МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біоресурсів і природокористування
Кафедра агробіології та біохімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь бакалавр

на тему: **ОСОБЛИВОСТІ АНАТОМІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ПОТИЛИЧНОЇ КІСТКИ ЛЮДИНИ**

Виконав: студент ІІІ курсу, у-37 групи
Нараєвський Віталій Сергійович
Освітня програма Біологія
спеціальності 091 Біологія та біохімія
Керівник: к.б.н., доц. Сорокіна С.І.
Рецензент: к.б.н., доц. Гнатюк Н.О.

Умань–2026

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4

Розділ 1. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОРФОЛОГІЮ ТА РОЗВИТОК ПОТИЛИЧНОЇ КІСТКИ……... 8

1.1. Філогенез та онтогенез потиличної кістки людини: особливості окостеніння……... 8

1.1.1. Філогенетичні передумови формування…….. 10

1.1.2. Ембріональний розвиток і процеси окостеніння……. 11

1.1.3. Фактори росту та постнатальні зміни…… 12

1.2. Нормальна анатомія потиличної кістки: структури, отвори та рельєф 12

1.2.1. Великий потиличний отвір та анатомічні структури…….. 15

1.2.2. Морфологічна варіабельність……... 16

1.3. Чинники, що впливають на анатомічну мінливість черепа: генетичні, епігенетичні та екологічні аспекти……. 17

1.3.1. Генетичні чинники……. 17

1.3.2. Епігенетичні механізми……. 18

1.3.3. Екологічні чинники…… 19

1.3.4. Вікові та статеві особливості…… 19

1.3.5. Взаємодія факторів……. 20

1.3.6. Культурні практики…… 21

1.4. Систематизація анатомічних варіантів та аномалій розвитку потиличної кістки людини…….. 22

1.4.1. Дискретно-варіативні ознаки…… 23

1.4.2. Морфологічна мінливість ключових структур…… 24

1.4.3. Аномалії на межі з хребтом……... 25

1.4.4. Рельєфна мінливість……... 26

Розділ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ……... 27
2.1. Організація дослідження та наукове обґрунтування вибору об’єктів… 27
2.2. Характеристика об’єктів та формування репрезентативної вибірки… 28
2.3. Краніометричні методи та топографічна ідентифікація……... 30
2.4. Методи прецизійної морфометрії нейроанатомічних структур…….. 31
2.5. Остеометричне дослідження рельєфу потиличної луски…… 33
2.6. Ангіологічні методи: макро-мікроскопічне препарування судин……... 34
2.7. Методи статистичної обробки та біометричного аналізу…… 35
Розділ 3. АНАТОМІЧНА МІНЛИВІСТЬ ПОТИЛИЧНОЇ КІСТКИ У ЗВ’ЯЗКУ З МОРФОМЕТРИЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ ПОТИЛИЧНИХ ЧАСТОК ВЕЛИКОГО МОЗКУ…… 37
3.1. Взаємозв’язок морфометричних параметрів потиличних часток та рельєфу луски потиличної кістки залежно від краніотипу…….. 37
3.2. Аналіз асиметрії внутрішніх ямок потиличної луски та її статевий диморфізм……. 38
3.2.1. Вплив висоти потиличних часток на вертикальний розмір луски…….. 38
3.2.2. Асиметрія луски та внутрішніх ямок……... 39
3.2.3. Порівняльна характеристика типологічної та статевої Мінливості…… 40
3.3. Вплив варіабельності судинного русла задньої мозкової артерії на формування мікрорельєфу кістки……... 41
ВИСНОВКИ……... 44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 46

ВСТУП

Актуальність дослідження. Вивчення індивідуальної анатомічної мінливості черепа людини залишається одним із пріоритетних напрямів сучасної морфології, антропології та практичної медицини, оскільки краніологічні параметри є базовими індикаторами біологічної адаптації та онтогенетичного розвитку виду *Homo sapiens*. Потилична кістка, будучи фундаментальним елементом основи та склепіння черепа, а також ключовим компонентом задньої черепної ямки, виконує складний комплекс біологічних функцій. Вона не лише забезпечує надійний механічний захист для структур заднього мозку – мозочка, довгастого мозку та потиличних часток великих півкуль, – а й виступає складним анатомічним лабіринтом для проходження життєво важливих магістральних судин та черепних нервів.

Актуальність даної теми обумовлена нагальною потребою сучасної біологічної науки у глибокому розумінні фундаментальних механізмів формування остеологічного рельєфу під впливом нейроваскулярних чинників. У межах сучасної теоретичної біології концепція нейрокраніальної взаємодії розглядає череп як динамічну інтегровану систему, де морфогенез кісткової тканини перебуває у стані постійної епігенетичної детермінації з боку м’яких структур. Зокрема, морфологія внутрішньої поверхні потиличної луски значною мірою модулюється експансивним розвитком потиличних часток головного мозку та специфікою архітектоніки артеріального і венозного русел у процесі росту організму.

Незважаючи на тривалу історію краніологічних досліджень, залишається недостатньо вивченим питання кореляційних зв’язків між загальною формою черепа (краніотипом) та мікрорельєфом остеологічного вмістилища. Існує дефіцит кількісних даних щодо того, як саме доліхо-, мезо- чи брахікранія впливає на глибину мозкових ямок, локалізацію борозен венозних синусів та хід

артеріальних судин. Така невизначеність створює суттєві труднощі в інтерпретації морфологічних норм та ідентифікації патологічних відхилень.

