 4.1. Розподіл значень ширини мозочка у аксіальній та корональній проекціях.

Примітка: пунктирні лінії відповідають значенням $M-S$ та $M+S$ (тут і далі).

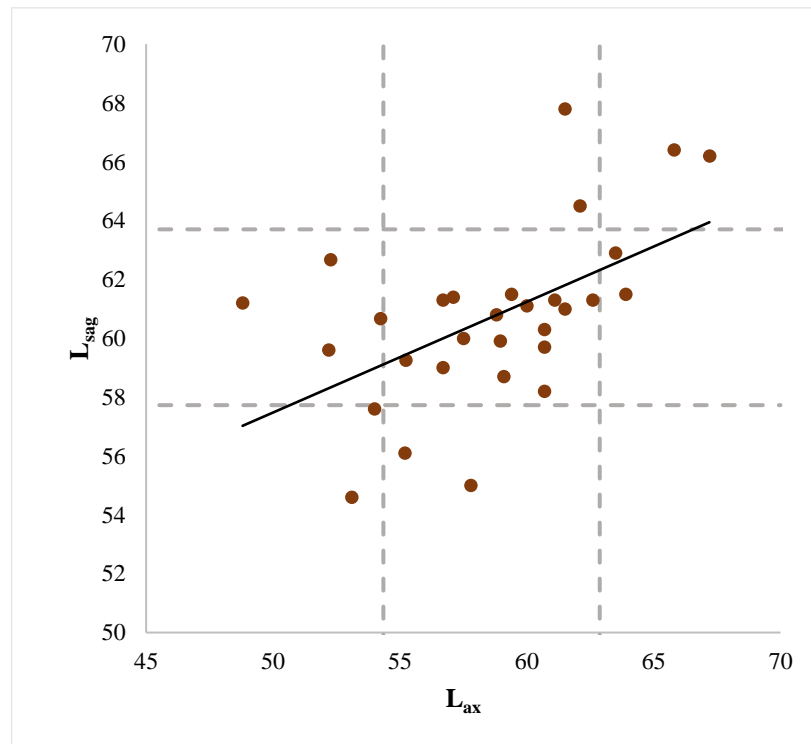


Рис. 4.2. Розподіл значень довжини мозочка у аксіальній та сагітальній проекціях.

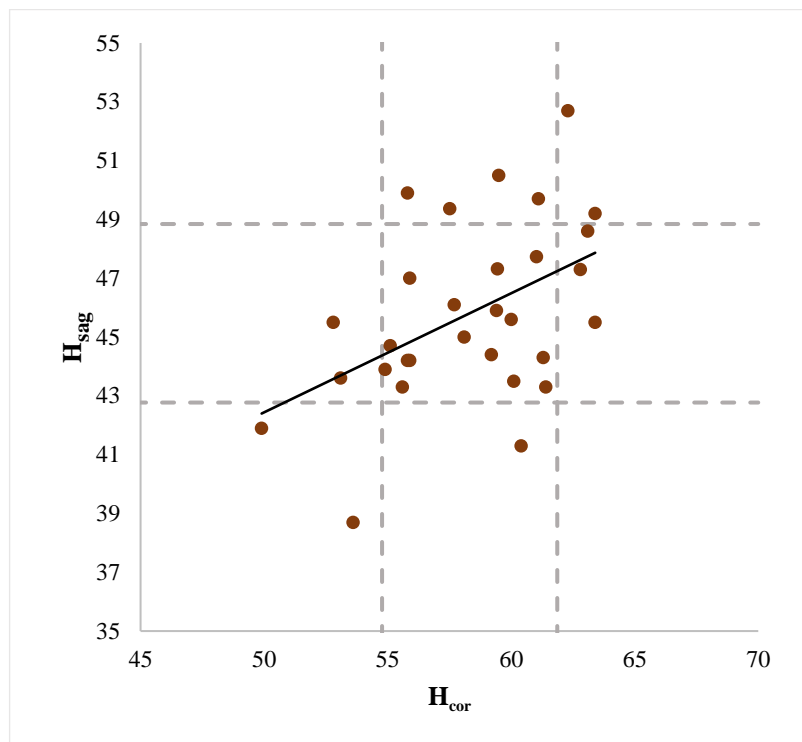


Рис. 4.3. Розподіл значень висоти мозочка у корональній та сагітальній проекціях.

Як видно із даних табл. 4.1 і рис. 4.1 – 4.3, ширина мозочка майже однаково визначається у двох різних проекціях, більше розбіжність при визначенні довжини; максимальна різниця значень виявляється при вимірюванні висоти. Цей факт цілком пояснюється складною тривимірною організацією мозочка. Іноді за величиною ознаки значення одного розміру у різних проекціях може належати до різних груп. Так, ці розбіжності спостерігалися на 3 мозочках при порівнянні W_{ax} і W_{cor} , на 10 мозочках при порівнянні L_{ax} і L_{sag} та ще на 10 мозочках при порівнянні H_{cor} і H_{sag} .

4.2. Мінливість факторів форми

Крім різниці значень одного лінійного розміру, що вимірюється на взаємно перпендикулярних проекціях, визначається мінливість *поєднань* парних лінійних розмірів (ширини і довжини, ширини і висоти, довжини і висоти) на відповідних

проекціях (аксіальній, корональній, сагітальній). На рисунках 4.4-4.6 показано розподіл значень взаємно перпендикулярних розмірів у відповідних проекціях.

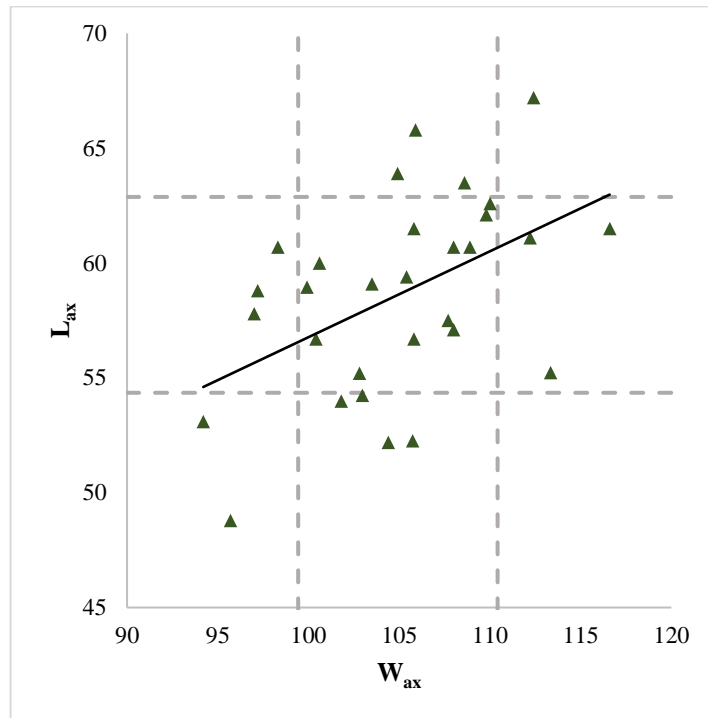


Рис. 4.4. Розподіл значень ширини і довжини мозочка у аксіальній проекції.

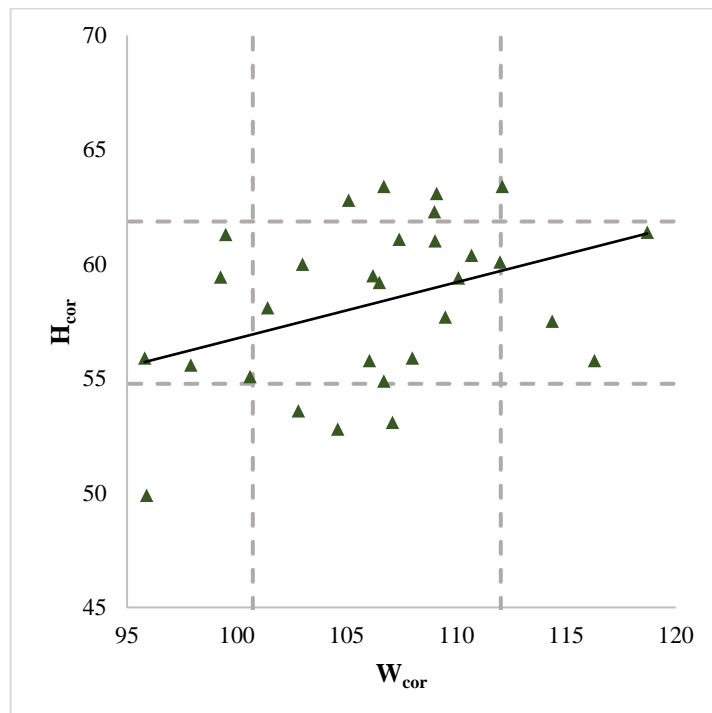


Рис. 4.5. Розподіл значень ширини і висоти мозочка у корональній проекції.

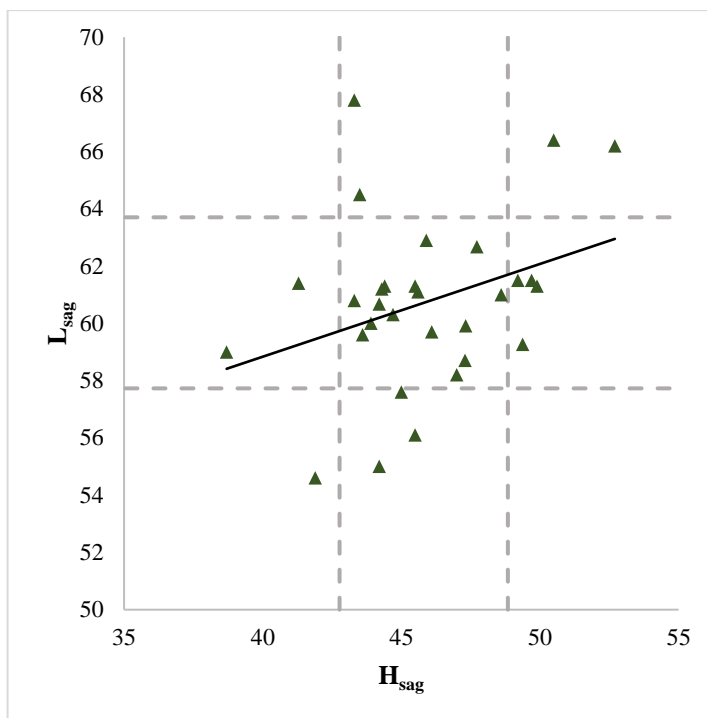


Рис. 4.6. Розподіл значень висоти і довжини мозочка у сагітальній проекції.

Кореляційний аналіз показав середній за силою статистично значущий лінійний взаємозв'язок між значеннями W_{ax} і L_{ax} ($r=0.48$; $p<0.01$); середній за силою статистично значущий лінійний взаємозв'язок – між W_{cor} і H_{cor} ($r=0.39$; $p<0.05$), а також середній за силою, але статистично незначущий лінійний взаємозв'язок – між L_{sag} і H_{sag} ($r=0.33$; $p>0.05$).

Для оцінювання форми мозочка на МР зображеннях були розраховані *фактори форми* – співвідношення розмірів мозочка, що визначались у відповідних проекціях:

$$\text{у аксіальній проекції} \quad W_{ax}/L_{ax} \quad (4.1)$$

$$\text{у корональній проекції} \quad W_{cor}/H_{cor} \quad (4.2)$$

$$\text{у сагітальній проекції} \quad L_{sag}/H_{sag} \quad (4.3)$$

Мінливість величини лінійних розмірів і мінливість поєднань значень парних розмірів на відповідних проекціях (відсутність функціонального взаємозв'язку між ними) призводять до різноманіття співвідношень (факторів форми; табл. 4.2)

Таблиця 4.2.

Статистичне оцінювання розподілу значень співвідношень розмірів мозочка

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
W_{ax} / L_{ax}	1.796	0.022	0.121	6.72	1.61	2.05
W_{cor} / H_{cor}	1.828	0.021	0.116	6.36	1.62	2.08
L_{sag} / H_{sag}	1.330	0.017	0.094	7.04	1.2	1.57

За даними табл. 4.2, і згідно даних, що подані у першому розділі дослідження, форму мозочка у окремих проекціях можна охарактеризувати за відносною величиною фактору форми. У разі, якщо значення фактору форми мозочка, що досліджується, знаходиться в області *середніх значень*, такий мозочок характеризується як пропорційний, тоді як крайні значення говорять про диспропорційність:

- *відносно широкий та короткий*, з великим значенням співвідношення W_{ax}/L_{ax} (1.92÷2.05), або навпаки – *відносно вузький та довгий*, з малим значенням даного співвідношення (1.61÷1.68);
- *відносно широкий та низький*, з великим значенням співвідношення W_{cor}/H_{cor} (1.94÷2.08), або навпаки – *відносно вузький та високий*, з малим значенням даного співвідношення (1.62÷1.71);
- *відносно довгий та низький*, з великим значенням співвідношення L_{sag}/H_{sag} (1.42÷1.57), або навпаки – *відносно короткий та високий*, з малим значенням даного співвідношення (1.2÷1.24).

За співвідношенням ширини і довжини (у аксіальній проекції), 19 мозочків можна віднести до пропорційних, 4 – відносно широкі і короткі, 7 – відносно вузькі та довгі. За співвідношенням ширини і висоти (у корональній проекції), 21 мозочок можна віднести до пропорційних, 5 – відносно широкі і низькі, 4 – відносно вузькі та високі. За співвідношенням довжини і висоти (у сагітальній проекції), 21 мозочок можна віднести до пропорційних, 4 – відносно довгі і низькі, 5 – відносно короткі та високі.

4.3. Відносні параметри мозочка

Внесок лінійного розміру в обидва фактори форми не однаковий; фактори форми по-різному поєднуються між собою (рис. 4.7-4.9).

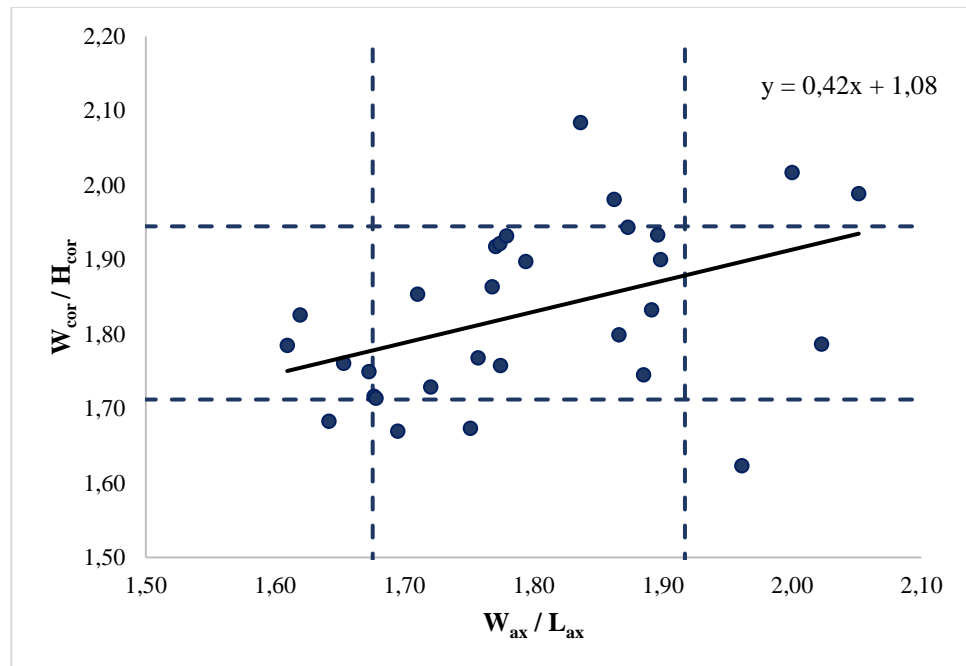


Рис. 4.7. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну ширину мозочка.

Як видно з даних рис. 4.7, об'єкти з великими значеннями відношення W_{ax} / L_{ax} , мають малі, середні та великі значення відношення W_{cor} / H_{cor} . Більшість об'єктів з середніми значеннями W_{ax} / L_{ax} мають середні значення W_{cor} / H_{cor} . У мозочків зі значеннями W_{ax} / L_{ax} менше M-S, значення W_{cor} / H_{cor} здебільшого середні. Простежується тенденція до збільшення значень W_{ax} / L_{ax} при збільшенні W_{cor} / H_{cor} , про що свідчить і нахил лінії регресії: спостерігається прямий значущий взаємозв'язок середньої сили між цими відношеннями ($r = 0.43$, $p < 0.05$).

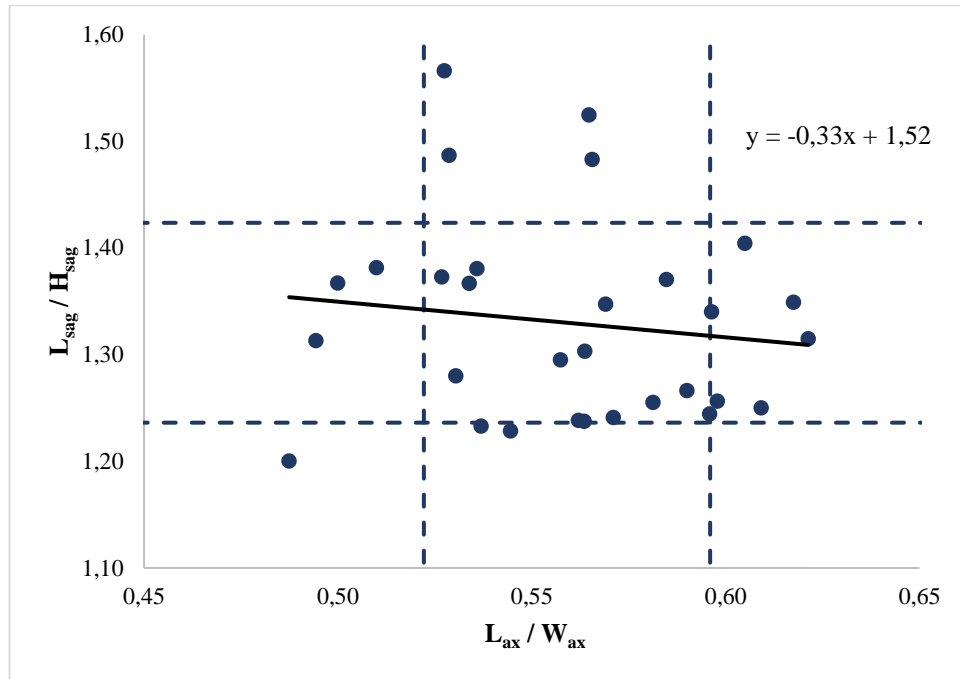


Рис. 4.8. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну довжину мозочка.

Як видно з даних рис. 4.8 і 4.9, мінливості факторів форми, що характеризують відносну довжину і відносну висоту мозочка, відносно незалежні. Об'єкти з великими значеннями відношення L_{ax} / W_{ax} потрапляють лише в область середніх значень відношення L_{sag} / H_{sag} (рис. 4.8). Більшість об'єктів з середніми значеннями L_{ax} / W_{ax} мають середні значення L_{sag} / H_{sag} , найменше – малі. У мозочків з малими значеннями L_{ax} / W_{ax} значення L_{sag} / H_{sag} середні або малі. У цілому значення L_{ax} / W_{ax} зменшуються зі збільшенням значень L_{sag} / H_{sag} ; спостерігається слабкий статистично незначущий зворотній лінійний взаємозв'язок ($r = -0.13$, $p > 0.05$).

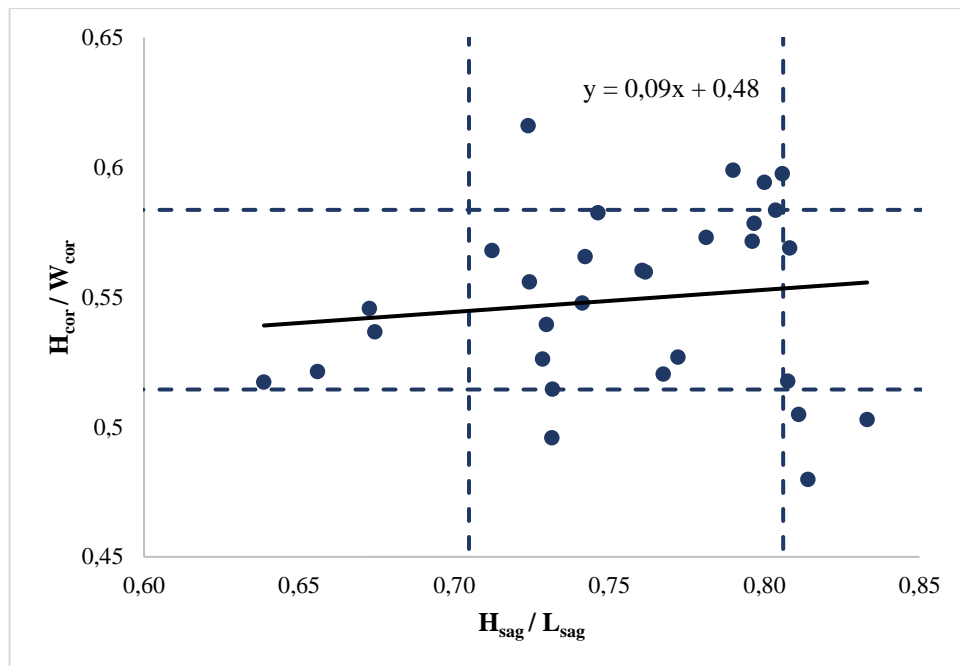


Рис. 4.9. Розподіл поєднань значень факторів форми, що характеризують відносну висоту мозочка.

Дані рис. 4.9 свідчать про те, що об'єкти з великими значеннями відношення $H_{\text{sag}} / L_{\text{sag}}$ в більшості потрапляють в область малих значень відношення $H_{\text{cor}} / W_{\text{cor}}$. Більшість об'єктів з середніми значеннями $H_{\text{sag}} / L_{\text{sag}}$ мають середні значення $H_{\text{cor}} / W_{\text{cor}}$, менше великі і найменше – малі. У мозочків з малими значеннями $H_{\text{sag}} / L_{\text{sag}}$ значення $H_{\text{cor}} / W_{\text{cor}}$ лише середні. Нахил лінії регресії свідчить про те, що значення $H_{\text{sag}} / L_{\text{sag}}$ збільшуються зі збільшенням значень $H_{\text{cor}} / W_{\text{cor}}$, проте лінійний зв'язок цих відношень є слабким і статистично незначущим ($r = 0.12$, $p > 0.05$).

Розподіл значень усіх трьох факторів форми за величиною ознаки зіставлений разом у табл. 4.3.

Як видно з даних табл. 4.3, спостерігається різноманіття поєднань варіантів форми мозочка у різних проекціях. 8 мозочків пропорційні по усім трьом факторам форми (група 8), 16 мають середні значення двох з трьох параметрів (групи 3, 5, 7, 9-11). Ще у 5 мозочків лише один параметр знаходиться в області середніх значень (групи 1, 4, 6, 12). До непропорційних по величині усіх трьох факторів форми відноситься лише 1 мозочок (група 2).

Таблиця 4.3.

**Поєднання варіантів форми мозочка,
що визначалися за величиною факторів форми в різних проекціях**

№	W_{ax} / L_{ax}	W_{cor} / H_{cor}	L_{sag} / H_{sag}	Кільк.
1	Широкий та короткий	Широкий та низький	Пропорційний	1
2	Широкий та короткий	Широкий та низький	Короткий та високий	1
3	Широкий та короткий	Пропорційний	Пропорційний	1
4	Широкий та короткий	Вузкий та високий	Пропорційний	1
5	Пропорційний	Широкий та низький	Пропорційний	1
6	Пропорційний	Широкий та низький	Короткий та високий	2
7	Пропорційний	Пропорційний	Довгий та низький	4
8	Пропорційний	Пропорційний	Пропорційний	8
9	Пропорційний	Пропорційний	Короткий та високий	2
10	Пропорційний	Вузкий та високий	Пропорційний	2
11	Вузкий та довгий	Пропорційний	Пропорційний	6
12	Вузкий та довгий	Вузкий та високий	Пропорційний	1
Разом				30

Для оцінювання форми мозочка як тривимірної структури, на МР зображеннях пропонуються параметри, що враховують співвідношення одного лінійного розміру мозочка до двох інших, а саме: *відносна ширина мозочка* (W_r), *відносна довжина мозочка* (L_r) та *відносна висота мозочка* (H_r). Їх розраховують за формулами:

$$W_r = \frac{W_{ax} \times W_{cor}}{L_{ax} \times H_{cor}} \quad (4.4)$$

$$L_r = \frac{L_{ax} \times L_{sag}}{W_{ax} \times H_{sag}} \quad (4.5)$$

$$H_r = \frac{H_{cor} \times H_{sag}}{W_{cor} \times L_{sag}} \quad (4.6)$$

Дані відносних параметрів мозочка наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

Статистичне оцінювання розподілу значень відносних розмірів мозочка

Показник	Статистичний критерій					
	M	m	S	Cv,%	min	max
W_r	3.290	0.067	0.367	11.15	2.76	4.08
L_r	0.743	0.012	0.066	8.87	0.59	0.86
H_r	0.415	0.007	0.040	9.74	0.33	0.48

Згідно цих даних, форму мозочка в цілому можна охарактеризувати за величиною відносного параметра. Так само, як при аналізі факторів форми, у разі якщо значення параметрів мозочка, що досліджується, знаходяться в області середніх значень, такий мозочок характеризують як пропорційний, тоді як крайні значення говорять о диспропорційності:

- *відносно широкі*, з великим значенням W_r (3.66÷4.08) або навпаки – *відносно вузькі* з малим значенням W_r (2.76÷2.92).
- *відносно довгі*, з великим значенням L_r (0.81÷0.86) або навпаки – *відносно короткі* з малим значенням L_r (0.59÷0.68).
- *відносно високі*, з великим значенням H_r (0.46 ÷ 0.48) або навпаки – *відносно низькі* з малим значенням H_r (0.33÷0.37).

За відотною шириною 19 мозочків можна віднести до пропорційних, 5 – відносно широкі, 6 – відносно вузькі. За відотною довжиною 19 мозочків можна віднести до пропорційних, 6 – відносно довгі, 5 – відносно короткі. За відотною висотою 20 мозочків можна віднести до пропорційних, 5 – відносно високі, 5 – відносно низькі.

Розподіл значень усіх трьох відносних розмірів за величиною ознаки зіставлений разом у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Варіанти форм мозочка, що спостерігалися (за відносними параметрами)

№	Варіанти форми			Кількість
	W_r	L_r	H_r	
1	Широкий	Довгий	Низький	1
2	Широкий	Пропорційний	Низький	1
3	Широкий	Короткий	Пропорційний	3
4	Пропорційний	Пропорційний	Низький	1
5	Пропорційний	Довгий	Низький	2
6	Пропорційний	Пропорційний	Пропорційний	11
7	Пропорційний	Довгий	Пропорційний	1
8	Пропорційний	Короткий	пропорційний	2
9	Пропорційний	Пропорційний	Високий	2
10	Вузький	Довгий	Пропорційний	2
11	Вузький	Пропорційний	Пропорційний	1
12	Вузький	Пропорційний	Високий	3
Разом				30

Як видно з даних таблиці 4.5, спостерігається різноманіття поєднань параметрів форми мозочка. 11 мозочків мають середні значення кожного з трьох параметрів (група 6), 7 мають середні значення двох з трьох параметрів (групи 4, 7-9, 11). Ще у 11 мозочків лише один параметр знаходиться в області середніх значень (групи 2, 3, 5, 10, 12), також спостерігався 1 непропорційний мозочок (група 1).

Основні положення, викладені у Розділі 4, опубліковані в таких наукових працях:

1. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. *Reports of Morphology*. 2023;29(4):11-18. doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-02
2. Kalinichenko M. Evaluation of the shape of the human cerebellum in the morphometry of magnetic resonance images. *Theory and practice of modern morphology: materials of the seventh all-Ukrainian scientific and practical conference with international participation; 2023 Nov. 1-3; Dnipro. Dnipro: Dnipro State Medical University, 2023. p. 37-38.*

РОЗДІЛ 5

ІНДИВІДУАЛЬНА МІНЛИВІСТЬ АРТЕРІЙ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ ТА ЗОН ЇХ КРОВОПОСТАЧАННЯ

5.1. Мінливість початку, ходу і ступеня розвитку артерій мозочка людини

Верхня мозочкова артерія (ВМА) була присутньою на усіх препаратах, що досліджувалися. Подвоєння цієї артерії спостерігали у 7 випадках (2 справа, 5 зліва), серед них 2 випадки двобічного подвоєння. При подвоєнні ВМА її більш каудальна гілка зазвичай йде поруч з першою і паралельно їй, прямуючи до найбільш латеральних секторів постачання ВМА (Q_1 , S_1).

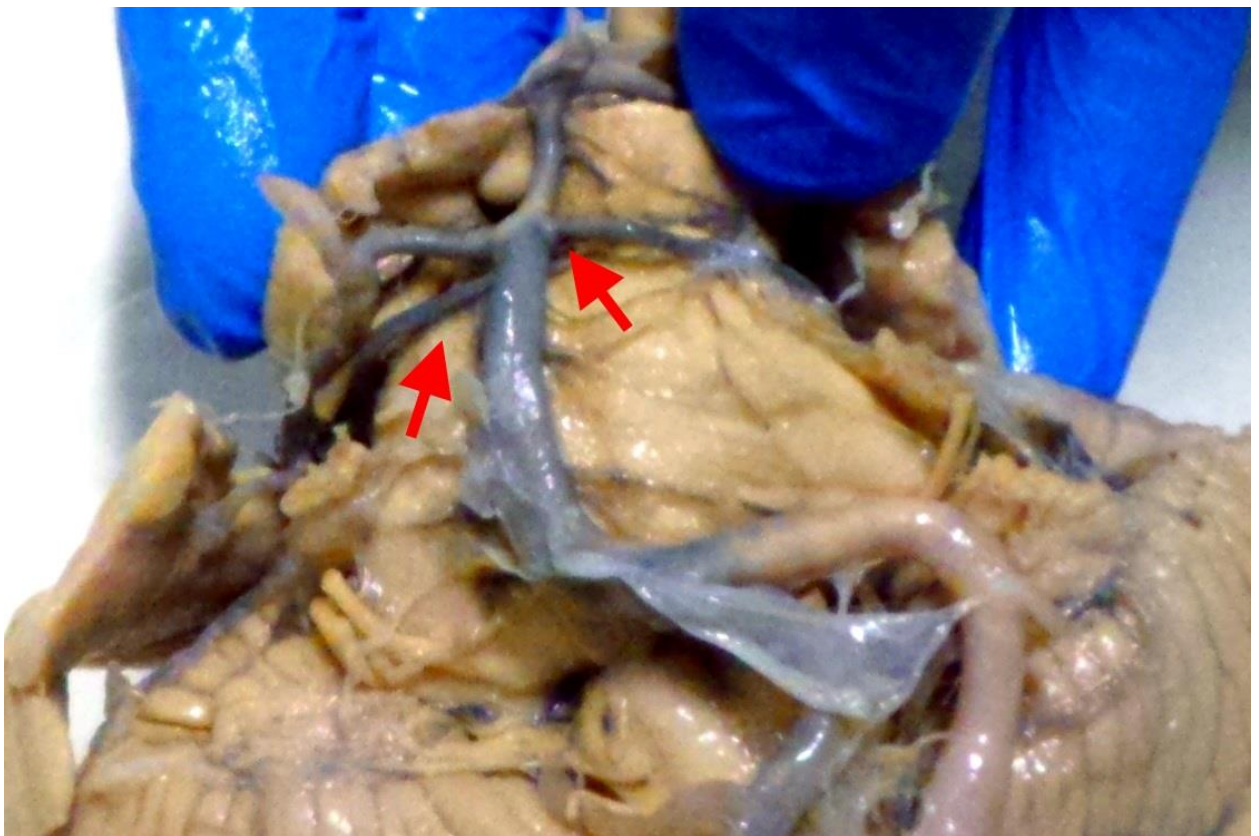


Рис. 5.1. Варіант індивідуальної мінливості ВМА: класичний варіант, вид спереду і знизу. Примітка: стрілками вказано гілки ВМА (тут і на рис. 5.2, 5.3).

Інколи при подвоєнні ВМА її більш каудальна гілка починалась від середньої третини основної артерії (*a. basilaris*) (1 випадок справа, 2 зліва). У цьому варіанті перший (передній мосто-середньомозковий) сегмент цієї гілки проходить більш косо, у ростральному напрямку.

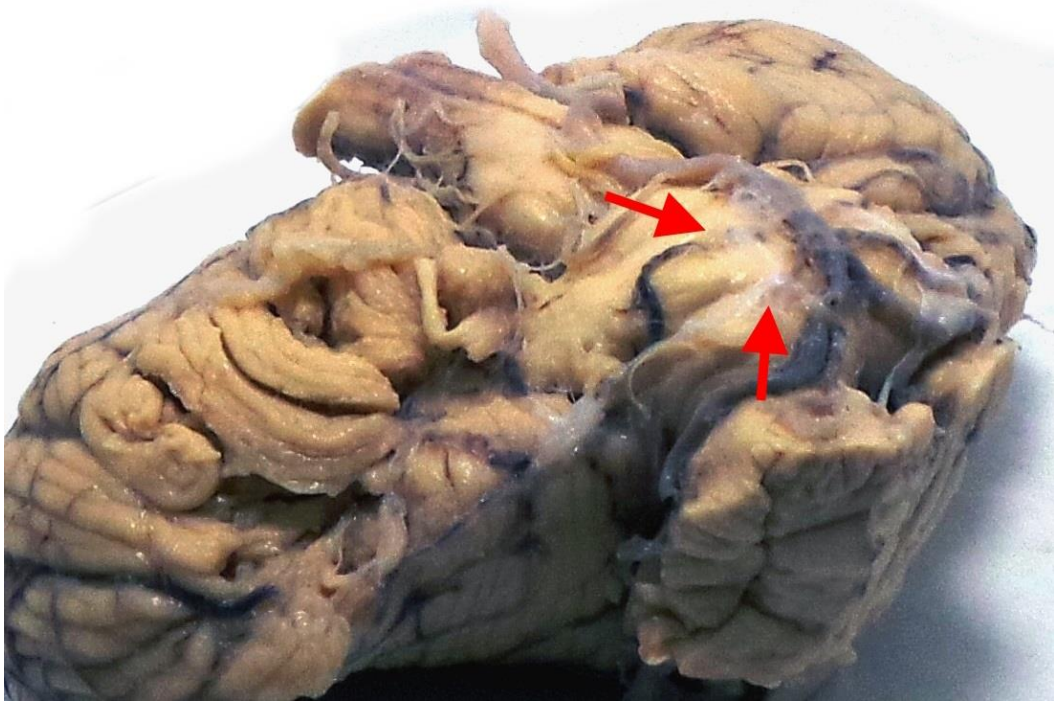


Рис. 5.2. Варіант індивідуальної мінливості ВМА: подвоєння артерії зліва, вид зверху зліва і спереду.

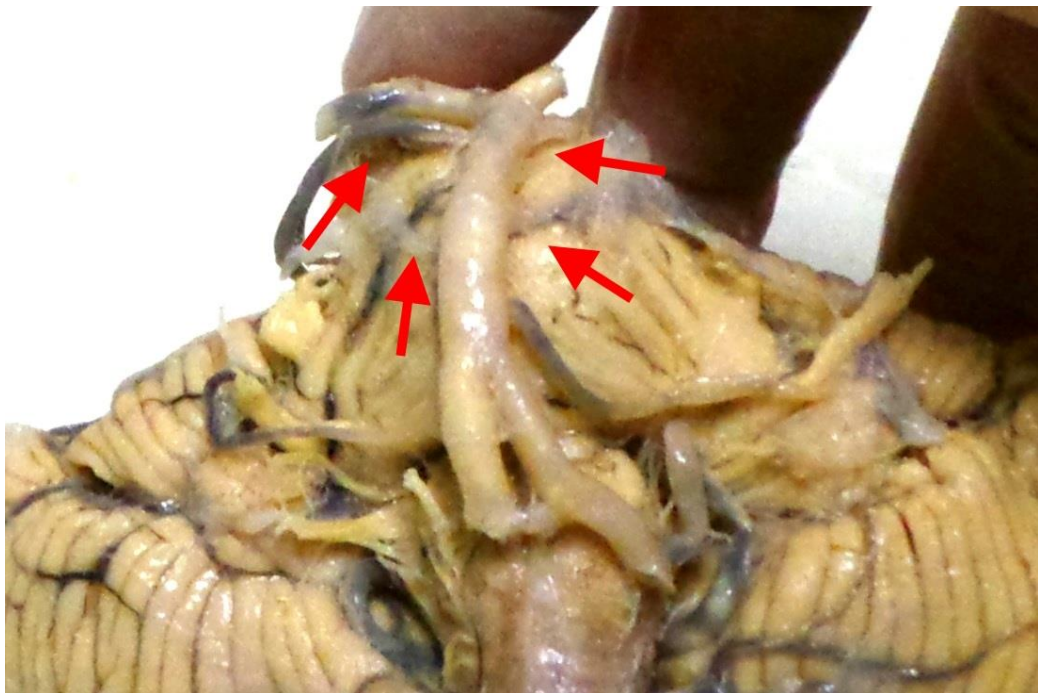


Рис. 5.3. Варіант індивідуальної мінливості ВМА: двобічне подвоєння, вид спереду і знизу.

Передня нижня мозочкова артерія (ПНМА) починається від нижньої третини основної артерії на 69 препаратах справа і 77 – зліва, від середньої третини – на 11 справа і 11 зліва. Значущих відмінностей у ході гілок артерій з такими варіантами їх початку виявлено не було.

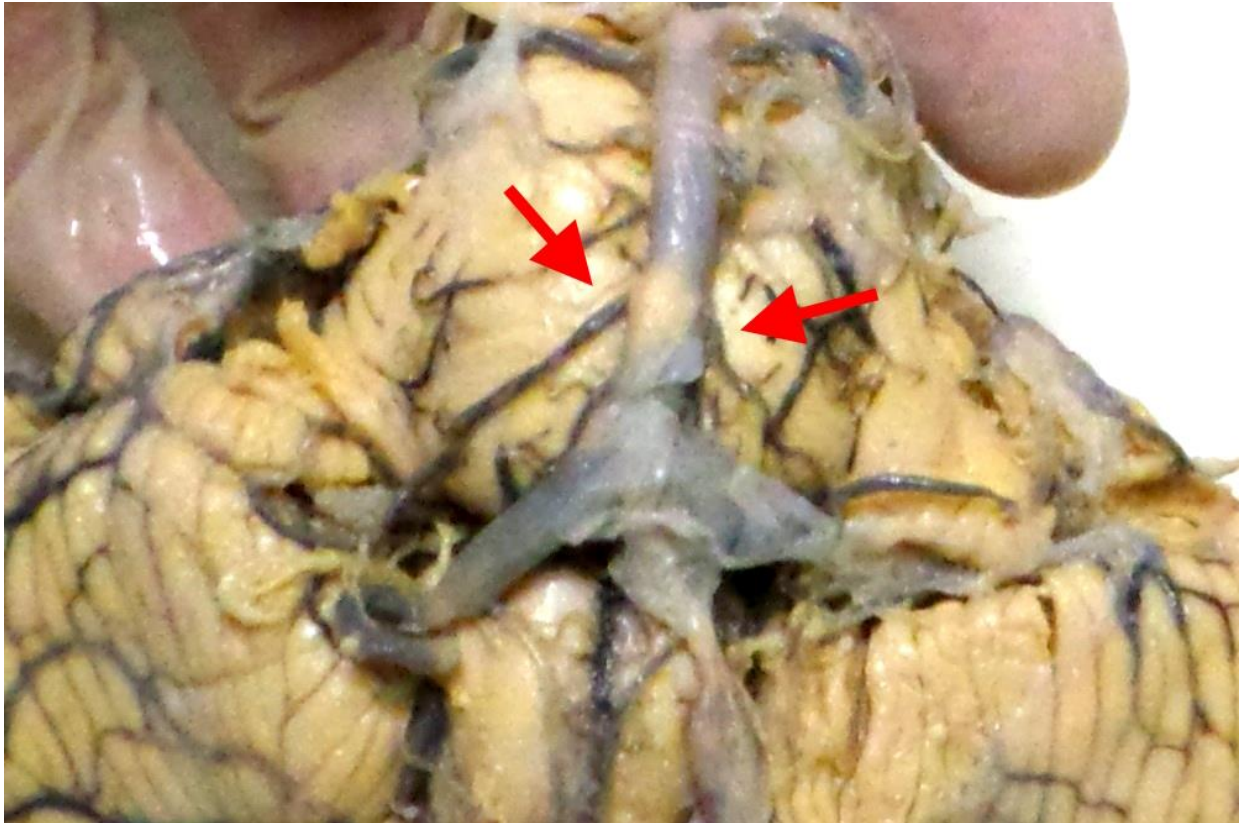


Рис. 5.4. Варіант індивідуальної мінливості ПНМА: класичний варіант, вид спереду. Примітка: стрілками вказано гілки ПНМА (тут і на рис. 5.5).

ПНМА була відсутньою лише у 2 випадках (1 справа, 1 зліва). У даних випадках початок і хід ЗНМА з тієї ж сторони не змінюється, проте її зона кровопостачання розширюється на клаптик (flocculus) і передні сектори (B_a , G_a , I_a). Це відбувається за рахунок додаткових гілок, які відгалужуються від ЗНМА на рівні її мигдалико-мозкового сегменту, до того, як вона робить першу петлю у краніальному напрямку. В одному з випадків відсутності ПНМА структура судинного русла ВМА також зазнала змін: її латеральна гілка поширювалась на сектори G_a і I_a .

Подвоєння ПНМА спостерігали білатерально на одному препараті, одночасно з відсутністю ЗНМА зліва. При цьому каудальна гілка починалась від нижньої третини основної артерії, а ростральна – від середньої. Справа і зліва обидві ПНМА проходили поруч і паралельно одна одній до мосто-довгастомозкового з'єднання, після чого повторювали хід ростральної і каудальної гілок класичних ПНМА. Характерною відмінністю також є більший діаметр цих судин і характер розподілу по кам'янистій частині кори мозочка. Справа ростральна гілка захоплювала сектори G_a , G_c , I_a , I_c , каудальна – V_a , V_c . Зліва, за відсутності ЗНМА, ростральна гілка займала V_a , G_a , I_a , каудальна – усі інші сектори нижньої поверхні лівої півкулі.

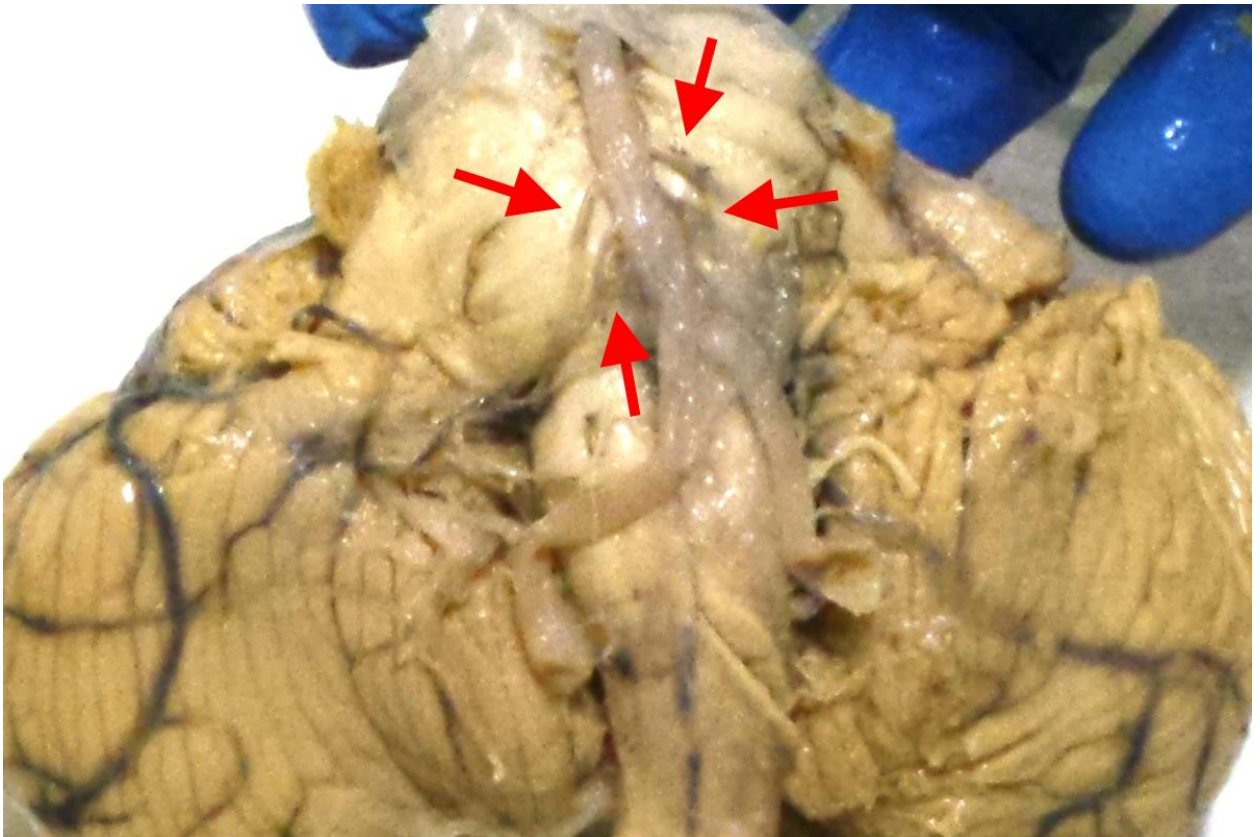


Рис. 5.5. Варіанти індивідуальної мінливості ПНМА: двобічне подвоєння артерії з відсутністю ЗНМА справа, вид спереду.

Задня нижня мозочкова артерія (ЗНМА) у 78 випадках справа і 86 зліва брала початок від хребтової артерії (*a. vertebralis*), біля нижнього оливного комплексу (*complexus olivaris inferior*) довгастого мозку.

ЗНМА була відсутньою у 4 випадках справа і 4 зліва. При цьому кінцеві гілки каудальної ПНМА були більшими у діаметрі, проходили до центральних секторів нижньої поверхні відповідної півкулі (*V_c*, *G_c*, *I_c*) і в цих секторах розгалужувались на менші гілки.

Подвоєння ЗНМА спостерігали 2 рази зліва. У цих випадках більш ростральна ЗНМА брала початок на 1,5-2 см вище каудальної, йшла паралельно їй і забезпечувала кровопостачання секторів *V_c*, *G_c*, *I_c*.

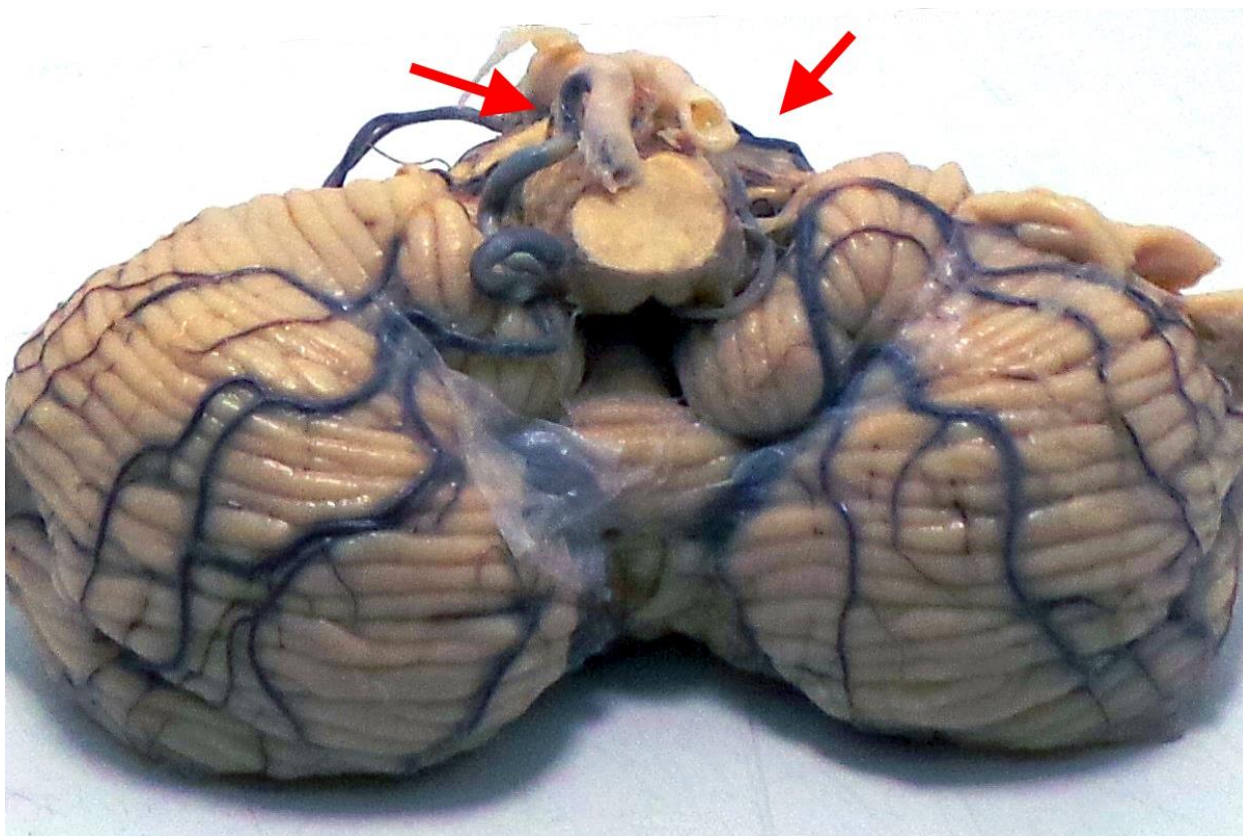


Рис. 5.6. Варіант індивідуальної мінливості ЗНМА: класичний варіант, вид знизу і ззаду. Примітка: стрілками вказано гілки ЗНМА (тут і на рис. 5.7).

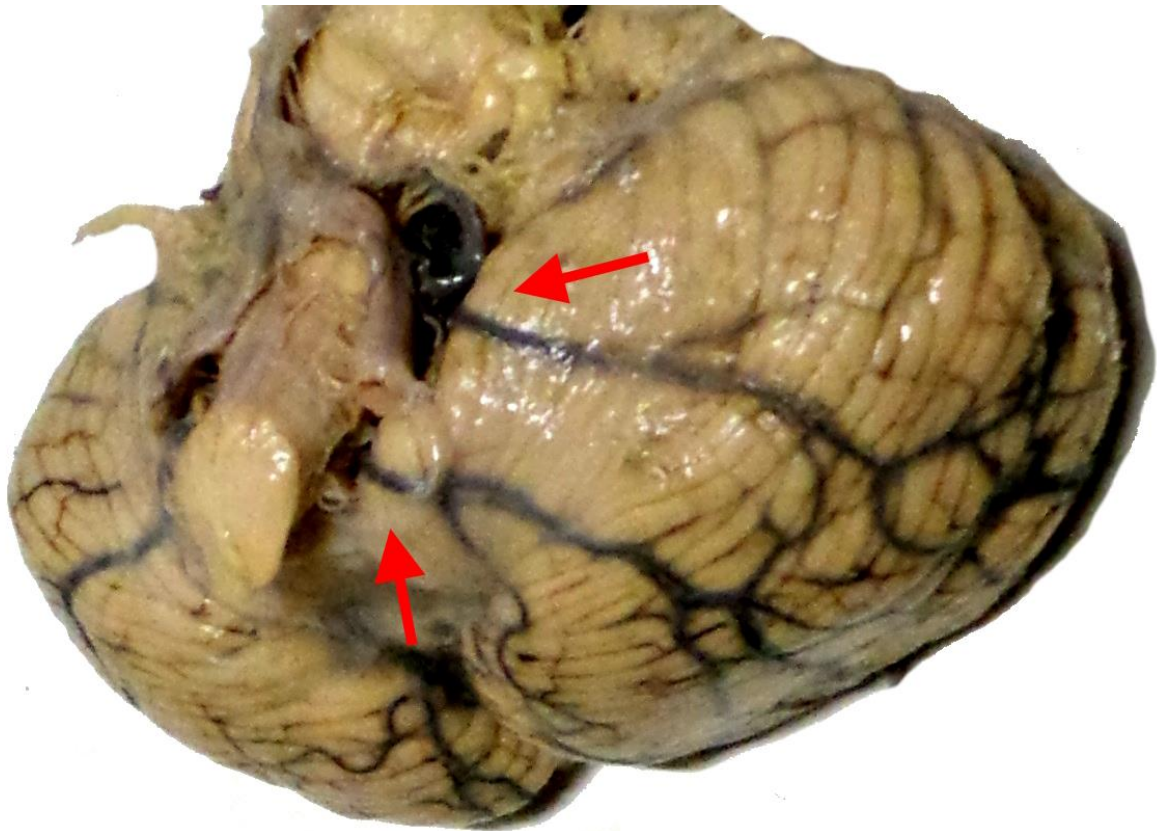


Рис. 5.7. Варіант індивідуальної мінливості ЗНМА: подвоєння зліва, вид знизу і збоку.