Знання варіантної анатомії потиличної кістки має критичне значення для клінічної медицини, зокрема для нейрохірургії при плануванні оперативних доступів до задньої черепної ямки, а також для судової медицини та антропології в питаннях ідентифікації особи та реконструкції біологічного профілю. Дослідження цих особливостей у контексті біологічної варіативності дозволяє не лише розширити фундаментальні уявлення про адаптивні можливості скелета голови людини в онтогенезі, а й глибше зрозуміти принципи структурно-функціональної організації організму як цілісної системи. У світлі розвитку персоналізованої медицини, деталізація індивідуальної мінливості потиличної ділянки набуває особливої гостроти, оскільки дозволяє враховувати унікальний анатомічний контекст кожного індивідуума.

Мета дослідження: встановити закономірності індивідуальної анатомічної мінливості потиличної кістки та виявити характер її морфофункціональних кореляцій із параметрами потиличних часток мозку та архітектонікою задньої мозкової артерії залежно від краніотипу та статі.

Об’єкт дослідження: морфологічна організація потиличної ділянки голови людини як цілісної системи нейрокраніальних та судинно-остеологічних взаємодій.

Предмет дослідження: Кількісні та якісні характеристики мікрорельєфу потиличної луски, морфометрія потиличних часток мозку та варіантна анатомія гілок задньої мозкової артерії у осіб з різними типами черепа.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати та систематизувати сучасні наукові дані щодо філогенезу, онтогенезу та механізмів окостеніння потиличної кістки, виділивши ключові чинники її анатомічної мінливості.

2. Обґрунтувати вибір та репрезентативність фактичного матеріалу дослідження на основі аналізу верифікованих морфометричних даних індивідуальної мінливості потиличних часток мозку та їх судинного русла, з урахуванням диференціації за статтю та краніотипом.

3. Охарактеризувати методичний комплекс дослідження, що включає антропометричні методи ідентифікації краніотипів за Р. Мартіном та сучасні способи прецизійного вимірювання нейроваскулярних структур.

4. Встановити особливості морфометричних параметрів потиличних часток мозку та варіантну анатомію задньої мозкової артерії у осіб з різними типами черепа (доліхо-, мезо- та брахікранів).

5. З’ясувати кореляційні зв’язки між показниками нейроваскулярних структур та мікрорельєфом внутрішньої поверхні потиличної луски (параметрами мозкових ямок та артеріальних борозен).

Методи дослідження. Для реалізації поставленої мети та розв'язання завдань було застосовано комплекс сучасних загальнобіологічних та спеціальних морфологічних методів. Теоретичний базис дослідження сформовано за допомогою бібліографічного та семантичного аналізу наукових джерел. Емпірична частина ґрунтується на аналізі результатів антропометричних та краніометричних методів за Р. Мартіном, що дозволили провести типологізацію об’єктів за черепним індексом. Опрацювання даних макро-мікроскопічного препарування забезпечило візуалізацію судинного русла та нейроанатомічних структур. Морфометричний метод із використанням прецизійного електронного інструментарію дозволив отримати кількісні характеристики мозкових часток та кісткового рельєфу. Математико-статистична обробка результатів проведена з використанням варіаційної статистики, кореляційного аналізу та критеріїв значущості у програмному середовищі EZR (R–statistics), що гарантує об’єктивність та достовірність отриманих біологічних даних.

Практичне значення наукового дослідження. Отримані результати поглиблюють фундаментальні знання про біологічну мінливість скелета людини та механізми взаємодії між нервовою, судинною та кістковою системами в онтогенезі. Виявлені закономірності індивідуальної анатомічної варіативності потиличної кістки мають значення для морфологічної діагностики та ідентифікації особи в судовій антропології. Дані про топографічне прилягання задньої мозкової артерії до потиличної луски та особливості залягання потиличних часток у осіб із різними краніотипами можуть бути використані для вдосконалення оперативних доступів у нейрохірургії та мінімізації ятрогенних ушкоджень. Крім того, матеріали роботи можуть бути інтегровані в освітній процес при викладанні дисциплін «Анатомія людини», «Порівняльна анатомія» та «Антропологія» для студентів біологічних та медичних спеціальностей.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати бакалаврської роботи були оприлюднені й обговорені на засіданнях кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету, а також представлені у доповіді на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Природничі науки в системі освіти» (2026 р.).

Публікації автора за темою дослідження:

Сорокіна С. І., Нараєвський В. С. Морфологічні особливості та варіабельність будови потиличної кістки людини. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* Умань, 2026. С. 30-32.

Структура роботи: кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (40 найменувань). Основний текст роботи викладено на 45 сторінках. Загальний обсяг роботи – 49 сторінок. Робота містить 7 таблиць, 3 рисунки.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОРФОЛОГІЮ ТА РОЗВИТОК ПОТИЛИЧНОЇ КІСТКИ

1.1. Філогенез та онтогенез потиличної кістки людини: особливості окостеніння

Потилична кістка належить до ключових структур мозкового відділу черепа. Вона формує задню частину черепної коробки та бере участь у побудові її основи, забезпечуючи з'єднання голови з хребтовим стовпом через потиличні виростки. Особливості її будови є результатом тривалих еволюційних змін, які супроводжували збільшення об'єму головного мозку та становлення прямоходіння людини [40]. За сучасними уявленнями, розвиток цієї кістки відбувається завдяки поєднанню двох механізмів – мембранного та ендохондрального окостеніння, що регулюються складною системою молекулярних сигналів і механічних впливів з боку мозкових структур [3; 5].