5.2. Мінливість джерел кровопостачання мозочка людини

5.2.1. Верхня поверхня мозочка

Як видно з представлених даних (рис. 5.8), кінцеві гілки ВМА, що розподіляються по верхній поверхні мозочка, можуть бути відсутніми на відносно великій ділянці. На двох препаратах замість ВМА на ці ділянки з нижньої поверхні мозочка прямували кінцеві гілки ЗНМА. На решті 10 препаратах (4 справа, 6 зліва) у цих секторах артерій взагалі не спостерігалось, залишаючи натомість «сірі зони» (СЗ). Це може пояснюватися продовженням ходу цих артерій в глибших шарах кори.

Серед усіх зон кровопостачання ВМА, найбільш мінливою є часточки VII f, t (*листок і горб черв'яка*), що пов'язано з його розташуванням на межі зон ВМА і ЗНМА. ВМА є джерелом кровопостачання цих часточок лише на 51 препараті, на 20 препаратах це ЗНМА, ще на 24 це одночасно гілки цих двох артерій. За

відсутності ЗНМА, на 2 препаратах, ця часточка має кровопостачання від ПНМА, а на 3 – одночасно ВМА і ПНМА.

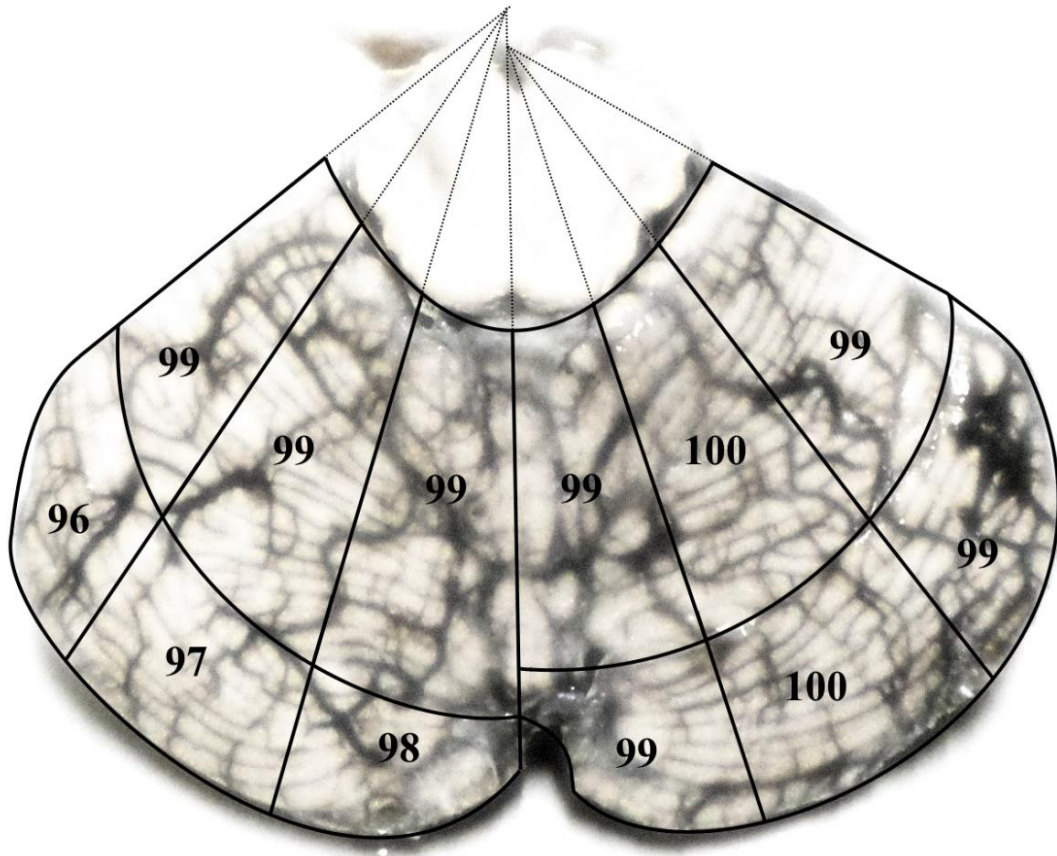


Рис. 5.8. Розподіл кінцевих гілок ВМА по секторам верхньої поверхні мозочка (вказано кількість випадків типового розподілу).

5.2.2. Нижня поверхня мозочка

Як видно з представлених даних (рис. 5.9), характерними зонами кровопостачання ПНМА є сектори V_a , G_a і I_a . У зв'язку з особливостями ходу гілок цієї артерії, вірогідність захоплення певних ділянок мозочка зменшується спереду назад і з боків до центру.

Як видно з представлених даних (рис. 5.10), найбільш часто ЗНМА забезпечує кровопостачання секторів T , V_p , G_p , I_p , з меншою вірогідністю секторів V_c , G_c , I_c , з найменшою – V_a , G_a , I_a . Подібний розподіл також мають дані щодо СЗ нижньої поверхні мозочка (рис. 5.11).

Інколи (на 2 препаратах справа і 2 зліва) сектори Вр, Gr або Ір мали кровопостачання від ЗНМА протилежної півкулі мозочка. Даний перерозподіл судинного русла відбувався задля компенсації слабо розвиненої ЗНМА, що мала спільний сегмент з ПНМА (1 випадок зліва) або відсутньої ЗНМА (2 випадки справа, 1 зліва).

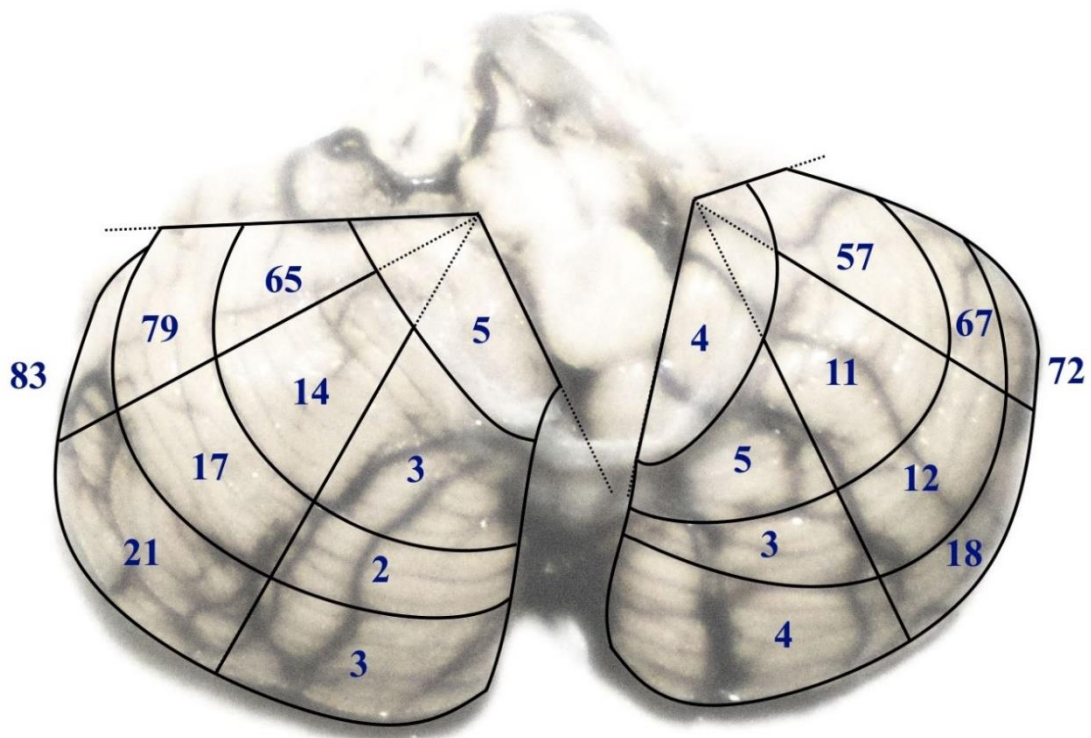


Рис. 5.9. Розподіл кінцевих гілок ПНМА по секторам нижньої поверхні мозочка (вказано кількість випадків типового розподілу).

У 18 випадках справа і 10 зліва (з них на 4 препаратах білатерально) ПНМА і ЗНМА починалися *спільним сегментом* від основної артерії. Ми спостерігали 3 варіанти судинного русла за наявності цієї варіації, які різнились довжиною спільного сегменту, ходом артерій і ділянками кровопостачання.

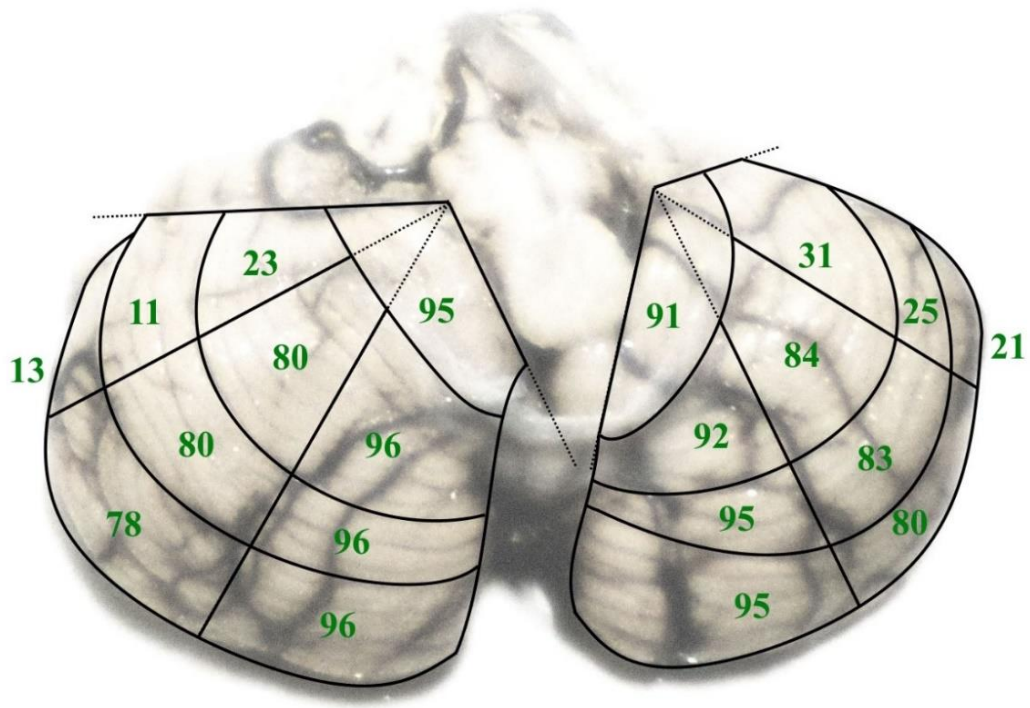


Рис. 5.10. Розподіл кінцевих гілок ЗНМА по секторам нижньої поверхні мозочка (вказано кількість випадків типового розподілу).

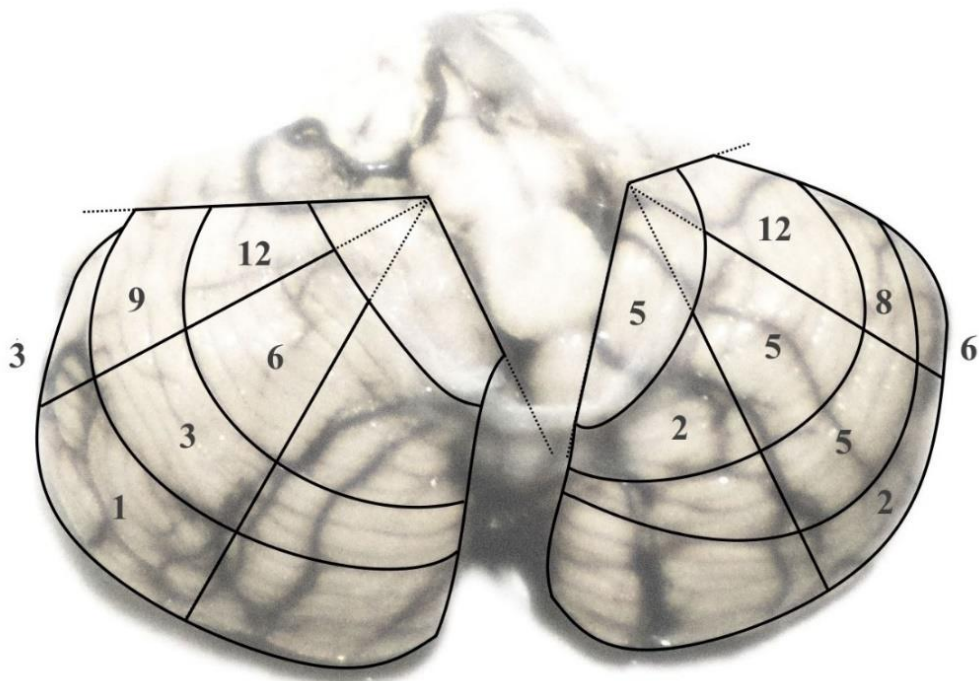


Рис. 5.11. Розподіл «сірих зон» по секторам нижньої поверхні мозочка.

Перший варіант спостерігався 9 разів справа, 2 зліва (рис. 5.12). Спільний сегмент повторює хід класичної ПНМА, а потім її каудальної гілки до середньої

частини клаптика, де розділяється на 2 гілки: ПНМА і ЗНМА. Інколи (у 3 випадках справа) розділення відбувається раніше, одразу після перетинання окорухового нерву (n. oculomotorius). ПНМА далі продовжується уздовж горизонтальної щілини, віддаючи ростральну гілку біля латеральної частини клаптика, що повертає назад, йде медіально і вгору, огинаючи клаптик. ПНМА розгалужується по кам'янистій поверхні мозочка, часто поширюючи свої гілки до сектору I_c. ЗНМА робить різкий поворот назад і йде по медіальному краю мигдалика, огинаючи її, після чого розгалужується на дрібніші гілки по кам'янистій поверхні мозочка.

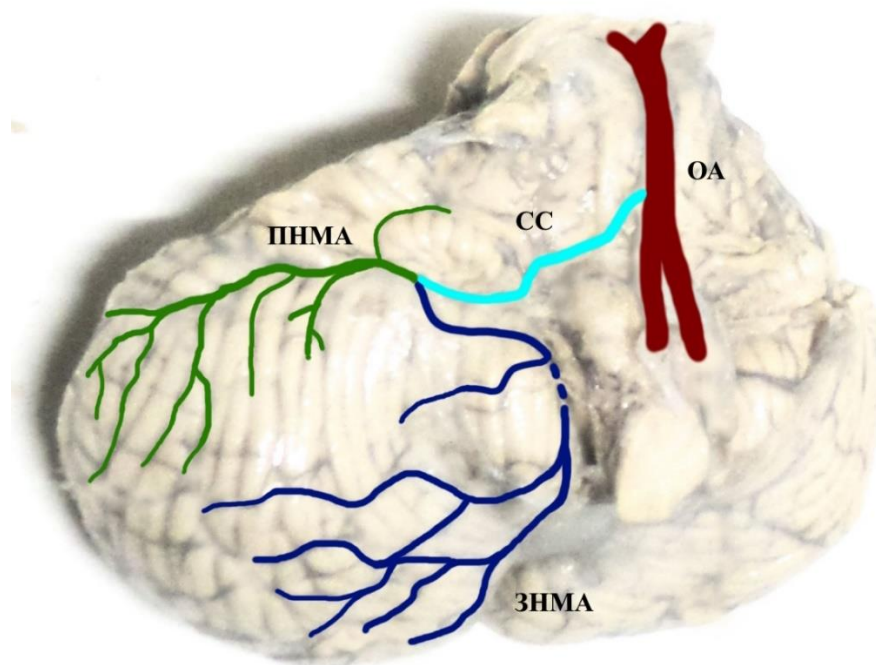


Рис. 5.12. Схематичне зображення ходу поверхневих артерій мозочка, вид знизу і справа. Початок ПНМА і ЗНМА спільним сегментом, перший варіант. Примітка: СС – спільний сегмент, ОА – основна артерія (тут і на рис. 5.13, 5.14).

Другий варіант спостерігався 7 разів справа, 4 зліва (рис. 5.13). Спільний сегмент проходить до центральної частини мосто-мозочкового кута і розділяється на ПНМА і ЗНМА до того, як перетнути VII та VIII нерви. ПНМА далі повторює хід її класичної ростральної гілки, огинаючи клаптик латерально і зверху. Вона також віддає каудальну гілку, що починається біля латеральної частини клаптика, огинає його знизу і розгалужується по кам'янистій поверхні мозочка навколо

горизонтальної щілини. ЗНМА прямує вниз до передньої частини мигдалика, потім перетинає її навскіс, проходячи дещо латеральніше, ніж у першому варіанті. Значущої різниці зон кровопостачання, порівняно з класичним варіантом, помічено не було.

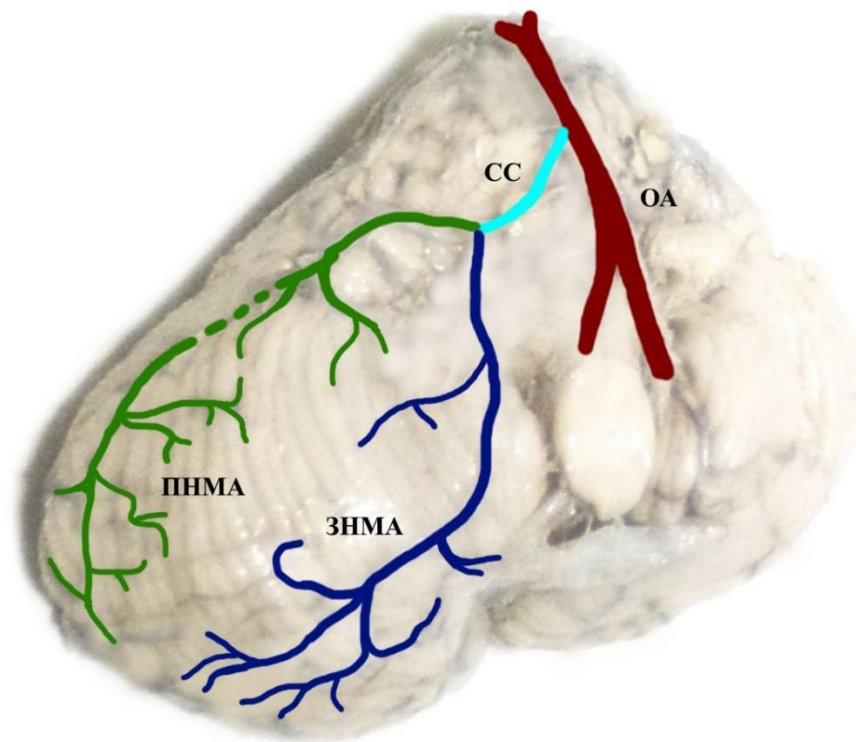


Рис. 5.13. Схематичне зображення ходу поверхневих артерій мозочка, вид знизу і справа. Початок ПНМА і ЗНМА спільним сегментом, другий варіант.

Третій варіант спостерігався 3 рази справа, 3 зліва (рис. 5.14). Хід ПНМА і ЗНМА аналогічний другому варіанту, проте ступінь розгалуження ЗНМА порівняно більший. В ділянці передньої частини мигдалика вона розгалужується на кілька великих гілок, що охоплюють більшу частину кам'янистої поверхні мозочка (усі сектори, окрім I_a).

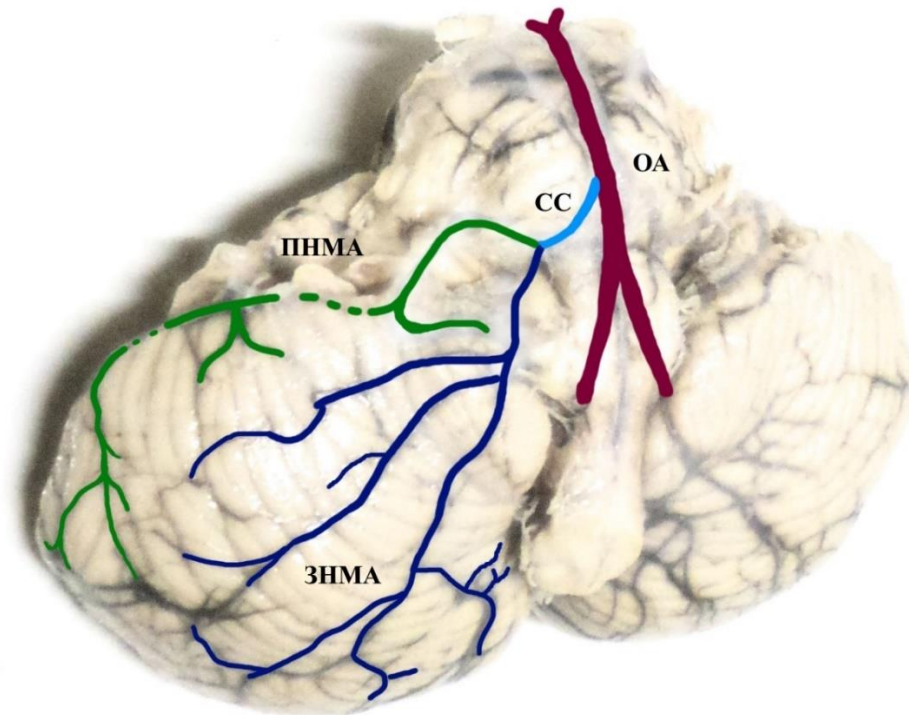


Рис. 5.14. Схематичне зображення ходу поверхневих артерій мозочка, вид знизу і справа. Початок ПНМА і ЗНМА спільним сегментом, третій варіант.

5.3. Мінливість розподілу ділянок кровопостачання у мозочків різної форми

5.3.1. Верхня поверхня мозочка

У таблицях 5.1 – 5.3 наведено дані щодо джерел кровопостачання (ДК) часточок та секторів верхньої поверхні мозочків, що відрізняються відносною шириною (табл. 5.1), довжиною (табл. 5.2) та висотою (табл. 5.3), визначеними за формулами 3.4 – 3.6.

Було досліджено 81 препарат (162 півкулі), які не мали подвоєння або відсутності ВМА, ПНМА або ЗНМА. Часточки мозочка, що не представлені у цьому розділі дослідження, мають постійні джерела кровопостачання: ВМА – язичок мозочка, центральна часточка, вершина черв'яка, вуздечка язичка, крило центральної часточки, ПНМА – клаптик і вузлик черв'яка, ЗНМА – піраміда і язичок черв'яка.

Таблиця 5.1.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах верхньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відотною шириною

Джерело	Черв'як		Часточки півкуль					
	схил	листок, горб	чотирикутна			верхня півмісяцева		
			Q _l	Q _c	Q _m	S _l	S _c	S _m
Широкі (20*)								
Немає	0	0	1	0	0	1	1	1
ВМА	20	16	19	20	20	18	18	19
ЗНМА	0	0	0	0	0	1	1	0
ВМА+ЗНМА	0	4	0	0	0	0	0	0
Пропорційні за шириною (122)								
Немає	2	0	0	1	0	0	0	0
ВМА	116	58	122	121	122	121	121	121
ЗНМА	2	28	0	0	0	1	1	1
ВМА+ЗНМА	2	36	0	0	0	0	0	0
Вузькі (20)								
Немає	0	0	1	0	0	0	0	0
ВМА	20	10	19	20	20	20	20	20
ЗНМА	0	6	0	0	0	0	0	0
ВМА+ЗНМА	0	4	0	0	0	0	0	0

Примітка: * - кількість досліджених півкуль, разом – зліва та справа (тут і в табл. 5.2 – 5.6).

Таблиця 5.2.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах верхньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відотною довжиною

Джерело	Черв'як		Часточки півкуль					
	схил	листок, горб	чотирикутна			верхня півмісяцева		
			Q _l	Q _c	Q _m	S _l	S _c	S _m
Довгі (22)								
Немає	0	0	0	0	0	0	0	0
ВМА	20	6	22	22	22	22	22	22
ЗНМА	2	10	0	0	0	0	0	0
ВМА+ЗНМА	0	6	0	0	0	0	0	0
Пропорційні за довжиною (110)								
Немає	2	0	1	1	0	1	1	1
ВМА	108	62	109	109	110	108	108	109
ЗНМА	0	18	0	0	0	1	1	0
ВМА+ЗНМА	0	30	0	0	0	0	0	0
Короткі (30)								
Немає	0	0	1	0	0	0	0	0
ВМА	28	16	29	30	30	29	29	29
ЗНМА	0	6	0	0	0	1	1	1
ВМА+ЗНМА	2	8	0	0	0	0	0	0

Таблиця 5.3.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах верхньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відносною висотою

Джерело	Черв'як		Часточки півкуль					
	схил	листок, горб	чотирикутна			верхня півмісяцева		
			Q _l	Q _c	Q _m	S _l	S _c	S _m
Високі (26*)								
Немає	0	0	1	0	0	0	0	0
ВМА	26	16	25	26	26	25	25	25
ЗНМА	0	4	0	0	0	1	1	1
ВМА+ЗНМА	0	6	0	0	0	0	0	0
Пропорційні за висотою (114)								
Немає	2	0	0	1	0	0	0	0
ВМА	108	52	114	113	114	114	114	114
ЗНМА	2	26	0	0	0	0	0	0
ВМА+ЗНМА	2	36	0	0	0	0	0	0
Низькі (22)								
Немає	0	0	1	0	0	1	1	1
ВМА	22	16	21	22	22	20	20	21
ЗНМА	0	4	0	0	0	1	1	0
ВМА+ЗНМА	0	2	0	0	0	0	0	0

Як видно з даних таблиць 5.1 – 5.3, мінливість ДК *верхньої поверхні* півкуль мозочка і схилу черв'яка є незначною, основним джерелом є ВМА (98-100% і 96% відповідно).