У процесі ембріонального розвитку потилична кістка утворюється з мезенхіми, що походить з параксіальної мезодерми (потиличні соміти) і клітин нервового гребеня. Це подвійне походження обумовлює складність її структури та різноманітність процесів окостеніння [13; 30; 36]. Базилярна і латеральні частини розвиваються переважно через ендохондральне окостеніння, тоді як луска потиличної кістки частково формується мембранозно [8; 14; 40].

На ранніх стадіях ембріогенезу, приблизно на четвертому-п'ятому тижні внутрішньоутробного розвитку, у майбутній області потиличної кістки формується хрящова модель, яка потім піддається осифікації [9; 25]. Центри окостеніння з'являються неодночасно: спочатку в базилярній частині, що вказує на її важливість у формуванні основи черепа [30; 37]. Латеральні частини, які включають потиличні виростки, також швидко починають окостенівати, що підтримує утворення атланто-потиличного суглоба [29; 40]. Луска потиличної

кістки розвивається складніше, оскільки має мембранозну і хрящову частини. Її верхня частина формується шляхом внутрішньомембранозного окостеніння, нижня – ендохондрально [8; 13; 38]. Це відображає філогенетичні особливості, оскільки у деяких видів ці області представлені окремими кістками [26; 27].

З розвитком відбувається злиття різних частин потиличної кістки. При народженні вона складається з кількох елементів, які пізніше зростаються. Формування повної потиличної кістки зазвичай завершується між 18 і 25 роками, хоча індивідуальні варіації цього процесу досить поширені [20; 29].

Філогенетично потилична кістка людини є результатом злиття кількох первинних кісткових елементів, характерних для нижчих хребетних. У риб і земноводних задня частина черепа складається з окремих кісток, таких як *basioccipitale, exoccipitale* та *supraoccipitale*. Згодом ці елементи зливаються у більш єдину структуру. У ссавців, зокрема у людей, цей процес досягає високої інтеграції, пов’язаний із ускладненням функцій мозку та необхідністю його більш надійного захисту [26; 31].

Значне значення у філогенезі має формування великого потиличного отвору. Його положення зміщується вентрально в процесі еволюції людини, що є адаптацією до прямоходіння. Це забезпечує баланс голови на хребті та зменшує навантаження на м'язи шиї [24].

Регуляція окостеніння потиличної кістки відбувається за допомогою численних сигнальних шляхів, серед яких важливу роль відіграють фактори росту (FGF, BMP, TGF-β) та гени, що контролюють розвиток черепа (зокрема, HOX-гени) [30; 34].Порушення цих механізмів можуть призвести до аномалій розвитку, таких як базилярна імпресія або краніосиностози [28; 33].

Онтогенетичні особливості потиличної кістки також проявляються у варіабельності термінів закриття синхондрозів основи черепа. Наприклад, клинопотиличний синхондроз є важливою зоною росту, забезпечуючи подовження основи черепа у дитинстві [12; 20]. Його окостеніння зазвичай

завершується в підлітковому віці, що впливає на формування пропорцій черепа.

Крім механізмів розвитку, потилична кістка зазнає істотного впливу від механічного тиску з боку зростаючого головного мозку [19]. Саме взаємозв'язок між мозковими структурами та кістковою тканиною визначає кінцеву форму і розмір цієї ділянки черепа. Це знаходить підтвердження у клінічних спостереженнях, де при патологічних змінах мозку спостерігаються вторинні деформації форми черепа [15].

Отже, формування потиличної кістки є складним процесом, обумовленим поєднанням філогенетичних передумов і онтогенетичних впливів. У цьому процесі беруть участь як мембранозне, так і ендохондральне окостеніння, що разом забезпечують міцність структури й адаптацію до функціональних потреб організму [8; 30; 40].

1.1.1. Філогенетичні передумови формування

Будова потиличної ділянки безпосередньо пов’язана з положенням голови відносно хребта. У чотириногих тварин великий потиличний отвір розташований ближче до задньої поверхні черепа. У людини він зміщений до центральної частини основи, що дозволяє утримувати голову у вертикальному положенні з мінімальними витратами м’язового напруження [40]. Разом із цим відбувалася перебудова потиличних виростків, змінювався нахил луски та поступово формувався потужніший м’язово-зв’язковий апарат [21].

Палеоантропологічні матеріали свідчать, що у викопних представників роду *Homo* потилична ділянка могла суттєво відрізнятися за формою. Наприклад, для неандертальців характерним є так званий потиличний валик, який пов’язують із особливостями прикріплення шийної мускулатури. У сучасної людини склепіння черепа має більш округлі контури, а задні відділи зазвичай менш масивні. Подібні зміни розглядають як результат перерозподілу механічного навантаження та розвитку передніх відділів мозку [37].

1.1.2. Ембріональний розвиток і процеси окостеніння

Формування потиличної кістки відбувається у зоні переходу між склепінням і основою черепа, тому вона має змішане походження. Частина її структур розвивається з параксіальної мезодерми, інша – за участю клітин нервового гребеня [32]. Така особливість зумовлює складність морфогенезу та різноманітність анатомічних варіантів цієї ділянки.

На ранніх етапах ембріогенезу формується хрящова основа черепа – хондрокраніум. Базилярна та латеральні частини потиличної кістки розвиваються шляхом ендохондрального окостеніння, тоді як значна частина луски формується безпосередньо з мезенхіми внаслідок мембранного остеогенезу [13].

Перші центри окостеніння з'являються наприкінці другого місяця внутрішньоутробного розвитку. Класично описують шість основних центрів окостеніння потиличної кістки [40]. Один із них розташований у базилярній частині *(pars basilaris)*, два – у латеральних частинах *(partes laterales)*, ще два – у нижній ділянці луски нижче верхньої каркової лінії *(linea nuchae superior)*[23]. Крім того, один або пара центрів виникає у верхній частині луски, що відповідає міжтім'яній кістці (*os interparietale*) [3]. У процесі розвитку ці центри поступово збільшуються та зливаються між собою, формуючи єдину кісткову структуру [34].

Саме багатокомпонентність окостеніння пояснює можливість збереження додаткових швів або варіантів будови у постнатальному періоді [21]. У деяких випадках міжтім'яна частина може залишатися відокремленою, утворюючи так звану міжтім'яну кістку, що розглядається як анатомічний варіант норми [14]

1.1.3. Фактори росту та постнатальні зміни

Розвиток потиличної кістки тісно пов’язаний зі збільшенням об’єму головного мозку. Тиск мозкових структур підтримує активність зон швів і стимулює формування нової кісткової тканини. Якщо цей процес порушується, наприклад при передчасному закритті швів, можуть виникати деформації черепа та неврологічні ускладнення [20].

Важливу роль відіграють і молекулярні механізми регуляції. Різні фактори росту та сигнальні шляхи контролюють диференціацію клітин, ріст кісткових пластинок і формування краніальної осі [40]. Після народження частини потиличної кістки ще залишаються незрощеними, а їх остаточне злиття відбувається протягом перших років життя [12]. У цей період поступово формується рельєф поверхні, чіткішими стають місця прикріплення м’язів [5]. Через складність ембріогенезу можливі варіанти будови, які зазвичай не мають клінічного значення, проте можуть ускладнювати інтерпретацію результатів нейровізуалізації [17].

1.2. Нормальна анатомія потиличної кістки: структури, отвори та рельєф

Потилична кістка *(os occipitale)* є однією з основних структур мозкового відділу черепа, що формує його задню частину та частину основи. Вона належить до непарних кісток і розташована по серединній лінії черепа [20]. Завдяки складній анатомічній будові потилична кістка забезпечує захист задніх відділів головного мозку, а також слугує місцем прикріплення численних м’язів і зв’язок [5]. (див. рис 1.1).

Анатомічно потилична кістка складається з чотирьох основних частин: потиличної луски *(squama occipitalis)*, базилярної частини *(pars basilaris)* та двох латеральних частин *(partes laterales)* [21]. Центральним елементом кістки є

великий потиличний отвір, навколо якого формуються ці структури [40].

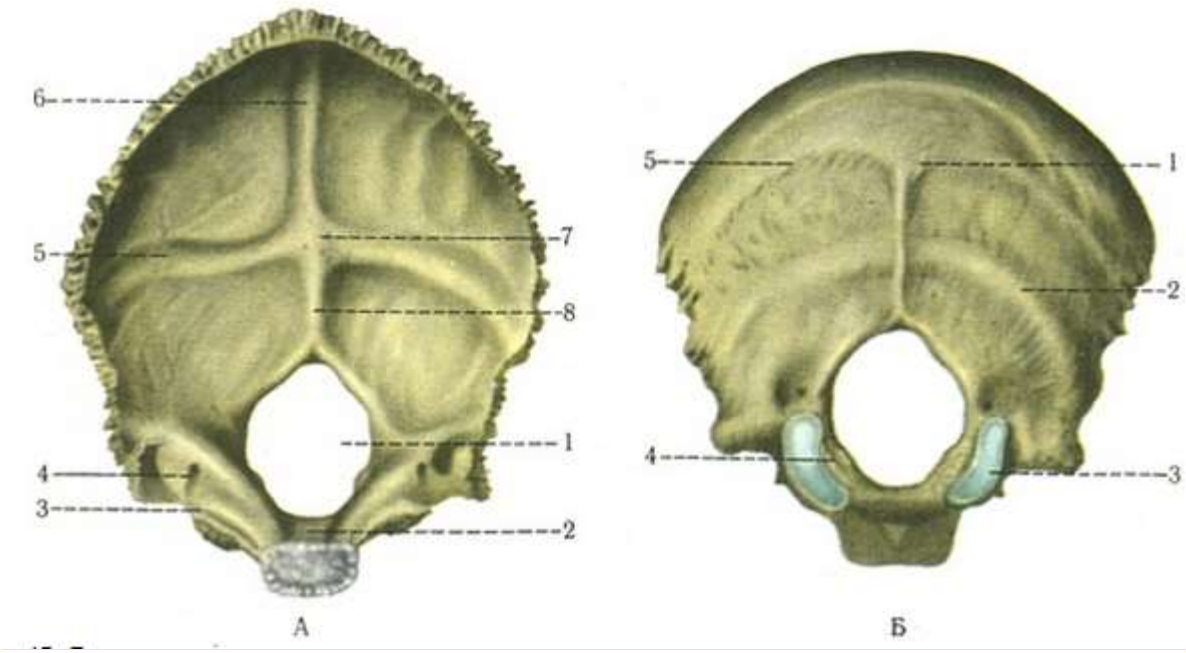


Рис.1.1 Будова потиличної кістки

А - вигляд зсередини: 1 - *foramen occipitale magnum*; 2 - *clivus*; 3 - *sulcus sinus petrosi inferioris*; 4 - *canalis condylaris*; 5 - *sulcus sinus transversi*; 6 - *sulcus sinus sagittalis superioris*; 7 - *protuberantia occipitalis interna*; 8 - *crista occipitalis interna*.