Часточка черв'яка VII, листок та горб, має кровопостачання від ВМА тільки у 52%, з меншою вірогідністю від ЗНМА (21%) або одночасно від ВМА і ЗНМА (27%). Було виявлено, що співвідношення ДК листка та горба значущо різняться у мозочків різних форм. Так, у групах широких і низьких мозочків ВМА живила листок та горб у 80% і 73% відповідно, а у групі довгих – лише 27%. Подібний розподіл ДК може бути пояснений найбільш раціональним «вибором» ВМА і ЗНМА свого шляху і зони кровопостачання під час їх ембріонального розвитку. Для того, щоб досягти листка та горба, гілки ВМА прямують спереду назад до переднього краю мозочка, а потім йдуть назад і вниз по його верхній поверхні. Таким чином, у мозочків з меншою висотою гілки ВМА подолають відносно короткий шлях до листка та горба, навпаки – у мозочків з більшою довжиною.

Інші часточки верхньої поверхні півкуль і верхнього черв'яка мозочка завжди живилися ВМА.

5.3.2. Нижня поверхня мозочка

У таблицях 4.4 – 4.6 наведено дані щодо джерел кровопостачання часточок та секторів нижньої поверхні мозочків, що відрізняються відносною шириною (табл. 5.4), довжиною (табл. 5.5) та висотою (табл. 5.6).

Таблиця 5.4.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах нижньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відносною шириною

Джерело	Часточки півкуль									мигдалик
	нижня півмісяцева			тонка			двочеревцева			
	I _a	I _c	I _p	G _a	G _c	G _p	B _a	B _c	B _p	
Широкі (20)										
Немає	0	1	0	0	1	0	2	2	1	1
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	18	2	0	18	2	0	12	1	0	0
ЗНМА	2	17	20	2	17	20	6	17	19	19
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пропорційні за шириною (122)										
Немає	7	2	0	14	7	0	16	7	1	4
ВМА	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	93	20	0	85	12	0	73	9	0	2
ЗНМА	21	100	121	23	103	121	33	106	120	116
ЗНМА (пр.)	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Вузькі (20)										
Немає	0	0	0	2	0	0	4	2	0	0
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	15	4	0	14	3	0	13	2	0	0
ЗНМА	5	16	20	4	17	20	3	16	20	20
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примітка: пр. – артерія належить протилежній півкулі (тут і у табл. 5.5, 5.6)

Як видно з даних таблиць 5.4 – 5.6, ДК нижньої поверхні мозочка є більш мінливими, ніж верхньої. Зони живлення можна об'єднати у три групи, які живляться однією й тією самою артерією з різною вірогідністю:

1. 96–100%: задні сектори (I_p , G_p , V_p) і мигдалик;
2. 82–86%: центральні сектори (I_c , G_c , V_c);
3. 60–78%: передні сектори (I_a , G_a , V_a).

Таблиця 5.5.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах нижньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відносною довжиною

Джерело	Часточки півкуль									мигдалик
	нижня півмісяцева			тонка			двочеревцева			
	I_a	I_c	I_p	G_a	G_c	G_p	V_a	V_c	V_p	
Довгі (22*)										
Немає	2	0	0	2	0	0	3	2	1	0
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	18	2	0	15	2	0	13	1	0	0
ЗНМА	2	20	21	5	20	21	6	19	20	22
ЗНМА (пр.)	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Пропорційні за довжиною (110)										
Немає	2	2	0	10	7	0	12	7	1	4
ВМА	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	90	21	0	85	12	0	70	9	0	2
ЗНМА	17	87	110	15	91	110	28	94	109	104
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Короткі (30)										
Немає	3	1	0	4	1	0	7	2	0	1
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	18	3	0	17	3	0	15	2	0	0
ЗНМА	9	26	30	9	26	30	8	26	30	29
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Серед останньої групи, дані секторів I_a та G_a суттєво різняться у мозочків різних форм. Вірогідність кровопостачання цих ділянок ПНМА підвищується у групі широких мозочків (90%) і знижується у групах коротких та високих (57-60% і 50-54% відповідно).

Таблиця 5.6.

Розподіл джерел кровопостачання на часточках і секторах нижньої поверхні мозочка у мозочків різних груп за відносною висотою

Джерело	Часточки півкуль									
	нижня півмісяцева			тонка			двочеревцева			мигдалик
	I _a	I _c	I _p	G _a	G _c	G _p	B _a	B _c	B _p	
Високі (26*)										
Немає	1	0	0	2	0	0	4	1	0	2
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	13	2	0	14	2	0	13	2	0	0
ЗНМА	12	24	26	10	24	26	9	23	26	24
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пропорційні за висотою (114)										
Немає	4	2	0	12	7	0	14	8	1	2
ВМА	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	93	21	0	84	12	0	71	9	0	2
ЗНМА	16	91	114	18	95	114	29	97	113	110
ЗНМА (пр.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Низькі (22)										
Немає	2	1	0	2	1	0	4	2	1	1
ВМА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПНМА	20	3	0	19	3	0	14	1	0	0
ЗНМА	0	18	21	1	18	21	4	19	20	21
ЗНМА (пр.)	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0

Таким чином, можна визначити постійні і мінливі ділянки за джерелами кровопостачання. На верхній поверхні мінливість джерел кровопостачання поверхні півкуль мозочка і схилу черв'яка є незначною, основним джерелом є ВМА; листок і горб черв'яка є найменш постійними ділянками. Джерела кровопостачання нижньої поверхні мозочка є більш мінливими, ніж верхньої; найбільш мінливими ділянками нижньої поверхні мозочка є передні сектори (I_a, G_a, B_a).

Резюме

Отже, спостерігали такі варіанти мінливості артерій мозочка, як подвоювання (ВМА, ПНМА і ЗНМА), відсутність (ПНМА і ЗНМА), а також різні варіанти початку і ходу цих артерій (ВМА, ПНМА і ЗНМА). Зазначено, що при подвоєнні ПНМА, її зона кровопостачання розширюється до центральних секторів нижньої поверхні мозочка. За відсутності ПНМА, ЗНМА розширює свою зону кровопостачання, замінюючи її, і навпаки. Інколи відсутню або слабо розвинену ЗНМА замінювала однойменна артерія з протилежної півкулі. Випадків одночасної відсутності ПНМА і ЗНМА з одного боку не спостерігалось. Вірогідність поширення гілок ПНМА на певні сектори нижньої поверхні мозочка зменшується спереду назад і з боків до центру, ЗНМА – навпаки. При аналізі розподілу джерел кровопостачання часточок мозочка було встановлено, що найменш постійними за джерелом кровопостачання ділянками мозочка є листок черв'яка, а також сектори I_a, G_a, B_a. Додатково було виявлено особливості джерел кровопостачання листа і секторів I_a, G_a в залежності від форми мозочка.

Основні положення, викладені у Розділі 5, опубліковані в таких наукових працях:

1. Kalinichenko M, Stepanenko O. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories. *Morphologia*. 2024;18(1):41-48.
2. Kalinichenko M, Stepanenko O. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes. *Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy)*. 2024. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4775243>
3. Калініченко М. Мінливість судинного русла нижньої поверхні мозочка людини. Збірник тез VI Буковинського міжнародного медичного конгресу; 2024 квіт. 2-5; Чернівці. Чернівці: Буковинський державний медичний університет, 2024: с. 113.

РОЗДІЛ 6

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗГАЛУЖЕНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ АРТЕРІЙ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

Діапазон мінливості значень фрактального індексу. У табл. 6.1 наведені значення показників, що характеризують ФПА верхньої, нижньої поверхні мозочка та в цілому.

Таблиця 6.1.

Статистичне оцінювання розподілу значень фрактального індексу

поверхневих артерій мозочка

ФПА	M	m	S	Cv, %	min	max
Загальний	1,64	0,02	0,10	6,02	1,42	1,82
Верхньої поверхні	1,60	0,02	0,09	5,92	1,42	1,79
ліворуч	1,60	0,03	0,11	6,75	1,42	1,79
праворуч	1,60	0,02	0,08	5,18	1,47	1,72
Нижньої поверхні	1,68	0,02	0,09	5,27	1,50	1,82
ліворуч	1,68	0,02	0,08	4,71	1,57	1,82
праворуч	1,67	0,02	0,09	5,32	1,50	1,82

Як видно з даних табл. 6.1, мінливість значень ФПА верхньої та нижньої поверхні, що оцінюється за величиною коефіцієнта варіації, у вибірці, що досліджувалась, є незначною. У цілому області середніх значень ФПА мозочка відповідає діапазон від 1.54 до 1.73. Значення ФПА на верхній поверхні зліва і справа не співпадають (рис. 6.1, А), однак значущо не відрізняються (табл. 6.1). Також не співпадають, але значущо не відрізняються значення ФПА зліва та справа на нижній поверхні мозочка (рис. 6.1, В).

Значення ФПА на верхньої і нижньої поверхнях мозочка, як зліва, так і справа, не співпадають (рис. 6.2); ФПА верхньої поверхні мозочка значущо менший за такий нижньої поверхні ($p < 0.05$; табл. 6.1).

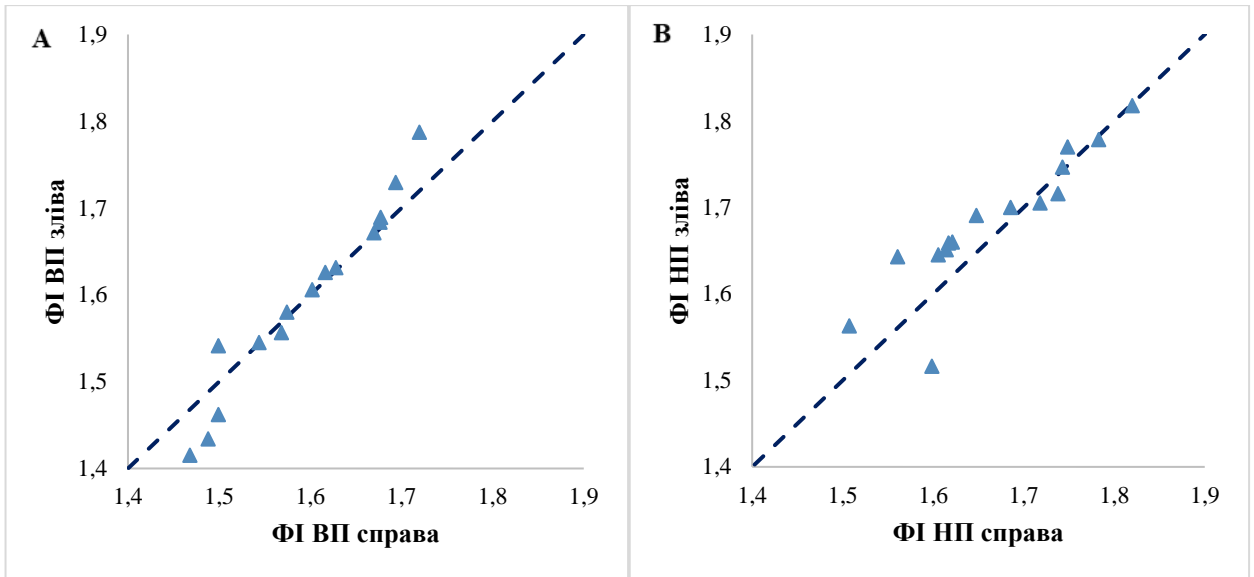


Рис. 6.1. Розподіл значень ФІ поверхневих артерій мозочка справа та зліва на верхній (А) та нижній (В) поверхнях мозочка: ВП – верхня поверхня мозочка, НП – нижня поверхня мозочка. Пунктирна лінія відповідає функції $y = x$ (тут і далі на рис. цього розділу).

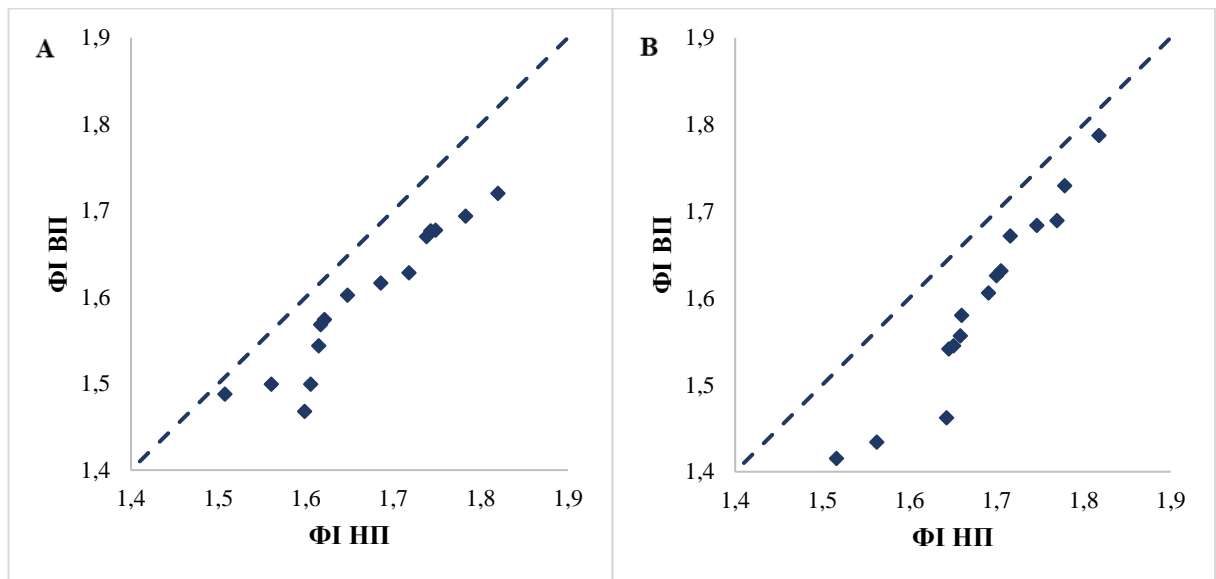


Рис. 6.2. Розподіл значень ФІ поверхневих артерій справа (А) та зліва (В): ВП – верхня поверхня мозочка, НП – нижня поверхня мозочка.

Розподіл значень відносних параметрів форми не відрізнявся від такого усієї вибірки (рис. 6.3, 6.4).

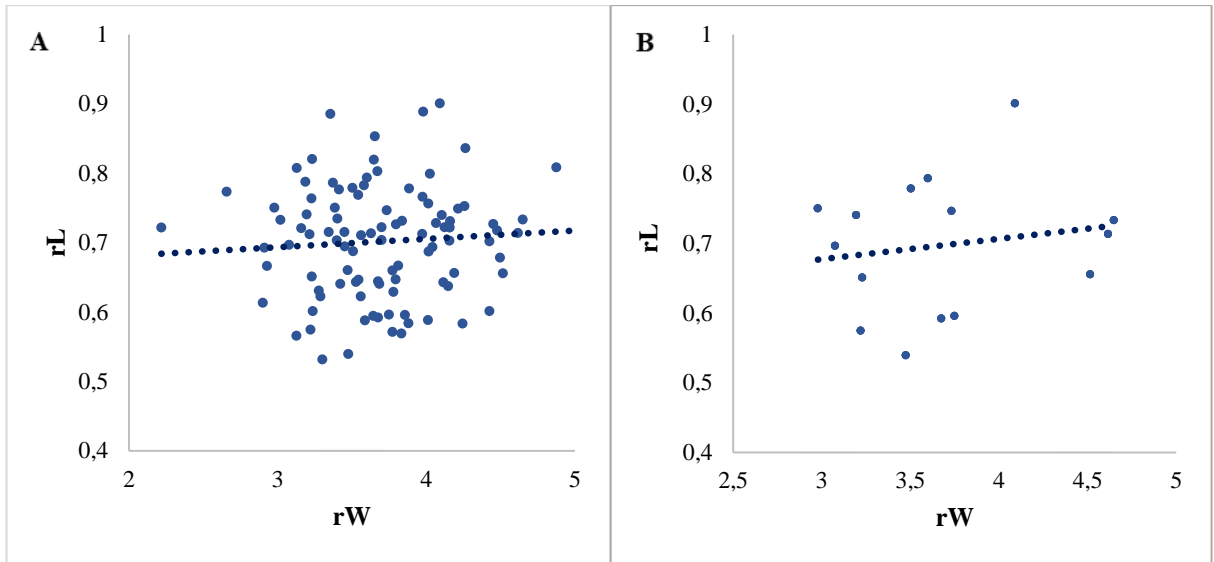


Рис. 6.3. Розподіл значень rW і rL у цілому (А) та у вибірці, в якій проводився фрактальний аналіз (В).

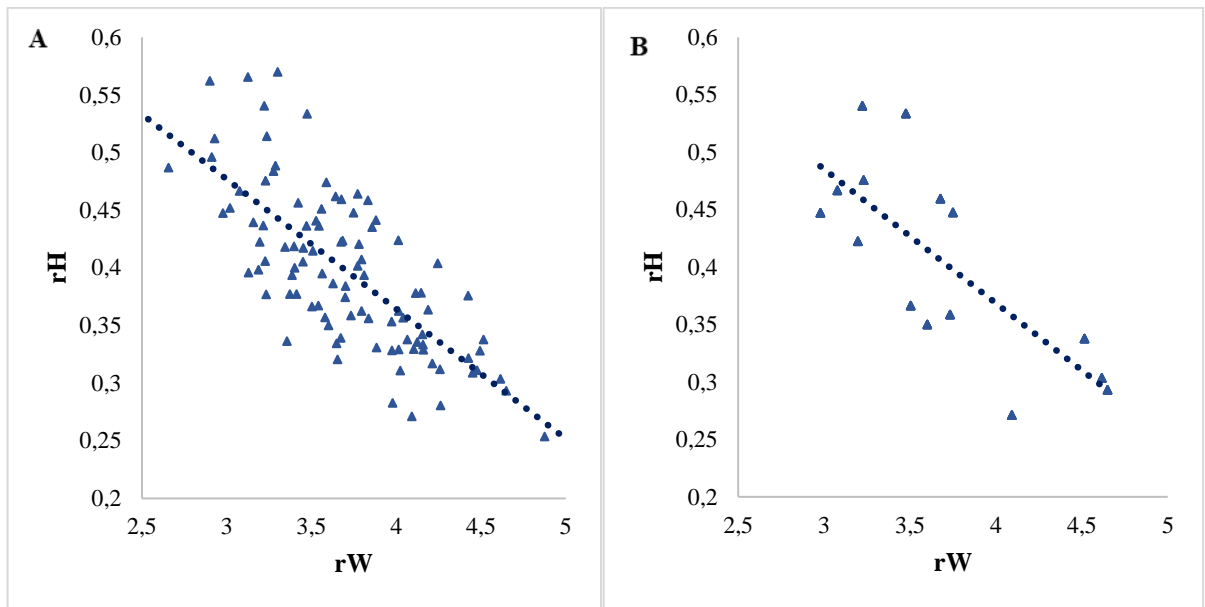


Рис. 6.4. Розподіл значень rW і rH у цілому (А) та у вибірці, в якій проводився фрактальний аналіз (В).

На рис. 6.5 – 6.7 показано взаємовідношення між відносними параметрами форми мозочка та ФПА окремо верхньої та нижньої поверхонь.

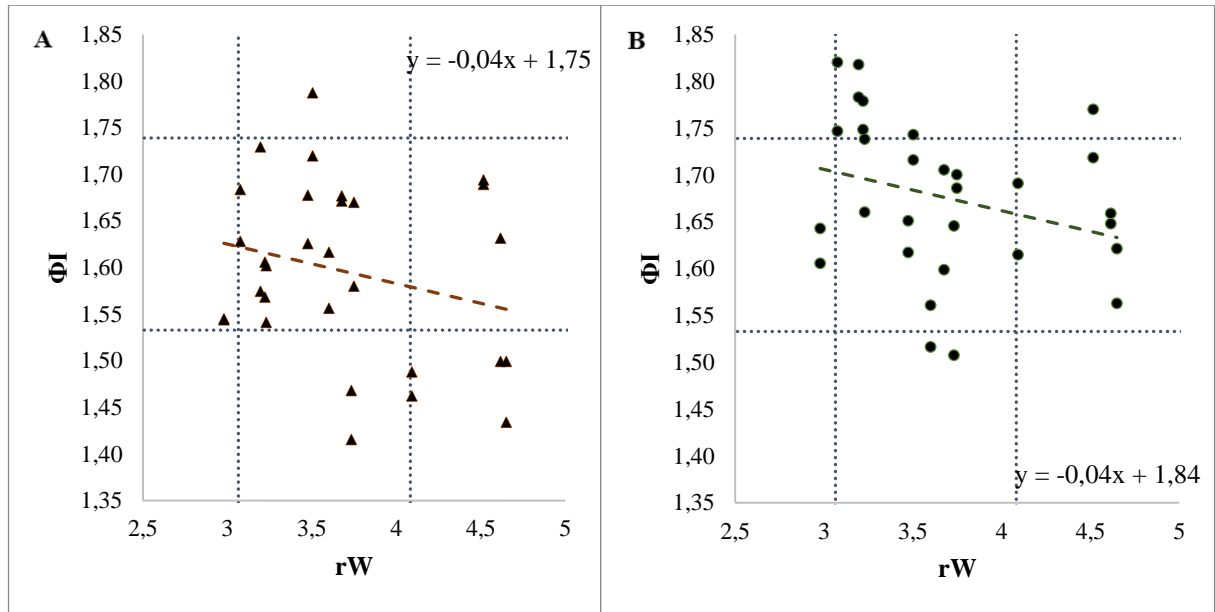


Рис. 6.5. Взаємозв'язок між значеннями ФПА і rW : А – верхньої поверхні, В – нижньої поверхні. Примітка: пунктирні лінії відповідають значенням $M-S$ та $M+S$ (за даними табл. 3.1 та 6.1, тут і на рис. 6.6 та 6.7).

Як видно з даних рис. 6.5 (А), об'єкти, що мають великі значення rW , тобто відносно широкі мозочки, на верхній поверхні мають переважно малі значення ФПА, що відповідають магістральному типу галуження артерій. Пропорційні за відносною шириною об'єкти (з середніми значеннями rW) в більшості мають середні значення ФПА, але в окремих випадках зустрічаються малі, що відповідають магістральному типу галуження, та навпаки, великі значення ФПА, що відповідають розсипному типу галуження. Найбільше різноманіття розподілу значень ФПА спостерігається серед мозочків, які мають значення відносної ширини, близькі до середнього вибіркового значення. Об'єкти, що мають малі значення rW , тобто відносно вузькі мозочки, мають середні або малі значення ФПА. У цілому у мозочків зі значеннями rW , що лежать в діапазоні від мінімального до середнього, частіше зустрічаються середні значення ФПА; у мозочків зі значеннями rW , що лежать в діапазоні від середнього до максимального – середні та малі. Простежується тенденція до зниження значень ФІ артерій верхньої поверхні при збільшенні відносної ширини мозочка, про що свідчить і

нахил лінії регресії, однак взаємозв'язок між rW та ΦI артерій верхньої поверхні є слабким і статистично незначущим ($r = -0.24$, $p > 0.05$).

На *нижній поверхні* (рис. 6.5 (В)) відносно широкі мозочки мають здебільшого середні значення ΦI . Пропорційні за відносною шириною об'єкти мають найбільший розкид значень ΦI : в більшості це середні значення, проте деяка частка має малі або великі значення ΦI . Відносно вузькі мозочки мають середні значення ΦI . Мозочки зі значеннями rW , що лежать в діапазоні від мінімального до середнього, частіше мають середні та великі значення ΦI ; мозочки зі значеннями rW , що лежать в діапазоні від середнього до максимального – середні та малі. У цілому значення ΦI артерій нижньої поверхні зменшуються зі збільшенням відносної ширини мозочка; спостерігається слабкий статистично незначущий лінійний взаємозв'язок rW з ΦI артерій нижньої поверхні мозочка ($r = -0.29$, $p > 0.05$).

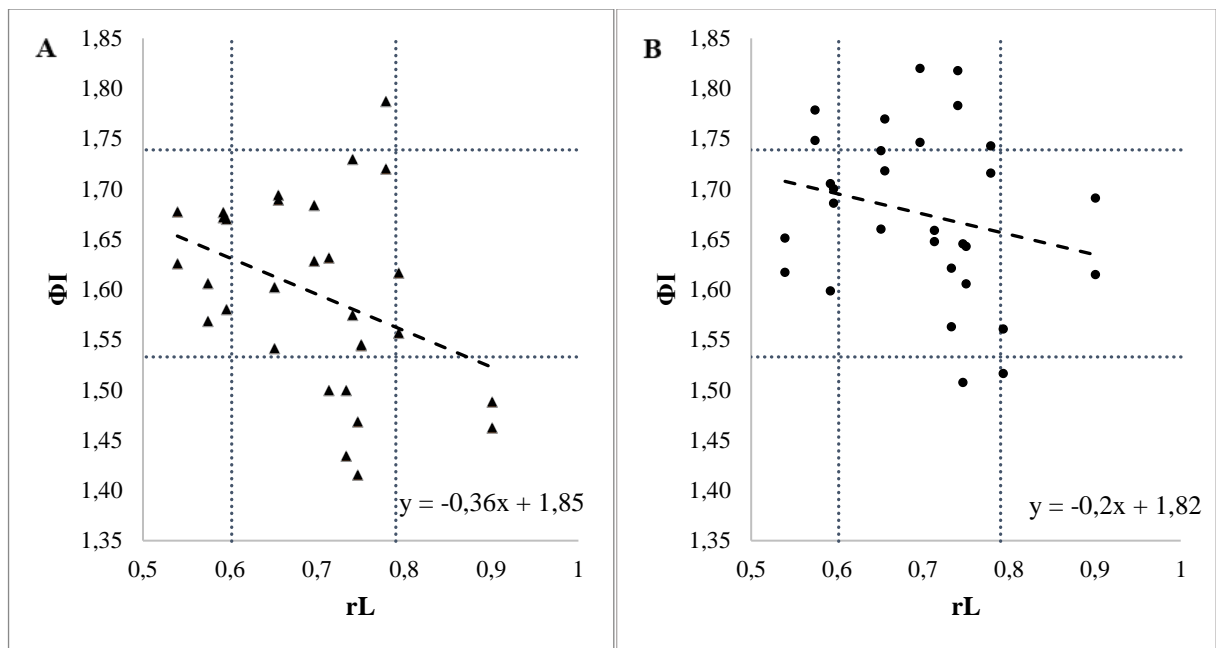


Рис. 6.6. Взаємозв'язок між значеннями ΦI і rL : А – верхньої поверхні, В – нижньої поверхні.