Б - вигляд зовні: 1 - *protuberantia occipitalis exsterna*; 2 - *linea nuchae inferior*; 3 - *condylus occipitalis*; 4 - *pars lateralis*; 5 - *linea nuchae superior* [12]

Потилична луска утворює задню поверхню черепа та має вигнуту лопатковидну форму. На її зовнішній поверхні розташований зовнішній потиличний виступ *(protuberantia occipitalis externa)*, від якого відходять каркові лінії – місця прикріплення м’язів шиї та спини, зокрема трапецієподібного, ремінного та напівостистого м’язів голови [10; 20]. Ці анатомічні утворення виконують важливу роль у стабілізації голови та рухах шийного відділу.

Базилярна частина розташована спереду від великого потиличного отвору та формує передню ділянку основи черепа. Вона з'єднується з клиноподібною кісткою і бере участь у формуванні схилу *(clivus),* на якому розташовуються відділи стовбура мозку [21]. Ця ділянка також слугує місцем прикріплення зв'язок і м'язів потилично-шийної області.

Латеральні частини знаходяться по обидва боки великого потиличного отвору та містять потиличні виростки (*condyli occipitales)*. Вони беруть участь у формуванні атланто-окципітального суглоба з першим шийним хребцем – атлантом, що забезпечує нахили та обмежені обертальні рухи голови [37]. Морфологічні особливості цих структур мають значення в анатомії, антропології та судовій медицині [14].

Потилична кістка з'єднується з іншими кістками черепа за допомогою швів, що забезпечують цілісність черепної коробки. У верхній частині вона контактує з тім'яними кістками через ламбдоподібний шов, а латерально – зі скроневими кістками та клиноподібною кісткою [20]. Основна локалізація швів потиличної кістки та клінічне значення наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Шви потиличної кістки: локалізація та клінічне значення

Назва шва	Локалізація	Особливості / клінічне значення
Sutura lambdoidea, (Ламбдоподібний шов)	Верхній край потиличної кістки	Найпоширеніший шов, варіабельний за формою
Sutura occipitomastoidea (Потилично-соскоподібний шов)	Бокова частина	З'єднує потиличну та скроневу кістки
Sutura sphenobasilaris (Сфенобазилярний шов)	Передня частина базилярної частини	Місце зрощення основи потиличної та клиноподібної кісток, зона росту основи черепа

1.2.1. Великий потиличний отвір та анатомічні структури

Центральним елементом потиличної кістки є великий потиличний отвір (*foramen occipitale magnum*), через який порожнина черепа сполучається зі спинномозковим каналом. Через нього проходять довгастий мозок, оболонки мозку, хребтові артерії та венозні сплетення. Будова цього отвору має важливе клінічне та антропологічне значення [21].

Форма великого потиличного отвору може бути різною: овальною, круглою, ромбоподібною або грушоподібною. Найчастіше спостерігається овальна форма, що характерна для більшості дорослих людей [20]. Варіанти форми великого потиличного отвору наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Частота різних форм великого потиличного отвору

Форма отвору	Частота (%)
Овальна	65–70 %
Кругла	15–20 %
Ромбоподібна	8–10 %
Грушоподібна	3–5 %

Крім того, на внутрішній поверхні потиличної кістки розташовані анатомічні структури, пов’язані з венозними синусами твердої оболонки головного мозку, зокрема борозни верхнього сагітального та поперечного синусів, а також внутрішнє потиличне підвищення. Ці утворення відіграють важливу роль у відтоку венозної крові з порожнини черепа [13].

Зовнішня сторона потиличної кістки характеризується наявністю багатьох виступів і заглиблень, які забезпечують місця для кріплення м’язів і зв’язок, що

підтримують шию і спину. Серед них слід зазначити такі таблиця 1.3:

Таблиця 1.3

Анатомічні утворення потиличної кістки та їх функції

Структура	Локалізація	Зміст
Зовнішній потиличний виступ	Центр луски (зовні)	Прикріплення каркової зв'язки та трапецієподібного м'яза
Глотковий горбок	Базилярна частина (зовні)	Прикріплення фіброзної оболонки глотки
Виростковий канал	Позаду виростків	Виростковова випускна вена (*v. emissaria condylaris*)

Потилична кістка містить кілька анатомічних утворень, які виконують важливі функціональні ролі: зовнішній потиличний виступ *(protuberantia occipitalis externa)* являє собою центральний виступ на задній поверхні потиличної кістки, що має важливе значення для антропометричних досліджень; глотковий горбок *(tuberculum pharyngeum)* знаходиться на внутрішній поверхні кістки і слугує місцем прикріплення зв’язок; внутрішнє потиличне підвищення *(eminentia cruciata)*, від якого розходяться борозни верхньої сагітальної та поперечних пазух *(sulcus sinus sagittalis superioris et sulcus sinus transversi)*, що містять відповідні венозні синуси [14].

1.2.2. Морфологічна варіабельність

Потилична кістка характеризується значною індивідуальною та популяційною мінливістю, що проявляється у варіаціях розмірів і форми великого потиличного отвору, ступені вираженості зовнішнього потиличного виступу та особливостях будови латеральних частин кістки. Встановлено, що розміри великого потиличного отвору часто відрізняються залежно від статі: у

чоловіків вони зазвичай більші, ніж у жінок. Крім того, морфологічні особливості цієї ділянки можуть змінюватися залежно від віку та популяційної належності. Зазначені варіації мають важливе значення для антропологічних досліджень і широко застосовуються в судово-медичній практиці [37; 40].

Морфологічні особливості потиличної кістки демонструють значну варіабельність серед різних популяцій. Зокрема, розміри потиличного отвору можуть коливатися в межах 10–15 мм залежно від етнічного походження, тоді як форма зовнішніх виступів варіюється від чітко виражених до ледве помітних. Ці характеристики мають важливе значення в антропології для визначення статі, віку та популяційних ознак, а також застосовуються в судово-медичній практиці для ідентифікації особистості [14].

1.3 Чинники, що впливають на анатомічну мінливість черепа: генетичні, епігенетичні та екологічні аспекти.

Анатомічна мінливість черепа людини є результатом складної взаємодії спадкових програм розвитку, регуляції експресії генів у пренатальному та постнатальному періодах, а також впливу зовнішнього середовища. Сучасна краніологія розглядає форму і пропорції черепа як динамічний фенотип, що формується впродовж тривалого часу та відображає адаптацію до біологічних і соціальних умов існування [32]. Вивчення цих процесів має фундаментальне значення для анатомії, антропології, педіатрії, нейрохірургії та судово – медичної практики.

1.3.1. Генетичні чинники

Спадковість є базовою основою морфогенезу кісток черепа. Генетичні програми визначають часову послідовність появи центрів окостеніння, ріст швів, пропорції лицевого та мозкового відділів, варіації товщини кісткових

пластинок. Багато структур черепа формуються за участю генів, що контролюють міграцію клітин нервового гребеня, проліферацію мезенхіми та диференціацію остеобластів [34]. Порушення у цих програмах можуть призводити до краніофаціальних аномалій. Класичним прикладом є передчасне закриття швів – краніосиностози, які можуть мати спадкову природу і супроводжуватися характерними змінами форми голови [23]. Такі стани демонструють, наскільки чітко генотип впливає на просторову організацію кісткових елементів. Варто зазначити, що навіть у межах норми генетичні відмінності між популяціями зумовлюють варіабельність індексів черепа, форми очниць, ширини носового отвору та інших параметрів. Саме ці відмінності традиційно використовувалися у фізичній антропології для вивчення походження та міграцій людських груп [34].

1.3.2. Епігенетичні механізми

Епігенетика описує зміни активності генів без зміни послідовності ДНК. У розвитку черепа це означає, що одна й та сама генетична інформація може реалізуватися по-різному залежно від умов внутрішнього та зовнішнього середовища. До ключових механізмів належать метилювання ДНК, модифікації гістонів та регуляція мікроРНК [34].

Особливо важливою є роль механічних впливів. Згідно з концепцією функціональних матриць Мосса, ріст кісток черепа відбувається вторинно щодо росту м’яких тканин – головного мозку, синусів і м’язів. Таким чином, збільшення об’єму мозку створює механічний тиск на кістки склепіння, стимулюючи їх розходження в ділянці швів і нарощування кісткової тканини. Зміни темпу росту мозку або внутрішньочерепного тиску можуть призводити до відповідних змін конфігурації черепа [40].

Дослідження також показують, що зовнішні та внутрішні фактори, такі як харчування матері під час вагітності, гормональний фон чи гіпоксія плода,

можуть модифікувати активність генів, відповідальних за формування кісткової тканини, що проявляється у варіаціях розмірів та пропорцій черепа новонароджених [34]. Таким чином, механічні та епігенетичні чинники спільно визначають індивідуальні особливості морфогенезу черепа.

1.3.3. Екологічні чинники

Після народження значну роль у формуванні анатомічної мінливості черепа відіграє довкілля, до якого відносять клімат, висоту над рівнем моря, характер харчування, рівень фізичної активності та культурні традиції.

У різних кліматичних зонах формуються специфічні краніометричні особливості. В умовах холодного клімату спостерігається тенденція до більш компактної форми черепа, що зменшує тепловіддачу, тоді як у жаркому кліматі частіше трапляються подовжені форми [17]. Кліматичні адаптації можуть впливати на об’єм потиличного відділу через кореляцію з розмірами мозочка та загальною терморегуляцією мозку.

Харчування також безпосередньо впливає на розвиток лицевого та потиличного скелета. М’яка їжа знижує жувальне навантаження, що може призводити до зменшення масивності нижньої щелепи та меншої вираженості м’язових прикріплень. У популяціях із традиційним споживанням твердої їжі жувальні м’язи розвинені краще, а рельєф кісткових виступів, включаючи потиличний бугор, більш виражений [34].