Як видно з даних рис. 6.6 (А), на *верхній поверхні*, об'єкти, що мають великі значення rL , тобто відносно довгі мозочки, мають середні та низькі значення ΦI . Об'єкти з середніми значеннями rL (пропорційні за відносною довжиною) мають в

більшості середні, потім малі і найменше – великі значення ФПА. Відносно короткі мозочки (з малими значеннями rL) мають середні значення ФПА. Найбільша розбіжність розподілу значень ФПА спостерігається серед мозочків, які мають значення rL у діапазоні від середнього до максимального. Нахил лінії регресії свідчить про те, що значення ФІ артерій верхньої поверхні зменшуються зі збільшенням відносної довжини мозочка. Лінійний взаємозв'язок ФПА з rL верхньої поверхні є середнім за силою та статистично значущим ($r = -0.36, p < 0.05$).

Дані рис. 6.6 (В) свідчать про те, що на *нижній поверхні* об'єкти з великими значеннями rL потрапляють в область середніх і малих значень ФПА. Пропорційні за відносною довжиною мозочки в більшості мають середні значення ФПА, другою за частотою буде група об'єктів з великими значеннями; в окремих випадках зустрічаються об'єкти з малими значеннями. Відносно короткі мозочки частіше мають середні значення ФПА та поодинокі випадки великих значень ФПА. На всьому діапазоні значень rL мозочки з малими значеннями ФПА майже не зустрічаються. Спостерігається тенденція до зниження значень ФІ артерій нижньої поверхні при збільшенні відносної довжини мозочка, однак взаємозв'язок між значеннями цих показників слабкий і статистично незначущий ($r = -0.23, p > 0.05$). При аналізі всієї вибірки взаємозв'язок між ФПА і rL стає значущим ($r = -0.27, p < 0.05$).

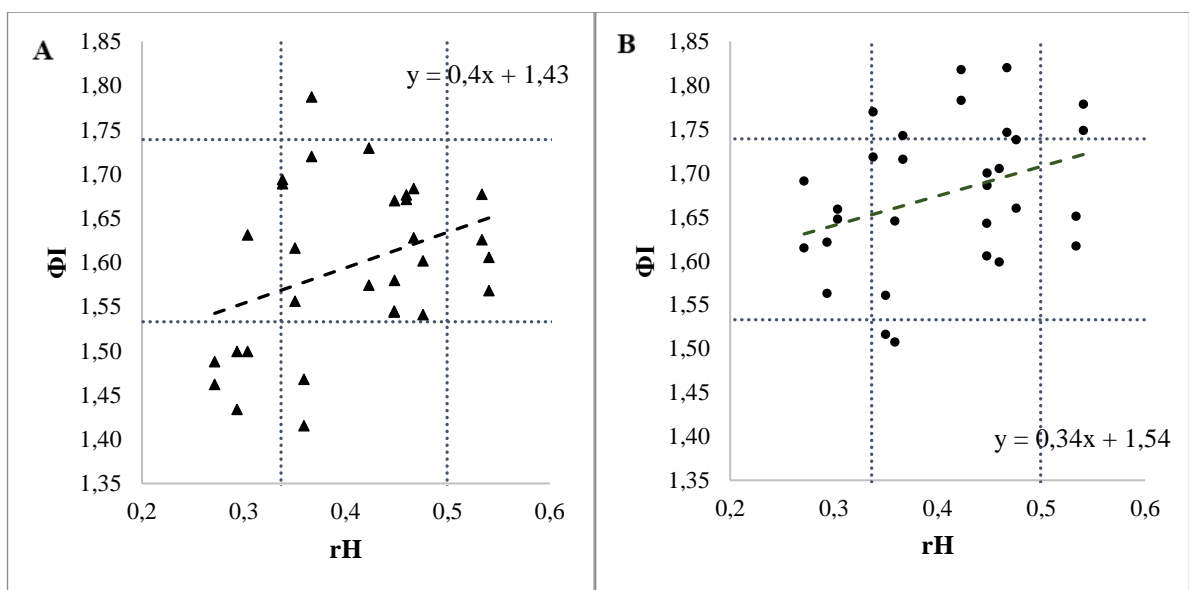


Рис. 6.7. Взаємозв'язок між значеннями ФПА і rH : А – верхньої поверхні, В – нижньої поверхні.

Дані рис. 6.7 (А) свідчать про прямий характер взаємозв'язку значень гН і ФІ артерій *верхньої поверхні*. Об'єкти з великими значеннями гН, тобто відносно високі мозочки, мають на верхній поверхні середні значення ФІ. Об'єкти з середніми значеннями гН (пропорційні за відносною висотою) мають великий розкид значень ФІ: більшою часткою такі мозочки мають середні значення ФПА, менше можна спостерігати малі або великі значення. Об'єкти з малими значеннями гН (відносно низькі) мають більшою часткою малі значення ФІ. На всьому діапазоні значень гН мозочки з великими значеннями ФПА майже не зустрічаються. Нахил лінії регресії свідчить про те, що значення ФІ артерій *верхньої поверхні* збільшуються зі збільшенням відносної висоти мозочка, було знайдено середній за силою статистично значущий взаємозв'язок між гН та ФІ артерій *верхньої поверхні* ($r = 0.36, p < 0.05$).

Як видно з даних рис. 6.7 (В), на *нижній поверхні* відносно високі мозочки, що мають великі значення гН, знаходяться в області великих і середніх значень ФПА. Пропорційні за відносною висотою мозочки мають великі, середні та малі значення ФІ, в більшості середні. Найбільше різноманіття розподілу значень ФПА спостерігається серед мозочків зі значенням гН, близьким до середнього вибіркового значення. Відносно низькі мозочки мають середні значення ФІ. У цілому у мозочків зі значеннями гН, що лежать в діапазоні від мінімального до середнього, частіше зустрічаються малі та середні значення ФПА; у мозочків зі значеннями гН, що лежать в діапазоні від середнього до максимального – середні та великі. Спостерігається тенденція до збільшення значень ФІ артерій *нижньої поверхні* при збільшенні відносної висоти мозочка, про що свідчить і нахил лінії регресії. Лінійний взаємозв'язок гН і ФПА *нижньої поверхні* мозочка є середнім за силою і незначущим ($r = 0.34, p > 0.05$). Проте при аналізі всієї вибірки взаємозв'язок між ФПА і гН стає значущим ($r = 0.32, p < 0.05$).

Резюме

Фрактальний індекс – об’єктивний метод оцінювання ступеня розгалуженості артерій мозочка. Інтервали значень ФІ визначають тип галуження артерій на поверхні мозочка: магістральний (<1.54), проміжний ($1.54 \div 1.73$) або розсипний (>1.73). Встановлено, що верхній поверхні мозочка більш властивий магістральний або проміжний тип галуження артерій, тоді як нижній – проміжний або розсипний. Форма мозочка визначає тип галуження артерій на його поверхнях: при збільшенні відносної висоти і при зменшенні відносної довжини збільшується вірогідність розсипного типу галуження, для магістрального типу – протилежний взаємозв’язок.

Основні положення, викладені у Розділі 6, опубліковані в таких наукових працях:

1. Kalinichenko M, Stepanenko O. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2024;23(1):80-87.
2. Калініченко М. Модифікація методу підрахунку квадратів фрактального аналізу при морфометрії. Медицина третього тисячоліття: збірник тез міжвузівської конференції молодих вчених та студентів; 2023 лют. 13-15; Харків. Харків: Харківський національний медичний університет, 2023. с. 352-353.
3. Калініченко М. Взаємозв’язок лінійних розмірів мозочка і типу розгалуженості його артерій. Інновації в медицині та фармації: матеріали 93 науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2024 бер. 28-30; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет, 2024: с. 248.
4. Калініченко М. Мінливість судинного русла нижньої поверхні мозочка людини. Збірник тез VI Буковинського міжнародного медичного конгресу; 2024 квіт. 2-5; Чернівці. Чернівці: Буковинський державний медичний університет, 2024: с. 113.

РОЗДІЛ 7

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У роботі наведено теоретичне обґрунтування й нове вирішення актуального для медичної науки, зокрема – нормальної анатомії, наукового завдання, яке полягає у встановленні закономірностей індивідуальної мінливості структури поверхневого судинного русла мозочка людини залежно від його форми.

7.1. Закономірності мінливості форми мозочка

Форма багатьох органів, до яких відноситься й мозочок, залежить від співвідношення його лінійних розмірів.

Особливості визначення лінійних розмірів мозочка

Ширина. Отримані в даному дослідженні дані схожі с даними інших авторів, та відрізняються від них настільки, наскільки відрізняються досліджені вибірки та популяції людей, в яких проведені дослідження [35, 157].

Значення ширини, отримані при вимірюванні мозочків при секційних дослідженнях на анатомічних препаратах відрізняються від таких, отриманих при вимірюванні на МР томограмах (табл. 3.1 та 4.1), однак співпадають більше, ніж такі інших лінійних розмірів, оскільки співпадають (не відрізняються) точки, між якими вимірюється ця відстань (ширина) як на томограмах, так і на анатомічних препаратах – це найбільш віддалені від серединної площини точки на бічних поверхнях півкуль (рис. 2.1, 2.2, 2.6, 2.7). А різниця пояснюється різницею досліджених вибірок. Однак при аналізі даних, наведених в табл. 4.1, помітно, що не співпадають результати вимірювань у аксіальній і корональній площині (рис. 4.1). ця різниця пояснюється тим, що томографічні зрізи проводяться з певним кроком (стандарт – 5 мм), і найбільш віддалені точки можуть попасти, а можуть і не попасти у площину зрізу (опинитися у «пластинці» тканини мозочка, обмеженою послідовними зрізами).

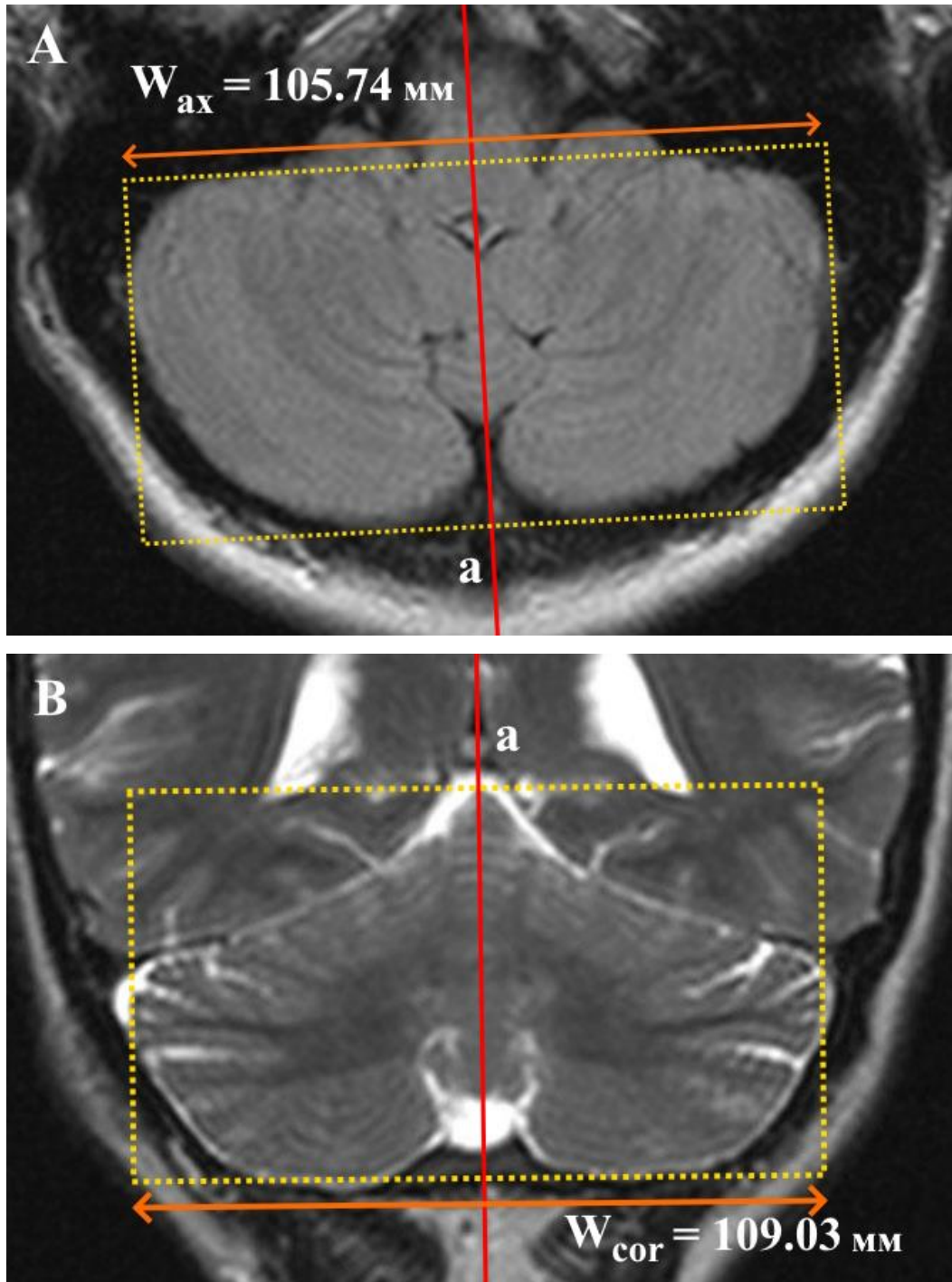


Рис. 7.1. Різниця результатів вимірювання ширини у аксіальній (А) та корональній (В) проекціях на МР томограмі однієї особи. Примітка: а – пряма, що виникає у місці перетину серединної площини з площиною МРТ зображення.

Довжина. Вимірювання довжини на томограмах і анатомічних препаратах має власні особливості. На МР томограмі найбільш передня і найбільш задня точки, між якими вимірюється довжина, лежать на прямій, не паралельній вертикальній

(на зображенні) осі «У», тобто відрізняються між собою не одна, а дві координати цих точок:

$$L = f(x_1y_1 - x_0y_0) \quad (7.1)$$

З метою мінімізації похибки в даному дослідженні була застосована методика побудови «обмежувального прямокутника», і довжину мозочка L_{ax} визначали як довжину сторони прямокутника, що паралельна серединній прямій (рис. 2.6), та L_{sag} – як довжину сторони прямокутника, що паралельна міжкомісуральній лінії (рис. 2.8). Асиметрію лівої та правої півкуль нівелювали тим, що враховували максимальний результат вимірювання.

При вимірюванні на анатомічному препараті мозочка точки, між якими вимірюється довжина, відрізняються значеннями усіх трьох координат:

$$L = f(x_1y_1z_1 - x_0y_0z_0) \quad (7.2)$$

Тоді як побудова «обмежувального куба» технічно складна.

Висота. Вимірювання висоти – найбільш складне завдання у зв'язку зі складною просторовою організацією мозочка. Методики вимірювання висоти, застосовані різними авторами, різняться [40, 187]. У корональній площині можливо вимірювання окремо висоти півкуль і висоти черв'яка [40, 187]. В даному дослідженні ми зробили акцент на паралельність сторін обмежувального прямокутника основним топографічним осям, що враховуються при проведенні МРТ, і вимірювали H_{cor} — як довжину сторони прямокутника, що паралельна серединній прямій, тобто як висоту саме мозочка у цілому (рис. 2.7); у сагітальній площині (H_{sag}) – як довжину сторони прямокутника, що перпендикулярна міжкомісуральній лінії за Талайрахом (рис. 7.2) [129]. Крім того, у сагітальній проекції вимірювали саме висоту (як і довжину) півкуль, як таку, що більше співвідноситься з іншими розмірами. Наші дані відрізняються від даних, наведених у О. Степаненко [40], де розраховували середнє значення висоти лівої та правої півкуль. Втім підтверджується, що найбільша мінливість характерна для найменшого розміру – висоти ($Cv = 8.6\%$) [40].

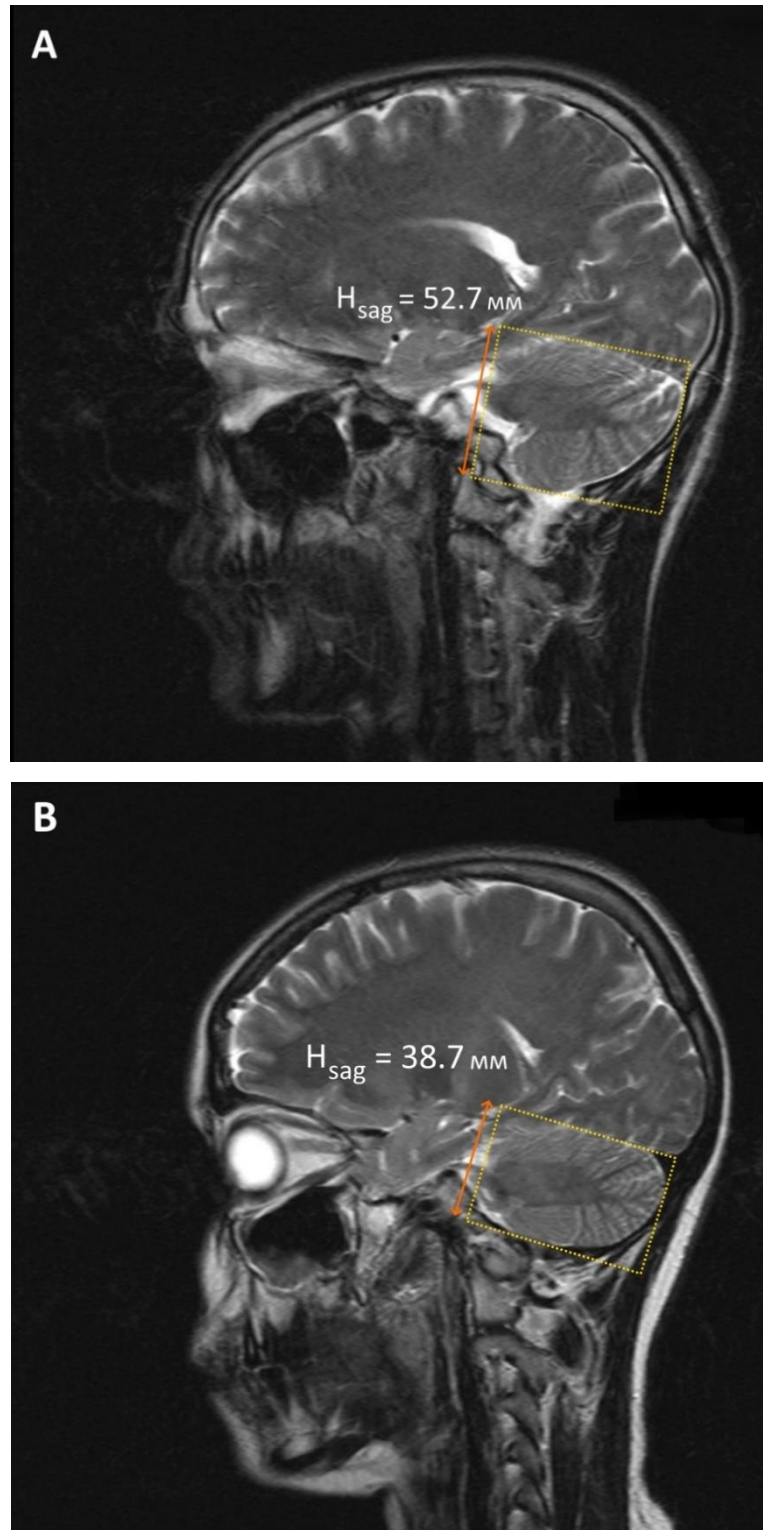


Рис. 7.2. Різниця результатів вимірювання висоти у сагітальній проекції на томограмах різних людей: А – відносно високий мозочок, В – відносно низький мозочок.

Отже, отримані дані свідчать про мінливість лінійних розмірів, що призводить до мінливості форми мозочка.

Від лінійних розмірів – до форми мозочка. 1. Фактори форми мозочка.

Перший крок в дослідженні форми був зроблений в роботах О.Ю. Степаненка [35, 40]. Автор запропонував оцінювати співвідношення лінійних розмірів – фактори форми. Якщо досліджувати особливості зовнішньої будови мозочка, рисунок його контуру в певних проекціях – при погляді зверху, збоку або спереду – дійсно, вони будуть залежати від співвідношення парних лінійних розмірів. Крім того, застосування факторів форми є цілком логічним на томограмах та інших двовимірних зображеннях (наприклад, на фотографіях топографічних зрізів мозочка). Врахування величини факторів форми корисно для оцінювання глибинних структур мозочка – його ядер, перш за все – зубчастого ядра, яке має складний зубчастий рисунок [108, 157-159].

Від лінійних розмірів – до форми мозочка. 2. Відносні розміри мозочка.

Аналіз результатів проведених досліджень вказує на те, що існують певні вектори мінливості форми мозочка, що визначаються або залежністю, або відносною незалежністю мінливості одного розміру від мінливості двох інших. Так, розподіл значень співвідношень довжини і ширини мозочка має незначний коефіцієнт варіації (табл. 3.2, рис. 3.1), більшість варіант наближена до лінії регресії, тобто зі збільшенням обох розмірів збільшується лише величина мозочка і не змінюється його форма. Однак частина варіант розташована на віддаленні і належать мозочкам непропорційної форми. Мінливість висоти незалежна від мінливості ані ширини, ані довжини (рис. 3.2, 3.3), коефіцієнт варіації розподілу значень співвідношень довжини і висоти, ширини і висоти майже вдвічі більший за такий розподілу значень співвідношень довжини. Тобто основний напрямок (вектор) варіації форми – вісь «ширина \times довжина \leftrightarrow висота», що раніше спостерігали у О. Степаненко [35] (рис. 7.3).

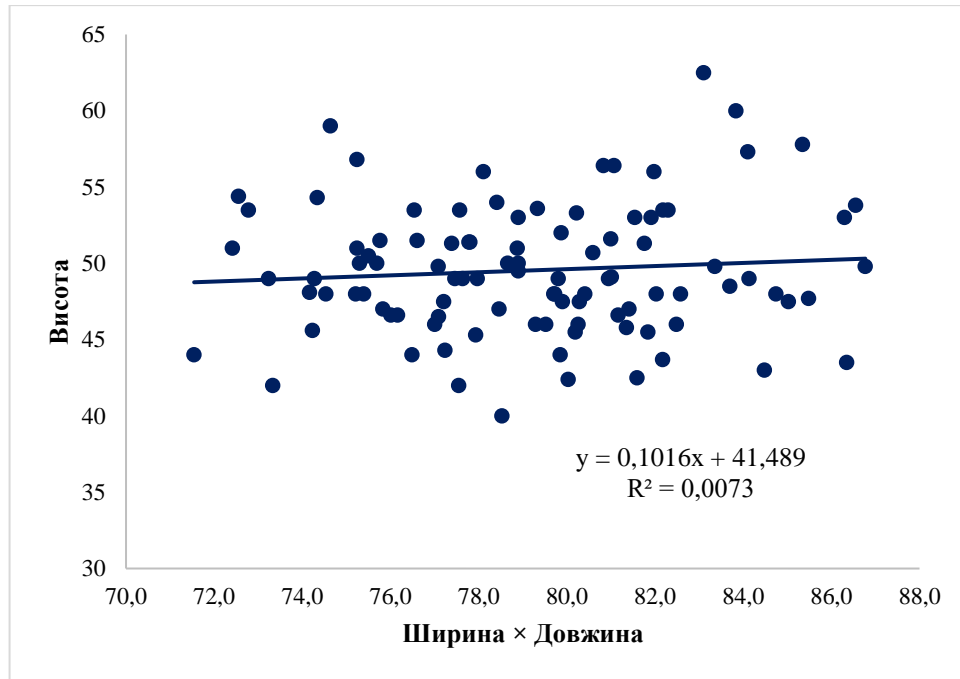


Рис. 7.3. Розподіл співвідношень значень (ширина × довжина) та висоти.

Отже, головний висновок полягає в тому, що усі три лінійні розміри впливають один на одного: кожний лінійний розмір впливає на 2 інших, так саме 2 інші чинять на нього вплив. Більшою мірою ця закономірність простежується для висоти (рис. 3.7), середньою – для ширини (рис. 3.5), меншою мірою – для довжини (рис. 3.6). Це навело нас на думку розраховувати саме відносні розміри за формулами (3.7-3.9), які саме відображають вплив одного розміру на два інших. Величина відносного розміру доводить, наскільки один лінійний розмір розвинутий відносно двох інших. Вона також вказує пов'язана з розвиненістю морфологічних ознак. Так відносна ширина долинки мозочка визначається відносною шириною мозочка.

7.2. Мінливість артерій мозочка, зон їх кровопостачання та її зв'язок із формою мозочка

Останні дослідження демонструють, що часто винятком є відсутність аномалій походження, ступеня розвитку або ходу судин ВББ, а не їх наявність [69]. Відносно високий ступінь анатомічної мінливості артерій, що живлять мозочок,

може бути пояснений особливостями їх ембріонального розвитку. На стадії утворення основної артерії (п'ятий тиждень ембріонального розвитку) кровообіг задньої ямки черепа забезпечується за рахунок вертебробазиліарних анастомозів [126, 134]. Під час розвитку структур центральної нервової системи задньої ямки черепа, парні артерії мозочка починають формуватися зі сплетіння неперервних судин, щоб забезпечити зростаючі потреби моста і мозочка у крові. Перші поперечні артерії цього сплетіння, що отримують найбільший розвиток, стають ВМА, у той час як найбільш розвинуті гілки, що відходять від основної артерії, стають ПНМА, а від хребтової – ЗНМА. Залежно від потреб у кровопостачанні на тому чи іншому етапі ембріонального розвитку, що можуть варіювати від індивідуума до індивідуума, ВМА, ПНМА і ЗНМА можуть розвиватися з різною швидкістю, і, як наслідок, закінчувати свій розвиток на різних якісних етапах. Таким чином, подвоєння або потроєння ВМА, ПНМА чи ЗНМА виникають у випадках одночасного залучення кількох сусідніх поперечних артерій. Навпаки, сильно розвинуті артерії опосередковано пригнічують розвиток тих артерій, що знаходяться поряд, або «змушують» їх змінити свою територію кровопостачання [69, 110]. Приведена модель також пояснює надзвичайно рідкі випадки подвоєння чи відсутності одразу двох артерій однієї півкулі.