Таким чином, екологічні фактори опосередковано формують морфологію потиличної кістки, впливаючи на її об’єм, рельєф та співвідношення з іншими відділами черепа [17].

1.3.4. Вікові та статеві особливості

Анатомічна мінливість також залежить від віку та статі. У дітей шви залишаються відкритими, що забезпечує ріст мозку. З віком відбувається

поступове їх зрощення і зміна рельєфу поверхонь. Чоловічі черепи зазвичай характеризуються більшою масивністю, вираженими надбрівними дугами та м’язовими прикріпленнями, тоді як у жінок форми частіше є більш згладженими [40].

1.3.5. Взаємодія факторів

Найважливішим сучасним положенням є розуміння, що жоден чинник не діє ізольовано. Генетична програма задає потенціал розвитку, епігенетичні механізми коригують його відповідно до внутрішніх умов, а екологічні впливи модифікують кінцевий результат [34]. У підсумку формується індивідуальний морфологічний тип, який поєднує риси спадковості та адаптації (наведено в таблиці 1.4).

Таблиця 1.4

Фактори, що впливають на формування та морфологію кісток черепа

Група факторів	Механізм впливу	Можливі прояви
Генетичні	Регуляція росту, закриття швів, диференціація тканин	Варіації форми, спадкові аномалії
Епігенетичні	Зміна експресії генів під дією середовища, механічне навантаження (м'язова тяга, тиск мозку)	Асиметрії, відмінності темпів росту
Екологічні	Клімат, харчування, навантаження	Масивність, лицевого відділу черепа
Вікові	Постнатальний розвиток	Зрощення швів, зміна рельєфу
Статеві	Гормональні та функціональні відмінності	Різний ступінь вираженості виступів

1.3.6. Культурні практики

В історії людства відомі випадки штучної деформації черепа у немовлят шляхом бинтування або використання спеціальних пристроїв. Найчастіше ця практика зачіпала потиличну та тім'яні кістки, оскільки вони найлегше піддаються зміні форми у ранньому віці [37].

Хоча такі зміни не впливають на генотип, вони демонструють широкий спектр варіацій морфології черепа під впливом зовнішніх факторів. Зокрема, рельєф потиличної кістки, форма луски та вираженість виступів могли змінюватися залежно від напрямку та сили тиску. Це підкреслює, що морфогенез потиличної кістки формується не лише спадково, а й під дією культурно-обумовлених механічних факторів [40].

Наведені у таблиці чинники демонструють, що формування черепа є результатом складної взаємодії спадкових механізмів і впливів середовища. Кожен із них має власний шлях реалізації та призводить до характерних морфологічних змін [34].

Спадкові мутації впливають насамперед на процеси росту кісткової тканини та терміни закриття черепних швів. Порушення генетичного контролю остеогенезу може зумовлювати передчасне окостеніння окремих швів, унаслідок чого змінюються нормальні умови розширення черепа відповідно до росту мозку. Це веде до формування різноманітних деформацій склепіння, асиметрій і патологічних варіантів його форми [37].

Внутрішньоутробна гіпоксія належить до несприятливих факторів пренатального періоду. Дефіцит кисню впливає на інтенсивність клітинного поділу, живлення тканин та процеси диференціації. У результаті може спостерігатися уповільнення росту кісток, що клінічно проявляється зменшенням загальних розмірів черепа або окремих його відділів [32].

Характер харчування, зокрема м'яка дієта, визначає рівень функціонального навантаження на жувальний апарат. При зменшенні

механічної стимуляції сповільнюється розвиток кісткових структур, що беруть участь у жуванні. Наслідком може бути звуження щелеп, менша вираженість кісткових виступів і зміна прикусу [34].

Умови високогір'я пов'язані з хронічною нестачею кисню, що запускає адаптаційні перебудови організму. У процесі тривалого пристосування можливі зміни пропорцій лицевого черепа (збільшення об'єму носової порожнини та пневматизації пазух) для кращого зігрівання та зволоження повітря, спрямовані на оптимізацію дихальної функції та покращення оксигенації [17].

Таким чином, як генетично зумовлені, так і середовищні впливи можуть істотно модифікувати темпи росту, форму та просторові співвідношення структур черепа, формуючи індивідуальну морфологічну варіабельність [34].

Отже, анатомічна мінливість черепа є поліфакторним явищем. Вона формується внаслідок взаємодії генетичних програм, регуляторних епігенетичних механізмів і тривалого впливу довкілля [34, 40]. Особливо це проявляється у потиличній ділянці, де варіації об'єму луски, форми потиличного бугра та величини великого потиличного отвору відображають поєднання спадкових, функціональних та екологічних впливів. Розуміння цих процесів дозволяє пояснити як нормальні індивідуальні відмінності, так і походження патологічних станів, що має велике значення для клінічної практики та антропологічних досліджень.

1.4 Систематизація анатомічних варіантів та аномалій розвитку потиличної кістки людини

Потилична кістка *(os occipitale)* характеризується значною морфологічною мінливістю, що зумовлена як генетичними чинниками, так і особливостями ембріогенезу та постнатального розвитку. Її формування відбувається із кількох центрів окостеніння, що зумовлює високу ймовірність виникнення варіантів будови та аномалій розвитку. Вивчення анатомічних

особливостей потиличної кістки має важливе значення для анатомії, антропології, нейрохірургії та променевої діагностики, оскільки варіації будови можуть впливати на функціональний стан краніовертебральної ділянки та бути причиною патологічних станів [7; 20; 29; 38].