Порівняння даних щодо мінливості артерій мозочка представлено у табл. 7.1-7.3.

Як видно з даних табл. 7.1, мінливість походження і варіантів розвитку ВМА є меншою за таку у ПНМА і ЗНМА. ВМА зазвичай походить від основної артерії, у більшості авторів з вірогідністю 95-100%, що підтверджується у даній роботі. ВМА також може походити від задньої мозкової артерії (*a. cerebri posterior*), в середньому у 1,8% випадків, або від спільного сегменту з задньою мозковою артерією від основної артерії, в середньому у 3.7% випадків [54, 59, 83, 94, 107, 124, 131, 136, 166].

Таблиця 7.1.

Порівняння даних щодо мінливості ВМА з даними інших авторів

Автор	Вид мінливості ВМА						
	Джерело			Подвоєння		Потроєння	Відсутність
	ОА	ЗМА	Спільний сегмент з ЗМА від ОА	Всі випадки	Двостороннє		
[165]	98,5*	0	0	28	3	1,5	1,5
[124]	96	4	0	14	-	0	0
[54]	100	0	0	0	0	0	0
[107]	89,4	4,6	5,9	8	4	0	4
[136]	74,6	0	25,3	23,3	-	2	0
[83]	98,2	1,8	0	1,8	0,9	0	0
[131]	93,4	4	2,5	21,3	2	0	0
[94]	95	1,9	3,1	17,5	0	1,9	0
[59]	98,3	1,7	0	22,1	-	0	3,2
Ця робота	100	0	0	3,5	1	0	0

Примітка: ОА – основна артерія; ЗМА – задня мозкова артерія; * – Дані подані у відсотках.

Майже усі автори спостерігали подвоєння ВМА (в середньому 14%). Випадки білатерального подвоєння, потроєння і відсутності ВМА зустрічалися набагато рідше (в середньому 1.6%, 0.5% і 0.9% відповідно) [54, 59, 83, 94, 107, 124, 131, 136, 165].

Відносну постійність ВМА можна пояснити тим, що під час ембріогенезу вона зазвичай розвивається першою серед трьох парних артерій мозочка, тим самим зменшуючи вплив ПНМА або ЗНМА.

Проте варіації ВМА, хоч і незначні, можуть призводити до неврологічних розладів. Це пов'язано з тим, що деякі сегменти ВМА можуть проходити повз III,

IV і V черепно-мозкові нерви (у 70%, 95% і 45% випадках відповідно) і тиснути на них [57, 58]. Так, однією з частих причин невралгії трійчастого нерву є компресія цього нерву петлями ВМА; компресія окорухового нерву проявляється симптомами, пов'язаними з рухами очей та змінами розміру зіниці; компресія блокового нерву може спричинити його парез, що проявляється міокімією верхнього косого м'яза ока [58, 74, 85, 91, 138, 171].

Зміна положення ВМА може бути діагностичним критерієм. Так, зміщення ВМА у медіальному, передньому, задньому та бічному напрямках може виникнути в результаті появи менінгіом, аневризм або інших новоутворень. Поява гілки ВМА у цистернах навколо середнього мозку слугує показником наявності пухлин, розташованих у безпосередній близькості до середнього мозку [122].

Подвоювання ВМА, що виникають найбільш часто, або більш рідкі подвоювання ПНМА і ЗНМА можуть використовуватись у процедурах артеріального шунтування. У цій процедурі ВМА, ПНМА або ЗНМА з'єднуються «кінець в кінець», «бік у бік» або «кінець в бік» з позачерепними артеріями, що забезпечує відновлення кровообігу і може зменшити ризик смертності та захворюваності [54, 104, 156].

Варіантів походження ПНМА значно більше, ніж ВМА (табл. 7.2). Найбільш часто це основна артерія (в середньому 83%), більшою часткою її нижня третина. Походження ПНМА від ЗНМА спостерігали лише у одному дослідженні у 2% випадків [124]. Великий розкид мають дані щодо варіанту походження ПНМА спільним сегментом з ЗНМА від основної артерії (0-14%). Найрідкісніші випадки початку ПНМА від хребтової артерії або з'єднання хребтової та основної артерій (в середньому 1.1% і 0.7% відповідно). Дані щодо подвоєння і відсутності ПНМА мають великий розкид (0-26% і 0-36,3% відповідно) [54, 93, 124, 165]. Дані щодо потроєння ПНМА відсутні.

Таблиця 7.2.

Порівняння даних щодо мінливості ПНМА з даними інших авторів

Вид мінливості ПНМА			Автор				
			[165]	[124]	[54]	[93]	Ця робота
Джерело	ОА	Всі випадки	95*	92	63,7	79,1	85
		Середня третина	17	-	-	0,7	11
		Нижня третина	78	-	-	78,4	74
	ПНМА		0	2	0	0	0
	Спільно з ПНМА від ОА		0,7	6	0	10,4	14
	ХА		2	0	0	3,7	0
	З'єднання ОА-ХА		0	0	0	3,7	0
	Подвоєння		0	26	0	10,4	1
Відсутність		1,3	0	36,3	3,1	1	

Примітка: ОА – основна артерія; ХА – хребтова артерія; * – Дані подані у відсотках (тут і в табл. 7.3).

Великий ступінь мінливості ПНМА призводить до великого різноманіття ознак її оклюзії, які включають симптоми слухової та вестибулярної дисфункції, втрату чутливості обличчя, синдром Горнера та зміну ходи. Проте вказані ознаки пов'язані в основному з порушенням кровопостачання ПНМА бокових частин стовбура мозку та ніжок мозочка, ніж ділянок його півкуль [56, 111, 142].

ЗНМА має менше варіантів походження, ніж ПНМА, проте найбільш частий варіант в середньому складає лише 76.7% (табл. 7.3). Окрім хребтової артерії, ЗНМА може починатися від основної, ПНМА або спільного сегменту з ПНМА від основної артерії (в середньому 2.9%, 1.5%, 4.4% відповідно). Подвоєння ЗНМА в середньому відбувається менш часто, ніж ВМА або ПНМА (0.9%). ЗНМА має найбільший максимальний показник відсутності серед трьох артерій мозочка (43.7%), в середньому він складає 14.6%, з яких білатерально 1% [54, 124, 165].

Таблиця 7.3.

Порівняння даних щодо мінливості ЗНМА з даними інших авторів

Вид мінливості ЗНМА		Автор			
		[165]	[124]	[54]	Ця робота
Джерело	ХА	86,5*	82	56,3	82
	ОА	1,5	10	0	0
	ПНМА	0	6	0	0
	Спільно з ПНМА від ОА	1,5	2	0	14
Подвоєння		1,5	0	0	2
Відсутність	Всі випадки	10,5	0	43,7	4
	Двостороння	3	0	-	0

В жодному з досліджень спостерігали відсутність одночасно двох артерій мозочка на одній стороні.

Джерело походження і ступінь розвитку артерій обумовлює кількість анастомозів між ними. Так, якщо ПНМА набагато більше розвинена за ЗНМА з тієї ж сторони, то колатеральний кровообіг, ймовірно, буде слабким, створюючи невідповідну та небезпечну ситуацію у випадку оклюзії ПНМА. У свою чергу, розмір області інфаркту після оклюзії ПНМА обернено пропорційний розміру ЗНМА і ВМА та кількості анастомозів між цими артеріями.

Відсутність ПНМА або ЗНМА радикально змінює розподіл зон кровопостачання нижньої півмісяцевої, тонкої, двочеревцевої часточок, мигдалика і клаптика, проте не впливає на варіант початку та хід артерій до їх розгалуження по поверхні мозочка. Відсутні артерії завжди замінюються гілками судинної мережі інших артерій, при цьому часто це артерії тієї ж півкулі, рідко – протилежної. Компенсація відбувається за рахунок додаткових гілок, що відходять від більш розвинутих артерій; діаметр цих судин візуально більший.

Вірогідність появи СЗ, що були помічені при аналізі розподілення артерій мозочка, збільшується у ділянках зі збільшенням мінливості джерел

кровопостачання, тобто на межі територій різних артерій мозочка. На верхній поверхні це листок і горб черв'яка – межа ВМА і ЗНМА, а на нижній – передні сектори двочеревцевої та тонкої часточок (V_a , G_a) – межа ПНМА і ЗНМА. Внаслідок цього, калібр судин у зонах на межі артерій буде меншим, що обумовлює уразливість таких ділянок до ішемії. Проте такі території будуть менше страждати при оклюзії однієї з парних артерій.

Мінливість зон кровопостачання ВМА незначна. Літературні дані щодо цієї артерії в цілому збігаються з даними, що були отримані в цій роботі [51, 66, 76, 145]. Серед зон кровопостачання ПНМА зазвичай виділяють передні ділянки тонкої та нижньої півмісяцевих часточок [56, 66], натомість, згідно отриманим у даному дослідженні даним, від 17% до 21% випадків припадають на центральні ділянки цих часточок (I_c , G_c) і 2-3% – на задні (I_p , G_p). Так само зонами ЗНМА вважають центральні і задні сектори нижньої півмісяцевої та тонкої часточок, часто не враховуючи суттєву вірогідність появи її гілок на передніх секторах цих часточок (13% - I_a , 11% - G_a). Джерелами кровопостачання двочеревцевої часточки вважається латеральна та медіальна гілка ЗНМА; участь ПНМА у кровопостачанні цієї часточки згадується рідко, проте, згідно отриманим даним, її передня частина (V_a) живиться ПНМА у 65% випадків, а центральна (V_c) – у 14%. Наші результати підтверджують відомості про варіації ЗНМА, коли її гілки досягають схилу черв'яка [56].

З приведенного аналізу видно, що метод секторального розподілу часточок верхньої і нижньої поверхонь мозочка не тільки спрощує розрахунок вірогідності кровопостачання конкретних ділянок часточок, але й дозволяє уточнити межі цих ділянок, що може бути корисним у локалізації зон великих ішемічних інфарктів і встановленні етіології малих інфарктів.

Розподілення зон кровопостачання ВМА, ПНМА і ЗНМА у мозочків різної форми було досліджено вперше. Встановлено, що мінливість зон нижньої поверхні мозочка спостерігається у пропорційних за формою мозочків, отже мінливість форми і мінливість поверхневих артерій мозочка можна вважати незалежними векторами ІАМ мозочка.

7.3. Мінливість розгалуженості артерій верхньої та нижньої поверхонь мозочка та її зв'язок із формою мозочка

Фрактальний аналіз є об'єктивною альтернативою суб'єктивним методам оцінювання ступеня розгалуження судин по поверхні органу. Розподіл значень ФІ артерій на поверхні мозочка за нормальним законом дозволяє застосувати цей критерій для кількісного визначення типу розгалуження судин: великі значення ФІ характеризують максимальний ступінь галуження артерій та значну кількість анастомозів між ними, середні – помірну, малі – слабку розгалуженість судинного русла. Їх можна зіставити з традиційними типами галуження судин: ФІ у діапазоні $M \pm S$ відповідає проміжному типу будови судинного русла, більші значення – розсипному, менші – магістральному типу [42]. Отримані нами значення діапазонів ФПА суттєво не відрізнялись від таких, що були наведені у попередніх дослідженнях [42].

Відмінність ФПА різних поверхонь мозочка свідчить про різний ступінь галуження артерій, що забезпечують їх кровопостачання: верхній поверхні більш властивий магістральний або проміжний тип галуження, тоді як для нижньої більш характерний проміжний або розсипний типи галуження; величина ФПА нижньої поверхні завжди більша за таку верхньої поверхні. Дані результати також можна пояснити тим, що зазвичай верхню поверхню мозочка живить лише одна з основних артерій мозочка (ВМА), а нижню – дві (ПНМА і ЗНМА), які мають свої особливості галуження, а також створюють між собою анастомози. У попередніх дослідженнях [39] значущих відмінностей ФПА на верхній та нижній поверхнях мозочка знайдено не було, що може пояснюватись вибором різних ділянок поверхні мозочка для аналізу.

Найбільше різноманіття варіантів галуження артерій – від магістрального до розсипного – як на верхній, так і на нижній поверхнях мозочка, спостерігається в найбільш численній групі – мозочків середньої форми, незалежно від того, який показник форми аналізується. Характер галуження поверхневих артерій мозочка прагне до розсипного типу у відносно вузьких та відносно коротких мозочків, і

навпаки – до магістрального – у відносно широких і відносно довгих мозочків. Протилежним чином впливає відносна висота: характер галуження поверхневих артерій мозочка прагне до розсипного типу при збільшенні відносної висоти мозочка. Так, відносно низькі мозочки мають зазвичай магістральний тип галуження (що більш помітно на верхній поверхні), тоді як у відносно високих мозочків характер галуження прагне до розсипного (що більш помітно на нижній поверхні).

Схильність відносно високих та відносно коротких мозочків до розсипного типу галуження судин є фактором ризику розвитку ішемії таких мозочків, що обумовлено меншим середнім діаметром судин. Так само відносно низькі та відносно довгі мозочки, що прагнуть до магістрального типу галуження судин, більш уразливі до тромбозу та емболії. За таким самим принципом, судини верхньої поверхні мозочка більш чутливі до тромбозу і емболії, а нижньої – до ішемії.

Наші дані доповнюють попередні дослідження закономірностей фрактальної організації судин мозочка [39], де було встановлено прямий взаємозв'язок ФПА мозочка з його масою, відносною висотою та обернений – з відносною шириною.

ВИСНОВКИ

1. Запропонований комплексний метод оцінювання форми мозочка при морфометрії анатомічних препаратів. Метод полягає в вимірюванні лінійних розмірів (*ширини* (W), *довжини* (L) та *висоти* (H)) з подальшим розрахунком *відносних* розмірів (*відносної ширини* rW, *довжини* rL та *висоти мозочка* rH) за формулами як відношення квадрату величини одного лінійного розміру до добутку величин двох інших: $rW = W^2 / (L \times H)$, $rL = L^2 / (W \times H)$ та $rH = H^2 / (W \times L)$.

2. Величина відносного розміру визначає його внесок у форму і впливає на зовнішню будову мозочка; наскільки виражена та чи інша ознака – залежить від того, як сильно відхиляється від *середньої* величина відносного розміру, який на неї впливає. Так, *відносно широкі* мозочки мають великий діастаз між півкулями й мигдаликами, широкі задню і передню вирізки, тоді як у *відносно вузьких* мозочків задня вирізка має вигляд щілини, нижній черв'як не видно, або помітно одну його часточку, мигдалики щільно прилягають один до одного. Півкулі *відносно високих* мозочків масивні, утворюють гостру вершину. Протилежний їм тип – *відносно низькі* мозочки – виглядають сплющеними, схил черв'яка виступає над верхньою поверхнею півкуль. *Відносно довгі* мозочки мають глибоку передню вирізку. Хід звивин нагадує параболи. Навпаки, у *відносно коротких* об'єктів черв'як виступає наперед відносно переднього краю півкуль і тим самим зменшує глибину передньої вирізки. Остаточні особливості форми і зовнішньої будови мозочка визначають поєднання відносних розмірів.

3. Запропонований комплексний метод прижиттєвого оцінювання форми мозочка при морфометрії томограм. Метод полягає в вимірюванні лінійних розмірів: *ширини* (W), *довжини* (L) та *висоти* (H) – на томограмах у трьох стандартних проекціях (у сагітальній – L_{sag} і H_{sag} , у корональній – W_{cor} і H_{cor} , в аксіальній – W_{ax} і L_{ax}), розрахунку їх співвідношень: $(W_{ax} / L_{ax}, W_{cor} / H_{cor}, L_{sag} / H_{sag})$ і відносних параметрів (*відносної ширини*, *відносної довжини* та *відносної висоти мозочка* – W_r, L_r, H_r) за формулами: $W_r = (W_{ax} \times W_{cor}) / (L_{ax} \times H_{cor})$;

$L_r = (L_{ax} \times L_{sag}) / (W_{ax} \times H_{sag})$ та $H_r = (H_{cor} \times H_{sag}) / (W_{cor} \times L_{sag})$. Аналіз форми мозочка сприяє прижиттєвому визначенню особливостей його будови, а саме: форми часточок, ходу борозн та щілин, тривимірної організації його ядер та ін.

4. Встановлено, що зазвичай ВМА відходить від верхньої третини основної артерії, ПНМА починається від нижньої третини основної артерії; ЗНМА починається від хребтової артерії. Окрім класичного варіанту, спостерігали подвоєння ВМА (одностороннє і двостороннє), походження ПНМА від середньої третини основної артерії, подвоєння (двостороннє) і відсутність ПНМА, а також подвоєння і відсутність ЗНМА, походження ПНМА і ЗНМА спільним сегментом від основної артерії; в останньому випадку описано три варіанти ходу цих артерій.

5. Для аналізу мінливості зон кровопостачання мозочка було запропоновано розподіл деяких часточок мозочка на сектори: верхньої поверхні – на латеральний, центральний і медіальний, нижньої – на передній, центральний і задній. Встановлено найбільш вірогідний варіант розподілу артерій: ВМА поширює свої гілки по всій верхній поверхні півкуль мозочка, а також на центральну часточку, вершину, схил, листок і горб черв'яка; кінцеві гілки ПНМА досягають передніх секторів двочеревцевої, тонкої та нижньої півмісяцевої часточок (V_a , G_a і I_a відповідно); ЗНМА забезпечує кровопостачання центральних і задніх секторів двочеревцевої, тонкої та нижньої півмісяцевої часточок і мигдалика (V_c , V_p , G_c , G_p , I_c , I_p і T відповідно).

6. При подвоєнні ПНМА, її зона кровопостачання розширюється до центральних секторів часточок нижньої поверхні мозочка. За відсутності ПНМА, ЗНМА розширює свою зону кровопостачання, замінюючи її, і навпаки. Інколи відсутню або слабо розвинену ЗНМА замінювала однойменна артерія з протилежної півкулі. Вірогідність поширення гілок ПНМА на сектори нижньої поверхні мозочка найвища в передньо-латеральному секторі (I_a) і поступово зменшується до задне-медіального сектора (V_p).

7. Встановлено найбільш мінливі за джерелом кровопостачання ділянки поверхні мозочка: листок і горб черв'яка (ВМА – у 52%, ЗНМА – у 21%, разом – 27%), а також передні сектори нижньої півмісяцевої (I_a : ПНМА – 78%, ЗНМА –

17%, ВМА – 1%, СЗ – 4%), тонкої (G_a : ПНМА – 72%, ЗНМА – 18%, СЗ – 10%) та двочеревцевої (B_a : ПНМА – 60%, ЗНМА – 26%, СЗ – 14%) часточок.

8. Встановлено взаємозв'язок між формою мозочка і розподілом джерел кровопостачання мінливих ділянок його поверхні: вірогідність живлення часточок VII_f, VII_t черв'яка мозочка з боку ВМА підвищується у групах відносно широких і відносно низьких мозочків та знижується у групі відносно довгих; вірогідність кровопостачання секторів I_a та G_a з боку ПНМА підвищується у групі відносно широких мозочків і знижується (на користь ЗНМА) у групах відносно коротких та відносно високих.

9. За допомогою фрактального аналізу кількісно охарактеризовано розгалуженість артерій на верхній і нижній поверхнях мозочка і за допомогою ФІ встановлено діапазон її мінливості; визначено інтервали значень ФІ, що відповідають проміжному ($1,54 \div 1,73$), магістральному ($<1,54$) та розсипному ($>1,73$) типам галуження артерій на поверхні мозочка. Встановлено, що верхній поверхні мозочка більш властивий магістральний або проміжний тип галуження артерій (діапазон $1,42 \div 1,79$; $M \pm S = 1,60 \pm 0,09$), тоді як нижній – проміжний або розсипний (діапазон $1,50 \div 1,82$; $M \pm S = 1,68 \pm 0,09$). Показано, що існує певний взаємозв'язок між формою мозочка та типом галуження артерій на його поверхнях. Вірогідність розсипного типу галуження збільшується при збільшенні відносної висоти і при зменшенні відносної довжини мозочка; магістрального – навпаки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бекесевич АМ. Особливості структурної організації ланок гемомікроциркуляторного русла кори мозочка щура за умов 2- та 4-тижневого введення опію. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2016;15(1):24-27. doi: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.15.1.2016.5>
2. Беков ДБ. Индивидуальная анатомическая изменчивость – её настоящее и будущее. Український медичний альманах. 1998;2:14-16.
3. Беков ДБ, Ткаченко ДА, Вовк ЮН. Индивидуальная анатомическая изменчивость органов, систем и формы тела человека. Київ: Здоров'я; 1988. 224 с.
4. Боягина ОД, Костиленко ЮП. Планиметрический анализ индивидуальной вариативности и полового диморфизма мозолистого тела людей в зрелом возрасте по данным МРТ-изображений. Morphologia. 2015;9(4):21-5.
5. Валькер ФИ. Значение учения о крайних формах изменчивости органов, систем и тканей человека и возрастной анатомии для клиники. Вестник хирургии. 1946;66(4)3-7.
6. Вовк ЮН, Беков ДБ. Индивидуальная анатомическая изменчивость и анатомическая норма строения человека. Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології: збірка наукових праць; 2001; Київ–Луганськ–Харків. 2001;7(39):81-89.
7. Вовк ЮН, Беков ДБ. Учение об индивидуальной анатомической изменчивости акад. В. Н. Шевкуненко в морфологических исследованиях. Вісник проблем біології та медицини. 2003;3:3-7.
8. Вовк ОЮ, Бондаренко СВ, Малахов СС. Індивідуальна анатомічна мінливість бічних шлуночків головного мозку та їх відділів у людини зрілого віку. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2020;19(1):84-88.
9. Вовк ЮМ, Вовк ВЮ, Вовк ОЮ, Антонюк ОП, Круцяк ОВ. Методичні основи дослідження індивідуальної анатомічної мінливості органів, систем та тканин людини. Укр. мед. альманах. 2004;7(5):34-36.

10. Вовк ЮМ, Вовк ОЮ. Індивідуальна анатомічна мінливість та її клініко-морфологічне значення. Харків: ФОП Бровін ОВ, 2019. 188 с.
11. Вовк ЮМ, Вовк ОЮ. Перспективи та нові напрямки вчення про індивідуальну анатомічну мінливість. Вісник проблем біології та медицини. 2016;1(128):376-378.
12. Вовк ЮН. Значение индивидуальной анатомической изменчивости для развития клинической анатомии. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2016;15(1):101-104.
13. Вовк ЮМ, Фоміних ТА. Теоретичне та практичне значення індивідуальної анатомічної мінливості пазух твердої оболони головного мозку людини. Вісник проблем біології та медицини. 2003;3:9-11.
14. Головацький АС, Черкасов ВГ, Сапін МР, Парахін АІ. Анатомія людини. У трьох томах. Том другий. Вінниця: Нова Книга; 2007. 456 с.
15. Дяченко ОП. Артеріовенозні взаємовідносини мозочка брахіцефалів. Український морфологічний альманах. 2008;6(4):36-38.
16. Дяченко ОП. Артеріовенозні взаємовідносини мозочка доліхоцефалів. Український медичний альманах. 2009;12(1):69-71.
17. Дяченко ОП. Артеріовенозні взаємовідносини мозочка мезоцефалів. Український морфологічний альманах. 2009;7(1):31-34.
18. Калініченко М. Взаємозв'язок лінійних розмірів мозочка і типу розгалуженості його артерій. Інновації в медицині та фармації: матеріали 93 науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2024 бер. 28-30; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет, 2024: с. 248.
19. Калініченко М. Мінливість судинного русла нижньої поверхні мозочка людини. Збірник тез VI Буковинського міжнародного медичного конгресу; 2024 квіт. 2-5; Чернівці. Чернівці: Буковинський державний медичний університет, 2024: с. 113.
20. Калініченко М. Модифікація методу підрахунку квадратів фрактального аналізу при морфометрії. Медицина третього тисячоліття: збірник

тез міжвузівської конференції молодих вчених та студентів; 2023 лют. 13-15; Харків. Харків: ХНМУ, 2023. с. 352-353.

21. Калініченко М, Орлова Т. Фрактальний аналіз та лакунарність у дослідженні судинних структур. Інновації в медицині та фармації: збірник тез доповідей 90-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2021 бер. 25-27; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет; 2021. с. 84.

22. Калініченко М. Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури). Медицина сьогодні і завтра. 2021;90(2):6-14. doi.org/10.35339/msz.2021.90.2.kmo

23. Колесник ВВ, Олійник Ю. Особливості мінливості морфометричних показників бічних шлуночків головного мозку в осіб зрілого та похилого віку. Вісник проблем біології і медицини. 2019;2(151):205–210.

24. Котов АА. Типы кровоснабжения мозжечка. Вопросы морфологии нервной системы и кровоснабжения ее элементов. Сборник науч. трудов, Челябинск; 1982. 43–46.

25. Максименков АН. Учение об изменчивости органов и систем тела человека. Вестник хирургии. 1957;79(8):3-19.

26. Мардерштейн ИГ. О трактовке нормы в анатомии человека. ААГЭ. 1965;12:83-86.

27. Масловський СЮ, Ключко НІ, Трач ОО. Закономірності будови та індивідуальної анатомічної мінливості первинної зорової та соматосенсорної кори півкуль мозку людини. Вісник проблем біології і медицини. 2016;2(2):210-213.

28. Мар'єнко НМ. Індивідуальна анатомічна мінливість часточок півкуль мозочка людини. Прикладні аспекти морфології: збірник матеріалів науково-практичної конференції; 2017 вер. 21-22; Вінниця. Вінниця: Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова; 2017. с. 234-236.

29. Мар'єнко НІ, Степаненко ОЮ. Два способи фрактального аналізу як морфометричного методу в анатомії: спосіб підрахунку квадратів vs спосіб дилатації пікселів. Медицина сьогодні і завтра. 2019;83(2):14-22.

30. Матешук-Вацеба ЛР, Бекесевич АМ. Нервові волокна та клітини глії кори мозочка в нормі та за умов тривалого впливу опію в експерименті. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2018;6(20):55-59.
31. Матешук-Вацеба ЛР, Бекесевич АМ. Структурна організація кори мозочка щурів за умов 6-тижневого введення опію. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2015;14(2):68-71.
32. Матешук-Вацеба ЛР, Зінько АВ, Вільхова ІВ, Гресько НІ, Бекесевич АМ. Якісно-кількісні зміни ланок гемомікроциркуляторного русла білої речовини кінцевого мозку у результаті 4-тижневого впливу налбуфіну в експерименті. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2020;8(29):33-35.
33. Міщенко ТС. Епідеміологія цереброваскулярних захворювань і організація допомоги хворим з мозковим інсультом в Україні. *Український вісник психоневрології*. 2017;41(90):41-43.
34. Сперанский ВС. О понятии анатомической нормы. *Архив анатомии*. 1967;6:101-107.
35. Степаненко АЮ. Вариантная анатомия и индивидуальная изменчивость макроанатомических показателей мозжечка человека. *Медицина сьогодні і завтра*. 2010;47-48(2-3):81-87.
36. Степаненко АЮ. Влияние размеров мозгового черепа на морфометрические показатели мозжечка человека. *Український медичний альманах*. 2010;13(6):151-155.
37. Степаненко АЮ. Влияние формы и величины мозгового черепа на линейные размеры мозжечка человека. *Експериментальна і клінічна медицина*. 2011;1(50)5-10.
38. Степаненко АЮ. Зависимость формы мозжечка человека от морфометрических и антропометрических показателей. *Медицина сьогодні і завтра*. 2014;1(62):39-43.
39. Степаненко АЮ. Закономерности индивидуальной изменчивости структуры поверхностной сосудистой сети мозжечка. *Експериментальна і клінічна медицина*. 2017;2:44-48.

40. Степаненко АЮ. Индивидуальная изменчивость формы и внешнего вида мозжечка человека. Медицина сьогодні і завтра. 2012;3-4(56-57):42-46.
41. Степаненко АЮ, Мар'єнко НІ. Фрактальний аналіз як метод морфометричного дослідження білого речовини мозжечка людини. Світ медицини та біології. 2016;4(58):127-130.
42. Степаненко АЮ, Мар'єнко НІ. Фрактальний аналіз як метод морфометричного дослідження поверхностної судинної мережі мозжечка людини. Медицина сьогодні і завтра. 2015;4(69):50-55.
43. Степаненко АЮ. Морфометричні показники мозжечка у людей з різною формою черепа (краніотипом). Клінічна анатомія і оперативна хірургія. 2011;9(5):22-28.
44. Степаненко ОЮ, Мар'єнко НІ. Статеві особливості індивідуальної мінливості будови черв'яка мозочка людини. Галицький лікарський вісник. 2013;20(1):77-79.
45. Цимбалюк ВІ, Медведєв ВВ, Сенчик ЮЮ. *Se.re.bellum*, або мозочок. Вінниця: Нова Книга; 2013. 272 с.
46. Черно ВС, Вовк ЮМ, Алексашина ІВ. Індивідуальна краніотопографічна та морфометрична мінливість сигмоподібних пазух твердої оболонки головного мозку у дорослих людей залежно від типу будови черепа. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2016;15(1):6-10.
47. Шевкуненко ВН, Геселевич АМ. Типовая анатомия человека. Ленинград–Москва: Гос. изд-во биол. и мед. лит-ры, Ленинградское отделение; 1935. 132 с.
48. Шевкуненко ВН. Типовая и возрастная анатомия. Ленинград: ВМА; 1925. 141 с.
49. Шиян ДМ. Особливості кровопостачання присереднього і міжпозиційного ядер мозочка людини. Теоретична і експериментальна медицина. 2016;4(73):22-25.
50. Шиян ДН. Асиметрія кровоснабження зубчатого ядра мозжечка. Експериментальна і клінічна медицина. 2015;2(67):57-59.

51. Шиян ДН. Морфофункциональные особенности распределения артерий в зубчатом ядре мозжечка. *Sciences of Europe*. 2016;2(2):47-52.
52. Adamaszek M, D'Agata F, Ferrucci R, Habas C, Keulen S, Kirkby KC, Leggio M, Mariën P, Molinari M, Moulton E, Orsi L, Van Overwalle F, Papadelis C, Priori A, Sacchetti B, Schutter DJ, Styliadis C, Verhoeven J. Consensus Paper: Cerebellum and Emotion. *Cerebellum* (London, England). 2017;16(2):552–576. doi: 10.1007/s12311-016-0815-8
53. Ahmad N, Singh D, Jethani S. Role of vermal anteroposterior length and width in age determination of fetus. *Journal of the Anatomical Society of India*. 2023;72(2):135.
54. Akgun V, Battal B, Bozkurt Y, Oz O, Hamcan S, Sari S, Akgun H. Normal anatomical features and variations of the vertebrobasilar circulation and its branches: an analysis with 64-detector row CT and 3T MR angiographies. *ScientificWorldJournal*. 2013;2013(620162). doi: 10.1155/2013/620162
55. Al-Kadi OS. A multiresolution clinical decision support system based on fractal model design for classification of histological brain tumours. *Comput Med Imaging Graph*. 2015;41:67-79. doi: 10.1016/j.compmedimag.2014.05.013
56. Amarenco P, Rosengart A, DeWitt LD, Pessin MS, Caplan LR. Anterior inferior cerebellar artery territory infarcts. Mechanisms and clinical features. *Archives of neurology*. 1993;50:154-161.
57. Arifoglu Y, Gezen F, Gonul C, Sevinc O, Is M. The case of unilateral double superior cerebellar artery. *Duzce Tıp Fakultesi Dergisi*. 2002;4(3):26–8
58. Avci E, Fossett D, Aslan M, Attar A, Egemen N. Surgical anatomy of the superior cerebellar artery. *Turk Neurosurg*. 2001;11:95–100
59. Ballesteros-Acuña L, Gómez-Torres F, Estupiñán HY. Morphologic characterization of the superior cerebellar artery. A direct anatomic study. *Translational Research in Anatomy*. 2021;25:100150. doi: 10.1016/j.tria.2021.100150
60. Barrett KE, Barman SM, Brooks HL, Yuan JJ. *Ganong's Review of Medical Physiology*, 26e. New York: McGraw-Hill Education; 2019. 752 p.

61. Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation: Opus II: Cardiovascular System: Arteries: Head, Neck, and Thorax. Anterior Inferior Cerebellar and Posterior Inferior Cerebellar Arteries, November 2011, <http://www.anatomyatlases.org/AnatomicVariants/Cardiovascular/Text/Arteries/CerebellarAntPostInferior.shtml>
62. Berkowitz AL. Clinical Neurology and Neuroanatomy. New York: McGraw-Hill Education; 2017. 336 p.
63. Blackburn JW. Anomalies of the encephalic arteries among the insane. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*. 1907;17:493-517.
64. Boiagina O, Stepanenko O, Lebedieva A. Correlation Between Corpus Callosum Shape and Craniometric Measurements According to Mri Data. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2021;12(3):01-10. <https://doi.org/10.18662/brain/12.3/216>
65. Boiagina O, Vovk O. Method of the morphometric analysis of the corpus callosum form on the basis of mr-images and applicable to its natural preparations. *Inter Collegas*. 2019;6(3):150–154. <https://doi.org/10.35339/ic.6.3.150-154>
66. Caplan L. Vascular supply and territories of the cerebellum. *Handbook of the Cerebellum and Cerebellar Disorders*. 2013:343-356
67. Carlson AP, Alaraj A, Dashti R, Aletich VA. The bihemispheric posterior inferior cerebellar artery: anatomic variations and clinical relevance in 11 cases. *Journal of neurointerventional surgery*. 2013;5(6):601-604.
68. Chekanova IV, Vovk OYu, Dubina SO. Establishing shape of the middle cranial fossa of adult person using craniometric indices. *Bulletin of problems biology and medicine*. 2021;1(159):250-253.
69. Chen MM, Chen SR, Diaz-Marchan P, Schomer D, Kumar VA. Anterior Inferior Cerebellar Artery Strokes Based on Variant Vascular Anatomy of the Posterior Circulation: Clinical Deficits and Imaging Territories. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2018;27(4):59-64.
70. Clouchoux C, Guizard N, Evans AC, du Plessis AJ, Limperopoulos C. Normative fetal brain growth by quantitative in vivo magnetic resonance

imaging. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2012;206(2):173.e1–173.e1738. doi: 10.1016/j.ajog.2011.10.002

71. Collantoni E, Madan CR, Meneguzzo P, Chiappini I, Tenconi E, Manara R, Favaro A. Cortical Complexity in Anorexia Nervosa: A Fractal Dimension Analysis. *J Clin Med*. 2020;9(3):833. doi: 10.3390/jcm9030833

72. Cornforth DJ, Jelinek H. Monofractal and multifractal analysis for interpretation of function-structure relationships in finite size biological material. In Mitchell EW, Murray SR, editors, *Classification and application of fractals: New research*. 1st ed. New York: Nova Publishers. 2011. p. 1-22

73. Cullen SP, Ozanne A, Alvarez H, Lasjaunias P. The bihemispheric posterior inferior cerebellar artery. *Neuroradiology*. 2005;47(11):809-12. doi: 10.1007/s00234-005-1427-z

74. da Silva Jr EB, Ramina R, de Meneses MS, Kowacs PA, da Silva EB. Bilateral oculomotor nerve palsies due to vascular conflict. *Arq Neuropsiquiatr*. 2010;68(5):819–21.

75. Diedrichsen J, Balsters JH, Flavell J, Cussans E, Ramnani N. A probabilistic MR atlas of the human cerebellum. *Neuroimage*. 2009;46(1):39-46. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.01.045

76. Delion M, Dinomais M, Mercier P. Arteries and Veins of the Cerebellum. *Cerebellum*. 2017;16(5–6):880-912.

77. Di Ieva A, Esteban FJ, Grizzi F, Klonowski W, Martín-Landrove M. Fractals in the neurosciences, Part II: clinical applications and future perspectives. *Neuroscientist*. 2015;21(1):30-43. doi: 10.1177/1073858413513928

78. Di Ieva A. Fractal analysis of microvascular networks in malignant brain tumors. *Clin Neuropathol*. 2012;31(5):342-51. doi: 10.5414/np300485

79. Di Ieva A, Grizzi F, Jelinek H, Pellionisz AJ, Losa GA. Fractals in the Neurosciences, Part I: General Principles and Basic Neurosciences. *Neuroscientist*. 2014;20(4):403-417. doi: 10.1177/1073858413513927

80. Di Ieva A, Le Reste PJ, Carsin-Nicol B, Ferre JC, Cusimano MD. Diagnostic Value of Fractal Analysis for the Differentiation of Brain Tumors Using 3-Tesla Magnetic

Resonance Susceptibility-Weighted Imaging. *Neurosurgery*. 2016;79(6):839-846. doi: 10.1227/NEU.0000000000001308

81. Di Ieva A, Niamah M, Menezes RJ, Tsao M, Krings T, Cho YB, Schwartz ML, Cusimano MD. Computational fractal-based analysis of brain arteriovenous malformation angioarchitecture. *Neurosurgery*. 2014;75(1):72-9. doi: 10.1227/NEU.0000000000000353

82. D'Mello AM, Stoodley CJ. Cerebro-cerebellar circuits in autism spectrum disorder. *Frontiers in neuroscience*. 2015;9:408. doi: 10.3389/fnins.2015.00408

83. Dodevski A, Tosovska Lazarova D, Zhivadinovik J. Morphological characteristics of the superior cerebellar artery. *Contributions: Macedonian Academy of Sciences and Arts, Section of Biological and Medical Sciences*. 2015;36(1):79-83.

84. Doubal FN, MacGillivray TJ, Patton N, Dhillon B, Dennis MS, Wardlaw JM. Fractal analysis of retinal vessels suggests that a distinct vasculopathy causes lacunar stroke. *Neurology*. 2010;74(14):1102-7. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181d7d8b4

85. Esmer AF, Sen T, Tuccar E, Karahan T. The relationships between the superior cerebellar artery and trochlear nerve. *Journal of Ankara University Faculty of Medicine*. 2009;62(3):159–61.

86. Fernández E, Jelinek HF. Use of fractal theory in neuroscience: methods, advantages, and potential problems. *Methods*. 2001;24(4):309-321. doi: 10.1006/meth.2001.1201

87. Fomkina OA, Nikolenko VN, Chernyshkova EV. Morphology and biomechanical properties of cerebellar arteries in adults. *Russian Open Medical Journal*. 2016;5(2):1-4.

88. Grizzi F, Castello A, Qehajaj D, Russo C, Lopci E. The Complexity and Fractal Geometry of Nuclear Medicine Images. *Mol Imaging Biol*. 2019;21(3):401-409. doi: 10.1007/s11307-018-1236-5

89. Guell X, Gabrieli JDE, Schmahmann JD. Triple representation of language, working memory, social and emotion processing in the cerebellum: convergent evidence from task and seed-based resting-state fMRI analyses in a single large cohort. *Neuroimage*. 2018;172:437–449. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.01.082

90. Halley JM, Hartley S, Kallimanis AS, Kunin WE, Lennon JJ, Sgardelis SP. Uses and abuses of fractal methodology in ecology. *Ecology Letters*. 2004;7(3):254-271. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00568.x
91. Hashimoto M, Ohtsuka K, Suzuki Y, Minamida Y, Houkin K. Superior oblique myokymia caused by vascular compression. *J Neuroophthalmol*. 2004;24(3):237-9.
92. Hilal S, Ong YT, Cheung CY, Tan CS, Venketasubramanian N, Niessen WJ, Vrooman H, Anuar AR, Chew M, Chen C, Wong TY, Ikram MK. Microvascular network alterations in retina of subjects with cerebral small vessel disease. *Neurosci Lett*. 2014;577:95-100. doi: 10.1016/j.neulet.2014.06.024
93. Hou K, Li G, Luan T, Xu K, Xu B, Yu J. Anatomical Study of Anterior Inferior Cerebellar Artery and Its Reciprocal Relationship with Posterior Inferior Cerebellar Artery Based on Angiographic Data. *World Neurosurg*. 2020;133:e459-e472. doi:10.1016/j.wneu.2019.09.047
94. Kalaiyarasi S, Chitra PS. A study of variations in the origin of superior cerebellar artery and the dimensions of its proximal segment. *International Journal of Approximate Reasoning*. 2018;6(1.1):4849-4853.
95. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. *Reports of Morphology*. 2023;29(4):11-18. doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-02
96. Kalinichenko M. A new formula to describe cerebellar shape. First step to science: XXth Scientific students and young scientists conference with international participation; 2023 Apr. 21-22; Vinnytsya. Vinnytsya: National Pirogov Memorial Medical University, 2023. p. 576-577.
97. Kalinichenko M. Evaluation of the shape of the human cerebellum in the morphometry of magnetic resonance images. *Theory and practice of modern morphology: materials of the seventh all-Ukrainian scientific and practical conference with international participation*; 2023 Nov. 1-3; Dnipro. Dnipro: Dnipro State Medical University, 2023. p. 37-38.

98. Kalinichenko M. Individual variability of cerebellar arteries of the human. *Medicine of the third millennium: collection of abstracts of the interuniversity conference of young scientists and students*; 2024 Jan. 15-17; Kharkiv. Kharkiv: Kharkiv National Medical University, 2024. p. 352-353.
99. Kalinichenko M. Morphological study of the cerebellum. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*; 2022 Oct. 15-17; Krakov, Poland. Krakow: 12th Neuronus Neuroscience Forum; 2022. p. 78.
100. Kalinichenko M, Stepanenko O. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2024;23(1):80-87.
101. Kalinichenko M, Stepanenko O. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories. *Morphologia*. 2024;18(1):41-48.
102. Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. *Acta Morphologica Et Anthropologica*. 2023;30(3-4):78-86. doi: 10.7546/AMA.30.3-4.2023.10
103. Kalinichenko M, Stepanenko O. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes. *Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy)*. 2024. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4775243>
104. Kawashima M, Rhoton AL, Tanriover N, Ulm AJ, Yasuda A, Fujii K. Microsurgical anatomy of cerebral revascularization. Part II: Posterior circulation. *Journal of Neurosurgery*. 2005;102(1):132–147.
105. King RD, George AT, Jeon T, Hynan LS, Youn TS, Kennedy DN, Dickerson B; the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Characterization of Atrophic Changes in the Cerebral Cortex Using Fractal Dimensional Analysis. *Brain Imaging Behav*. 2009;3(2):154-166. doi: 10.1007/s11682-008-9057-9
106. Krohn S, Froeling M, Leemans A, Ostwald D, Villoslada P, Finke C, Esteban FJ. Evaluation of the 3D fractal dimension as a marker of structural brain complexity in multiple-acquisition MRI. *Hum Brain Mapp*. 2019;40(11):3299-3320. doi: 10.1002/hbm.24599
107. Krzyżewski RM, Stachura MK, Stachura AM, Rybus J, Tomaszewski KA, Klimek-Piotrowska W, Brzegowy P, Urbanik A, Walocha JA. Variations and

morphometric analysis of the proximal segment of the superior cerebellar artery. *Neurol Neurochir Pol.* 2014;48(4):229-35. doi: 10.1016/j.pjnns.2014.07.006.

108. Lara-Aparicio SY, Laureani-Fierro AJ, Morgado-Valle C, Beltrán-Parrazal L, Rojas-Durán F, García LI, Toledo-Cárdenas R, Hernández ME, Manzo J, Pérez CA. Latest research on the anatomy and physiology of the cerebellum. *Neurology Perspectives.* 2022;2(1):34-46.

109. Larsell O, Jansen J. The comparative anatomy and histology of the cerebellum. The human cerebellum, cerebellar connections, and cerebellar cortex. Minneapolis: University of Minnesota Press. 1972. 284 p.

110. Lasjaunias P, Berenstein A, Brugge ter KG. Craniocervical junction. In: *Clinical vascular anatomy and variations.* Berlin, Heidelberg: Springer. 2001:165-260. doi:10.1007/978-3-662-10172-8_3

111. Lee H, Kim JS, Chung EJ, Yi HA, Chung IS, Lee SR, Shin JY. Infarction in the territory of anterior inferior cerebellar artery: spectrum of audiovestibular loss. *Stroke.* 2009;40(12):3745-51. doi: 10.1161/STROKEAHA.109.564682

112. Lee JM, Yoon U, Kim JJ, Kim IY, Lee DS, Kwon JS, Kim SI. Analysis of the hemispheric asymmetry using fractal dimension of a skeletonized cerebral surface. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2004;51(8):1494-1498. doi: 10.1109/TBME.2004.831543

113. Leto K, Arancillo M, Becker EB, Buffo A, Chiang C, Ding B, Dobyns WB, Dusart I, Haldipur P, Hatten ME, Hoshino M, Joyner AL, Kano M, Kilpatrick DL, Koibuchi N, Marino S, Martinez S, Millen KJ, Millner TO, Miyata T, ... Hawkes, R. Consensus Paper: Cerebellar Development. *Cerebellum (London, England).* 2016;15(6):789–828. doi: 10.1007/s12311-015-0724-2

114. Lewis MM, Galley S, Johnson S, Stevenson J, Huang X, McKeown MJ. The role of the cerebellum in the pathophysiology of Parkinson's disease. *The Canadian journal of neurological sciences. Le journal canadien des sciences neurologiques.* 2013;40(3):299–306. doi: 10.1017/s0317167100014232

115. Lopatkina OP, Tykholaz VO, Shkolnikov VS. Morphometric parameters of the human fetus pons 17-18 weeks of intrauterine development. *Medical Science of Ukraine.* 2023;19(3):74-80. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.3.2023.10>

116. Lopatkina OP, Tykholaz VO, Shkolnikov VS, Tykholaz OV. Structural organization of the pontine nuclei in human fetus 39-40 weeks of intrauterine development. *Reports of Vinnytsia National Medical University*. 2023;27(4):554-557. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(4\)-03](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(4)-03)
117. Lorthois S, Cassot F. Fractal analysis of vascular networks: insights from morphogenesis. *J Theor Biol*. 2010;262(4):614-33. doi: 10.1016/j.jtbi.2009.10.037
118. Lyutenko MA, Vovk OYu, Korobchanska AB. Intraorganic arteries of the brain stem of a mature human. *New trends and unsolved issues in medicine: International scientific conference; 2022 Jul. 29-30; Riga. Riga: Baltija Publishing; 2022. p. 226–229.*
119. Mancardi D, Varetto G, Bucci E, Maniero F, Guiot C. Fractal parameters and vascular networks: facts & artifacts. *Theor Biol Med Model*. 2008;5:12. doi: 10.1186/1742-4682-5-12.
120. Mandelbrot BB. *Form, chance and dimension*. San Francisco: W. H. Freeman. 1977. 365 p.
121. Mandelbrot BB. *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman. 1983. 468 p.
122. Mani RL, Newton TH. The superior cerebellar artery: arteriographic changes in the diagnosis of posterior fossa lesions. *Radiology*. 1969;92(6):1281-7. doi: 10.1148/92.6.1281
123. Mariën P, Ackermann H, Adamaszek M, Barwood CH, Beaton A, Desmond J, De Witte E, Fawcett AJ, Hertrich I, Küper M, Leggio M, Marvel C, Molinari M, Murdoch BE, Nicolson RI, Schmahmann JD, Stoodley CJ, Thürling M, Timmann D, Wouters E, ... Ziegler W. Consensus paper: Language and the cerebellum: an ongoing enigma. *Cerebellum (London, England)*. 2014;13(3):386–410. doi: 10.1007/s12311-013-0540-5
124. Marinković S, Kovacević M, Gibo H, Milisavljević M, Bumbasirević L. The anatomical basis for the cerebellar infarcts. *Surg Neurol*. 1995;44(5):450-461. doi:10.1016/0090-3019(95)00195-6

125. Mateshuk-Vatseba LR, Pidvalna UYe, Bekesevych AM. Morphometric Study of Angioarchitectonic under the Effect of Opioid (experimental study). *Reports of Morphology*. 2020;26(3):31-36.
126. Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J. A functional perspective on the embryology and anatomy of the cerebral blood supply. *J Stroke*. 2015;17:144-15. doi:10.5853/jos.2015.17.2.144
127. Michallek F, Dewey M. Fractal analysis in radiological and nuclear medicine perfusion imaging: a systematic review. *Eur Radiol*. 2014;24(1):60-69. doi: 10.1007/s00330-013-2977-9
128. Miller KJ, Berendsen S, Seute T, Yeom K, Gephardt MH, Grant GA, Robe PA. Fractal structure in the volumetric contrast enhancement of malignant gliomas as a marker of oxidative metabolic pathway gene expression. *Transl Cancer Res*. 2017;6(6):1275-1282. doi: 10.21037/tcr.2017.10.15
129. Nowinski WL. Modified Talairach landmarks. *Acta Neurochir*. 2001;143(10):1045-57. doi: 10.1007/s007010170011
130. Ogawa K, Suzuki Y, Takahashi K, Akimoto T, Kamei S, Soma M. Clinical Study of Seven Patients with Infarction in Territories of the Anterior Inferior Cerebellar Artery. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2017;26(3):574-581.
131. Ogeng'o J, Elbusaidy H, Sinkeet S. Variant origin of the superior cerebellar artery in a black Kenyan population. *European Journal of Anatomy*. 2015;19(3):287-290.
132. Ong YT, Hilal S, Cheung CY, Xu X, Chen C, Venketasubramanian N, Wong TY, Ikram MK. Retinal vascular fractals and cognitive impairment. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra*. 2014;4(2):305-313. doi: 10.1159/000363286
133. Orlova T, Kalinichenko M. Fractal properties of vessels. *Topical issues of new medicines development: materials of the XXVIII International scientific and practical conference of young scientists and students dedicated to the 150th anniversary of the birth of M.O. Valyashka*; 2021 Mar. 18-19; Kharkiv. Kharkiv: National University of Pharmacy; 2021. p. 216-217.

134. O'Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. *Cells Tissues Organs*. 2010;192(2):73-84. doi: 10.1159/000289817
135. Otake S, Taoka T, Maeda M, Yuh WT. A guide to identification and selection of axial planes in magnetic resonance imaging of the brain. *Neuroradiol J*. 2018;31(4):336-344. doi: 10.1177/1971400918769911
136. Padmavathi G. Study of the variations of superior cerebellar artery in human cadavers. *Int J Res Med Sci [Internet]*. 2017 [cited 2024 Jan. 8];2(2):699-703. Available from: <https://www.msjonline.org/index.php/ijrms/article/view/2224>
137. Phillips JR, Hewedi DH, Eissa AM, Moustafa AA. The cerebellum and psychiatric disorders. *Front Public Health*. 2015;3:66. doi: 10.3389/fpubh.2015.00066
138. Prieto R, Pascual JM, Yus M, Jorquera M. Trigeminal neuralgia: assessment of neurovascular decompression by 3D fast imaging employing steadystate acquisition and 3D time of flight multiple overlapping thin slab acquisition magnetic resonance imaging. *Surg Neurol Int*. 2012;3:50. doi:10.4103/2152-7806.96073
139. Puskas N, Zaletel I, Stefanović BD, Ristanović D. Fractal dimension of apical dendritic arborization differs in the superficial and the deep pyramidal neurons of the rat cerebral neocortex. *Neurosci Lett*. 2015;589:88-91. doi: 10.1016/j.neulet.2015.01.044
140. Puškaš N, Zaletel I, Stefanović BD, Ristanović D. Fractal dimension of apical dendritic arborization differs in the superficial and the deep pyramidal neurons of the rat cerebral neocortex. *Neurosci Lett*. 2015;589:88-91. doi: 10.1016/j.neulet.2015.01.044
141. Reed MD, English M, English C, Huff A, Poliacek I, Musselwhite MN, Howland DR, Bolser DC, Pitts T. The Role of the Cerebellum in Control of Swallow: Evidence of Inspiratory Activity During Swallow. *Lung*. 2019;197(2):235-240. doi: 10.1007/s00408-018-00192-2
142. Rhoton AL. The cerebellar arteries. *Neurosurgery*. 2000;47(3):29-68.

143. Ristanović D, Stefanović BD, Puškaš N. Fractal analysis of dendrite morphology of rotated neuronal pictures: the modified box counting method. *Theor Biol Forum*. 2014;107(1-2):109-21
144. Ristanović D, Stefanović BD, Puškaš N. Fractal analysis of dendrite morphology using modified box-counting method. *Neurosci Res*. 2014;84:64-67. doi: 10.1016/j.neures.2014.04.005
145. Rodríguez-Hernández A, Rhoton AL, Lawton MT. Segmental anatomy of cerebellar arteries: A proposed nomenclature: Laboratory investigation. *Journal of Neurosurgery*. 2011;115(2):387-397.
146. Salamon G, Huang YP. Radiologic anatomy of the brain. Michigan (USA): Springer Verlag; 1976. 282 p.
147. Sathyanesan A, Zhou J, Scafidi J, Heck DH, Sillitoe RV, Gallo V. Emerging connections between cerebellar development, behaviour and complex brain disorders. *Nat Rev Neurosci*. 2019;20(5):298-313. doi: 10.1038/s41583-019-0152-2
148. Savić D, Savić L. Cerebellar infarction in vascular territory of arteria cerebelli superior. *Medicinski pregled*. 2010;63(1-2):27-32.
149. Savoiaro M, Bracchi M, Passerini A, Visciani A. The vascular territories in the cerebellum and brainstem: CT and MR study. *American Journal of Neuroradiology*. 1987;8(2):199-209.
150. 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;10(3 Pt 1):233-60. doi: 10.1006/nimg.1999.0459
151. Schmahmann JD. The cerebellum and cognition. *Neurosci Lett*. 2019;688:62-75. doi: 10.1016/j.neulet.2018.07.005
152. Sharifi M, Cizek B. Bilaterally absent posterior inferior cerebellar artery: case report. *Surg Radiol Anat*. 2013;35(7):623-625. doi: 10.1007/s00276-013-1073-9
153. Shkolnikov VS, Zalevskiy LL, Kyselova TM, Gnonna VO. Macro-and microstructure of human fetus cerebellum at the 13-14 weeks of intrauterine development. *Світ медицини та біології*. 2019;1(67):203-207.

154. Shkolnikov VS, Zalevsky LL, Shkolnikova TYu. Morphological features of embryos' and human fetuses' cerebellum. *World of medicine and biology*. 2022;1(79):249-254.
155. Shmarhalov A, Vovk O, Ikramov V, Acharya Y, Vovk O. Anatomical variations of the parietal foramen and its relations to the calvarial landmarks: a cross-sectional cadaveric study. *Wiadomosci lekarskie*. 2022;75(7):1648–1652. <https://doi.org/10.36740/WLek202207106>
156. Shrontz C, Dujovny M, Ausman JI, Diaz FG, Pearce JE, Berman SK, Hirsch E, Mirchandani HG. Surgical anatomy of the arteries of the posterior fossa. *J Neurosurg*. 1986;65(4):540-4. doi: 10.3171/jns.1986.65.4.0540
157. Shyian D, Galata D, Potapov S, Gargin V. Peculiarities of the cerebellum nuclei in aged persons. *Georgian Med News*. 2016;(253):110-105.
158. Shyian DM. Macro-microscopic structural features of the cerebellardentate nucleus in humans. *Galician med. j*. 2015;22(3):114-116.
159. Shyian DM. Morphological features of the cerebellar nuclei. *Galician med. j*. 2015;22(2):105-107.
160. Singh R, Kumar R, Kumar A. Vascular Anomalies of Posterior Fossa and Their Implications. *The Journal of craniofacial surgery*. 2017;28(8):2145-2150.
161. Smitha KA, Gupta AK, Jayasree RS. Fractal analysis: fractal dimension and lacunarity from MR images for differentiating the grades of glioma. *Phys Med Biol*. 2015;60(17):6937-47. doi: 10.1088/0031-9155/60/17/6937
162. Smitha KA, Gupta AK, Jayasree RS. Fractal analysis: fractal dimension and lacunarity from MR images for differentiating the grades of glioma. *Phys Med Biol*. 2015;60(17):6937-6947. doi: 10.1088/0031-9155/60/17/6937
163. Squarcina L, De Luca A, Bellani M, Brambilla P, Turkheimer FE, Bertoldo A. Fractal analysis of MRI data for the characterization of patients with schizophrenia and bipolar disorder. *Phys Med Biol*. 2015;60(4):1697-716. doi: 10.1088/0031-9155/60/4/1697

164. Steele CJ, Chakravarty MM. Gray-matter structural variability in the human cerebellum: Lobule-specific differences across sex and hemisphere. *Neuroimage*. 2018;170:164-173. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.04.066
165. Stoodley CJ. Distinct regions of the cerebellum show gray matter decreases in autism, ADHD, and developmental dyslexia. *Front Syst Neurosci*. 2014;8:92. doi: 10.3389/fnsys.2014.00092
166. Stopford JSB. The arteries of the pons and medulla oblongata. *Journal of Anatomy*. 1916;50(2):131-164.
167. Takahashi M, Wilson G, Hanafee W. The anterior inferior cerebellar artery: Its radiographic anatomy and significance in the diagnosis of extra-axial tumors of the posterior fossa. *Radiology*. 1968;90(2):281-287.
168. Taylor AM, MacGillivray TJ, Henderson RD, Ilzina L, Dhillon B, Starr JM, Deary IJ. Retinal vascular fractal dimension, childhood IQ, and cognitive ability in old age: the Lothian Birth Cohort Study 1936. *PLoS One*. 2015;10(3):e0121119. doi: 10.1371/journal.pone.0121119
169. ten Donkelaar HJ, den Dunnen W, van de Warrenburg B, Lammens M, Wesseling P. The cerebellum. In *Clinical Neuroanatomy: Brain Circuitry and Its Disorders*. Springer International Publishing. 2020. p. 539-589. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41878-6_10
170. ten Donkelaar HJ, Lammens M, Wesseling P, Thijssen HO, Renier WO. Development and developmental disorders of the human cerebellum. *J Neurol*. 2003;250(9):1025-1036. doi: 10.1007/s00415-003-0199-9
171. Thomas KL, Vilensky JA. The anatomy of vascular compression in trigeminal neuralgia. *Clin Anat*. 2014;27:89–93.
172. Tiemeier H, Lenroot RK, Greenstein DK, Tran L, Pierson R, Giedd JN. Cerebellum development during childhood and adolescence: a longitudinal morphometric MRI study. *Neuroimage*. 2010;49(1):63-70. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.08.016
173. Venti M. Cerebellar infarcts and hemorrhages. *Manifestations of Stroke*. 2012;30:171-175.

174. Vlasenko OV, Gunas IV, Semenenko AI, Dovgan AV, Bobruk VP. Morphogenesis of the human brain and cerebellum in the early prenatal period. Reports of Vinnytsia National Medical University. 2023;27(2):204-208. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(2\)-04](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(2)-04)
175. Wang R, Li P, Pan Q, Li JK, Kuebler WM, Pries AR, Ning G. Investigation into the diversity in the fractal dimensions of arterioles and venules in a microvascular network - A quantitative analysis. *Microvasc Res.* 2019;125:103882. doi: 10.1016/j.mvr.2019.103882
176. Wang SS, Kloth AD, Badura A. The cerebellum, sensitive periods, and autism. *Neuron.* 2014;83(3):518-532. doi: 10.1016/j.neuron.2014.07.016
177. Wang Y, Chen L, Wu Z, Li T, Sun Y, Cheng J, Zhu H, Lin W, Wang L, Huang W, Li G; UNC/UMN Baby Connectome Project Consortium. Longitudinal development of the cerebellum in human infants during the first 800 days. *Cell Rep.* 2023;42(4):112281. doi: 10.1016/j.celrep.2023.112281
178. Waxman SG. *Clinical Neuroanatomy*, 29e. New Haven: McGraw-Hill Education; 2020. 384 p.
179. World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
180. Xiang L, Crow T, Roberts N. Cerebral torque is human specific and unrelated to brain size. *Brain Struct Funct.* 2019;224(3):1141-1150. doi: 10.1007/s00429-018-01818-0
181. Xu F, Ge X, Shi Y, Zhang Z, Tang Y, Lin X, Teng G, Zang F, Gao N, Liu H, Toga AW, Liu S. Morphometric development of the human fetal cerebellum during the early second trimester. *Neuroimage.* 2020;207:116372. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.116372
182. Yamoto T, Nishibayashi H, Ogura M, Nakao N. Three-dimensional morphology of the superior cerebellar artery running in trigeminal neuralgia. *J Clin Neurosci.* 2020;82:9-12. doi: 10.1016/j.jocn.2020.10.023.

183. Ye J, Rong R, Dou Y, Jiang J, Wang X. Evaluation of the development of the posterior fossa in normal Chinese fetuses by using magnetic resonance imaging. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(16):e19786. doi: 10.1097/MD.00000000000019786
184. Yurgelun-Todd DA, Kinney DK, Sherwood AR, Renshaw PF. Magnetic Resonance in Schizophrenia. *Semin Clin Neuropsychiatry*. 1996;1(1):4-19. doi: 10.1053/SCNP00100004
185. Zaletel I, Ristanovic D, Stefanovic BD, Puskas N. Modified Richardson's method versus the box-counting method in neuroscience. *J. Neurosci. Methods*. 2015;242:93-96.
186. Zalevskiy LL, Shkolnikov VS, Prykhodko SO. Histostructural organization of the cerebellum of human fetuses for 8-9 weeks of prenatal development. *Reports of Morphology*. 2019;25(3):45-51.
187. Zhang Y, Wu X. Asymmetries of Cerebellar Lobe in the Genus Homo. *Symmetry*. 2021; 13(6):988. <https://doi.org/10.3390/sym13060988>
188. Zhao G, Denisova K, Sehatpour P, Long J, Gui W, Qiao J, Javitt DC, Wang Z. Fractal Dimension Analysis of Subcortical Gray Matter Structures in Schizophrenia. *PLoS One*. 2016;11(5):e0155415. doi: 10.1371/journal.pone.0155415

ДОДАТКИ

Додаток А

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. Reports of Morphology. 2023;29(4):11-18. doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-02 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

2. Kalinichenko M, Stepanenko O. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories. Morphologia. 2024;18(1):41-48. doi.org/10.26641/1997-9665.2024.1.41-48 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

3. Kalinichenko M, Stepanenko O. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2024;23(1):80-87. 10.24061/1727-0847.23.1.2024.12 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Orlova T, Kalinichenko M. Fractal properties of vessels. Topical issues of new medicines development: materials of the XXVIII International scientific and practical conference of young scientists and students dedicated to the 150th anniversary

of the birth of M.O. Valyashka; 2021 Mar. 18-19; Kharkiv. Kharkiv: National University of Pharmacy; 2021. p. 216-217.

5. Калініченко М, Орлова Т. Фрактальний аналіз та лакунарність у дослідженні судинних структур. Інновації в медицині та фармації: збірник тез доповідей 90-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю; 2021 бер. 25-27; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет; 2021. с. 84.

6. Kalinichenko M. Morphological study of the cerebellum. Acta Neurobiologiae Experimentalis; 2022 Oct. 15-17; Krakov, Poland. Krakow: 12th Neuronus Neuroscience Forum; 2022. p. 78.

7. Калініченко М. Модифікація методу підрахунку квадратів фрактального аналізу при морфометрії. Медицина третього тисячоліття: збірник тез міжвузівської конференції молодих вчених та студентів; 2023 лют. 13-15; Харків. Харків: ХНМУ, 2023. с. 352-353.

8. Kalinichenko M. A new formula to describe cerebellar shape. First step to science: XXth Scientific students and young scientists conference with international participation; 2023 Apr. 21-22; Vinnytsya. Vinnytsya: National Pirogov Memorial Medical University, 2023. p. 576-577.

9. Kalinichenko M. Evaluation of the shape of the human cerebellum in the morphometry of magnetic resonance images. Theory and practice of modern morphology: materials of the seventh all-Ukrainian scientific and practical conference with international participation; 2023 Nov. 1-3; Dnipro. Dnipro: Dnipro State Medical University, 2023. p. 37-38.

10. Kalinichenko M. Individual variability of cerebellar arteries of the human. Medicine of the third millennium: collection of abstracts of the interuniversity conference of young scientists and students; 2024 Jan. 15-17; Kharkiv. Kharkiv: Kharkiv National Medical University, 2024. p. 352-353.

11. Калініченко М. Взаємозв'язок лінійних розмірів мозочка і типу розгалуженості його артерій. Інновації в медицині та фармації: матеріали 93 науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною

участю; 2024 бер. 28-30; Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний медичний університет, 2024: с. 248.

12. Калініченко М. Мінливість судинного русла нижньої поверхні мозочка людини. Збірник тез VI Буковинського міжнародного медичного конгресу; 2024 квіт. 2-5; Чернівці. Чернівці: Буковинський державний медичний університет, 2024: с. 113.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

13. Калініченко М. Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури). Медицина сьогодні і завтра. 2021; 90(2):6-14. doi.org/10.35339/msz.2021.90.2.kmo *(Здобувачем проведений аналіз літературних джерел, підготовлена стаття до друку).*

14. Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. Acta Morphologica Et Anthropologica. 2023;30(3-4):78-86. 10.7546/AMA.30.3-4.2023.10 *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

15. Kalinichenko M, Stepanenko O. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes. Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy). 2024. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4775243> *(Здобувачем самостійно були проведені морфологічне дослідження та статистична обробка результатів, підготовлена стаття до друку; інтерпретація отриманих даних здійснена спільно з науковим керівником).*

Додаток Б

Апробація результатів дисертації

Результати, отримані в ході виконання дисертаційної роботи, було представлено на наступних наукових заходах: XXVII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Topical issues of new medicines development» (Харків, 2021 р., публікація тез), 91-ша конференція студентів та молодих вчених із міжнародною участю «Інновації в медицині та фармації» (Івано-Франківськ, 2021 р., публікація тез), 12th Neuronus Neuroscience Forum (Краків, Польща, 2022, презентація постеру), Міжвузівська конференція молодих вчених та студентів «Медицина третього тисячоліття» (Харків, 2023 і 2024 рр., дві усні доповіді), XX Наукова конференція студентів та молодих вчених з міжнародною участю «Перший крок в науку» (Вінниця, 2023 р., усна доповідь), Сьома всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Теорія та практика сучасної морфології» (Дніпро, 2023 р., усна доповідь), XI Bukovian international medical congress (Чернівці, 2024 р., публікація тез), 93 науково-практична конференція студентів та молодих вчених із міжнародною участю «Інновації в медицині та фармації» (Івано-Франківськ, 2024 р., публікація тез), 85-й Всеукраїнський науковий медичний конгрес студентів та молодих вчених «Медицина XXI сторіччя» із міжнародною участю (Лиман, 2024 р., публікація тез).

Додаток В

Акти впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
медичного університету
проф. В.В. М'ясоєдов

«__» _____ 2024 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції: Методика визначення форми мозочка.
2. Ким і коли запропонований: Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4); аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко М.О., 2024 р.
3. Джерела інформації: наукові роботи у вітчизняних та зарубіжних фахових виданнях:
 - 3.1. Kalinichenko M. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Acta Morphologica Et Anthropologica. – 2023. – № 30 (3-4). – С. 78–86.
 - 3.2. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study / M. Kalinichenko // Reports of Morphology. – 2023. – № 29 (4). – С. 11–18.
4. Де і коли введено: кафедра анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Харківського національного медичного університету, завідувач кафедри д. мед. наук, проф. Вовк О.Ю., лютий-квітень 2024 року.
5. Результати застосування методу за період лютий-квітень 2024 року. Впровадження у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії, а також у наукову роботу кафедри.
6. Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3): використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання здобувачів освіти про методику визначення форми мозочка людини.
7. Зауваження, пропозиції – немає.
Обговорено та затверджено на засіданні кафедри (протокол 18 від «16» квітня 2024 р.)

Відповідальний за впровадження
Завідувач кафедри анатомії людини,
клінічної анатомії та оперативної хірургії
Харківського національного
медичного університету,
д. мед. н., проф. Вовк О.Ю.

_____ (дата)

_____ (підпис)


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Проректор з наукової роботи
 Харківського національного
 медичного університету
 проф. В.В. М'ясовод
 «__» _____ 20__ р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції** (метод профілактики, діагностики, лікування, пристрій, форма організаційної роботи та ін.): **«Методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла»**
2. **Ким і коли запропонований:**
 Запропоновано аспірантом кафедри гістології, цитології та ембріології Харківського національного медичного університету (61102, м. Харків, проспект Науки, 4) Калініченко М.О.
Джерело інформації – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
3. **Де і коли введено:**
 Введено у навчальний процес та наукову роботу кафедри гістології, цитології та ембріології Харківського національного медичного університету у 2024 році.
4. **Результати застосування методу** за період з 2024 по 2025 рр.
 Запропонована методика дослідження використовуються у науковій роботі кафедри для морфометричного дослідження судинної мережі внутрішніх органів.
5. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):**
 Запропонована методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла дозволяє покращити точність та інформативність морфометричного дослідження структур з геометрично неправильною конфігурацією.
6. **Зауваження, пропозиції:** немає.
7. **Обговорено та затверджено** на засіданні кафедри, протокол №6 від 18.03.24.

Відповідальний за впровадження:
 завідувач кафедри
 професор

Stepanenko

О. Ю. Степаненко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор закладу вищої освіти з науково-педагогічної роботи Буковинського державного медичного університету, доцент

 **Володимир ХОДОРОВСЬКИЙ**
«15» 2024 року



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Пропозиція для впровадження: Методика визначення форми мозочка.

2. Установа-розробник: Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4).

Розроблювач: аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.

3. Джерела інформації:

1). Kalinichenko M, Stepanenko O. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy. Acta Morphologica Et Anthropologica. 2023;30(3-4):78-86.

2). Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study. Reports of Morphology. 2023;29(4):11-18.

4. Базова установа, яка проводить впровадження: Буковинський державний медичний університет, кафедра анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії.

5. Термін впровадження: 2024 рік.

6. Форми впровадження: у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії, а також у наукову роботу кафедри.

Затверджено на засіданні кафедри (протокол № 16 від «15» квітня 2024 р.).

**Завідувач кафедри
анатомії, клінічної анатомії
та оперативної хірургії
Буковинського державного медичного університету,
доктор медичних наук,
професор**




Олександр СЛОБОДЯН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор закладу вищої освіти з науково-педагогічної роботи Буковинського державного медичного університету
доц.  Володимир ХОДОРОВСЬКИЙ
« 12 »  2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Буковинський державний медичний університет, кафедра гістології, цитології та ембріології.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла дозволяє покращити точність та інформативність морфометричного дослідження структур з геометрично неправильною конфігурацією.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. **Обговорено та затверджено на засіданні кафедри,** протокол № 11 від «18»  2024 року.

Відповідальний за впровадження:
завідувач кафедри гістології,
цитології та ембріології
Буковинського державного
медичного університету,
д.мед.н., професор



Олександр ЦИГИКАЛО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Професор кафедри анатомії людини та міжфакультетської цитологічної роботи та Волинського національного університету імені Лесі Українки, проф. Снісевич Т.Я.

«10» лютого 2024р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика визначення форми мозочка»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Acta Morphologica Et Anthropologica. – 2023. – № 30 (3-4). – С. 78–86.
 2. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study / M. Kalinichenko // Reports of Morphology. – 2023. – № 29 (4). – С. 11–18.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Волинський національний університет імені Лесі Українки, кафедра анатомії людини.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дозволяє покращити точність та інформативність морфологічного аналізу анатомічних препаратів і магнітно-резонансних томограм мозочка.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 8 від «29» Березня 2024 року.

Відповідальний за впровадження:
завідувач кафедри анатомії людини
Волинського національного
університету імені Лесі Українки
к.біол.н., доцент



Шевчук Т.Я.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
 Проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків
 Волинського національного університету імені Лесі Українки
 проф. Єліссєва Л.В.
 «10» вересня 2024 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Волинський національний університет імені Лесі Українки, кафедра гістології та медичної біології.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла дозволяє покращити точність та інформативність морфометричного дослідження структур з геометрично неправильною конфігурацією.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 9 від «21» березня 2024 року.

Відповідальний за впровадження:
 завідувач кафедри гістології та медичної біології
 Волинського національного
 університету імені Лесі Українки
 к.біол.н., доцент

Степанок Я.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. професора з наукової роботи
Івано-Франківського національного
медичного університету
професор Ірина ДІМІТРИШИН
« _____ » _____ Р.



АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра гістології, цитології та ембріології.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла дозволяє покращити точність та інформативність морфометричного дослідження структур з геометрично неправильною конфігурацією.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол №8 від 29 березня 2024 року.

Відповідальний за впровадження:
завідувач кафедри гістології, цитології та ембріології
Івано-Франківського національного
медичного університету
д.мед.н., професор

Сергій ГЕРАЩЕНКО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 В.о. першого проректора
 Івано-Франківського
 національного медичного
 університету
 проф. Мотесеско М.І.
 _____ 20__ р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

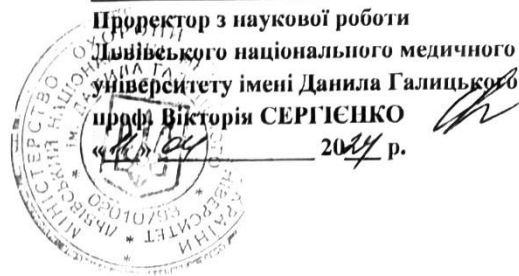
1. **Пропозиція для впровадження:** «Закономірності мінливості артерій мозочка людини»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
 3. Kalinichenko M. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy). – 2024. – № 16 (1). – С. 48–57.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра анатомії людини.
5. **Термін впровадження:** січень-квітень 2024 р.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Відомості про закономірності мінливості артерій мозочка сприяють кращому розумінню анатомії мозочка.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 11 від «10» 09 2024р.

Відповідальний за впровадження:
 завідувач кафедри анатомії людини
 Івано-Франківського національного
 медичного університету
 д.мед.н., професор



Попадінсць О.Г.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра гістології, цитології та ембріології.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дослідження ступеня розгалуженості судинного русла дозволяє покращити точність та інформативність морфометричного дослідження структур з геометрично неправильною конфігурацією.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол №7 від «11» квітня 2024 року.

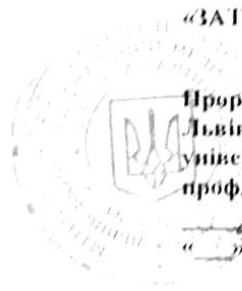
Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри гістології, цитології та ембріології
Львівського національного медичного
університету імені Данила Галицького
к. мед. н., доцент



Олена ЧЕЛПАНОВА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з наукової роботи
Львівського національного медичного
університету імені Данила Галицького
проф. Сергієнко В.О.

«___» _____ 20__ р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Методика визначення форми мозочка»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Shape and Surface Structure of the Human Cerebellum: Variant Anatomy / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Acta Morphologica Et Anthropologica. – 2023. – № 30 (3-4). – С. 78–86.
 2. Kalinichenko M. A method of evaluation of the shape of the human cerebellum: MRI study / M. Kalinichenko // Reports of Morphology. – 2023. – № 29 (4). – С. 11–18.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра нормальної анатомії.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Запропонована методика дозволяє покращити точність та інформативність морфологічного аналізу анатомічних препаратів і магнітно-резонансних томограм мозочка.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 10-Б від «17» квітня 2024 року.

Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри нормальної анатомії
Львівського національного медичного
університету імені Данила Галицького
д.мед.н., професор

Матешук-Вацеба Л.Р.

«Затверджено»

проректор з науково – педагогічної роботи
Одеського національного медичного університету,
к.мед.н., доцент

«15/»



АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** «Закономірності мінливості артерій мозочка людини»
2. **Установа-розробник, автор:** Харківський національний медичний університет (61102, м. Харків, проспект Науки, 4), аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології, Калініченко Михайло Олександрович.
3. **Джерело інформації** – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М.О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Kalinichenko M. Individual variability of human cerebellar arteries and their perfusion territories / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Morphologia. – 2024. – № 18 (1). – С. 58–73.
 2. Kalinichenko M. Fractal analysis of branching of human cerebellar arteries / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Clinical anatomy and operative surgery. – 2024. – № 23 (1). – С. 22–34.
 3. Kalinichenko M. Variability of blood supply distribution in cerebella of different shapes / M. Kalinichenko, O. Stepanenko // Revista Argentina De Anatomía Clínica (Argentine Journal of Clinical Anatomy). – 2024. – № 16 (1). – С. 48–57.
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Одеський національний медичний університет, кафедра анатомії людини.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Форма впровадження:** у навчальний процес та наукову роботу кафедри.
7. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3):** Використання в навчальному процесі відомостей про закономірності мінливості артерій мозочка сприяє кращому розумінню нормальної будови мозочка.
8. **Зауваження, пропозиції:** немає.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 6 від «07» лютого 2024 року.

Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри анатомії людини
Одеського національного
медичного університету,
д. мед. н., професор

Олена АПШЕЛЬХАНС



Україна 61024, м. Харків, вул. Лермонтовська, буд. 19, літ. «А-5».
E-mail: rothschildacademia@gmail.com

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Президент Ротшильдівської академії наук,
Ротшильд-Варібус Велімар Зах
28.11.2023

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції (метод профілактики, діагностики, лікування, пристрій, форма організаційної роботи та ін.): «Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури)».
2. Ким і коли запропонований:
Запропоновано аспірантом кафедри гістології, цитології та ембріології Харківського національного медичного університету (61102, м. Харків, проспект Науки, 4) Калініченко Михайлом Олександровичем.
3. Джерело інформації – матеріали дисертаційної роботи Калініченко М. О. «Індивідуальна анатомічна мінливість поверхневого судинного русла мозочка людини», що представлені в наступних роботах:
 1. Калініченко, М. О. Особливості кровопостачання мозочка (огляд літератури) // Медицина сьогодні і завтра. – 2021. - № 2 (90). – С. 6–14.
4. Де і коли впроваджено:
Впроваджено в навчальний процес Мережевого Інституту коморбідної патології Ротшильдівської академії наук у 2023 році.
5. Результати застосування методу:
Дані щодо особливостей кровопостачання мозочка людини використовуються під час вивчення курсантами курсу «Мозочкові дегенерації, асоційовані з ВІЛ-інфекцією» (Cerebellar degeneration associated with HIV infection).
Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п.3) Використання в навчальному процесі відомостей про варіантну анатомію поверхневого судинного русла мозочка людини сприяє кращому розумінню нормальної будови структур мозочка.
6. Зауваження, пропозиції: немає.

Відповідальний за впровадження: Директор Мережевого Інституту коморбідної патології Ротшильдівської академії наук д.м.н., проф. Лемуїл Драхенблот (Switz.).



28.11.2023

Rothschita Varibus