Крім того, аналіз морфологічної мінливості потиличної кістки є важливим для судово-медичної практики та антропологічних досліджень, де анатомічні варіації можуть використовуватися як діагностичні критерії для ідентифікації особи та визначення її індивідуальних особливостей [19; 26].

1.4.1 Дискретно-варіативні ознаки

До дискретних анатомічних ознак належать варіанти, які не піддаються кількісному вимірюванню, але мають важливе діагностичне та антропологічне значення. Однією з найбільш поширених варіацій є наявність вставних кісток *(ossa suturarum)*, які формуються внаслідок додаткових центрів окостеніння в ділянці швів черепа. Їх виникнення пов’язане з порушенням процесів злиття кісткових пластинок у період внутрішньоутробного розвитку. В області потиличної кістки вони найчастіше локалізуються в ламбдоподібному шві та можуть значно варіювати за розмірами і формою [35; 38; 40].

З практичної точки зору важливо враховувати, що вставні кістки можуть імітувати переломи черепа при рентгенологічному дослідженні, що потребує диференційної діагностики [40].

Особливим варіантом є міжтім’яна кістка *(os interparietale)*, або так звана «кістка інків», яка утворюється при незлитті верхньої частини луски потиличної кістки з іншими її частинами. Формування цього варіанта пов’язане з особливостями розвитку мембранозної частини потиличної кістки та порушенням злиття первинних центрів окостеніння [14; 37; 40]. Частота її виявлення залежить від популяційних особливостей та може бути вищою у певних етнічних групах.

Ще одним важливим варіантом є варіативність кількості та локалізації потиличних емісарних отворів *(foramina emissaria)*, через які проходять емісарні вени. Вони забезпечують зв'язок між внутрішньочерепними венозними синусами та поверхневими венами черепа. Кількість цих отворів може коливатися від одного до кількох, а їх розташування є непостійним. Клінічне значення цих структур полягає у можливості поширення інфекції з поверхневих тканин у порожнину черепа [20; 29; 31].

1.4.2. Морфологічна мінливість ключових структур

Однією з найважливіших структур потиличної кістки є великий потиличний отвір *(foramen magnum)*, форма та розміри якого демонструють значну варіативність. У науковій літературі описані овальна, кругла, ромбоподібна, трапецієподібна та неправильна форми. Морфологічні особливості великого потиличного отвору мають важливе значення для нейрохірургічних втручань, оскільки визначають доступ до задньої черепної ямки [24; 26; 40].

Крім форми, значну увагу приділяють також розмірам отвору, які можуть змінюватися залежно від статі, віку та індивідуальних особливостей. Відомо, що у чоловіків, як правило, спостерігаються більші розміри *foramen magnum*, що має значення для антропологічних досліджень [24].

Потиличні виростки *(condyli occipitales)*, що забезпечують зчленування з атлантом, також характеризуються значною мінливістю. Вони можуть відрізнятися за формою (овальні, видовжені, неправильної форми), розмірами, ступенем кривизни та симетричністю. Асиметрія виростків може впливати на біомеханіку атланто-окципітального суглоба та спричиняти функціональні порушення, зокрема обмеження рухливості голови [15; 29; 31].

1.4.3. Аномалії на межі з хребтом

Серед аномалій розвитку потиличної кістки особливе місце займають порушення в ділянці краніовертебрального переходу. Однією з таких аномалій є атланто-окципітальна асиміляція – часткове або повне зрощення першого шийного хребця *(atlas)* з потиличною кісткою. Це порушення виникає внаслідок дефектів сегментації сомітів у ранньому ембріогенезі [32; 33; 40].

Ступінь прояву асиміляції може варіювати від незначного контакту до повного кісткового зрощення. У тяжких випадках це призводить до зменшення рухливості в краніовертебральному суглобі, компресії довгастого мозку та судин, що може мати серйозні клінічні наслідки [28].

До аномалій також належать преатлантові горбки *(tubercula preatlantica)*, які є додатковими кістковими утвореннями на передній поверхні великого потиличного отвору. Їх виникнення пов’язане з аномальним розвитком вентральних елементів потиличної кістки. Дані структури можуть обмежувати рухливість у суглобі та ускладнювати хірургічний доступ до основи черепа [33; 40].

1.4.4. Рельєфна мінливість

Рельєф зовнішньої поверхні потиличної кістки також піддається значній індивідуальній мінливості. Зокрема, варіює ступінь розвитку зовнішнього потиличного виступу *(protuberantia occipitalis externa)*, який є місцем прикріплення зв’язок і м’язів. У деяких випадках він може бути слабо вираженим або, навпаки, значно виступати.

Також спостерігається різна вираженість верхньої та нижньої каркових ліній *(lineae nuchae superior et inferior),* що відображає рівень розвитку шийної мускулатури. У осіб із добре розвиненою мускулатурою ці структури, як правило, більш виражені, що підтверджує функціональну залежність рельєфу

кістки від механічного навантаження [19; 29].

Деякі дослідники відзначають, що рельєфні особливості потиличної кістки можуть використовуватися як допоміжні критерії при визначенні статі та віку особи, що має значення у судово-медичній експертизі [26].

Таким чином, потилична кістка характеризується широким спектром анатомічних варіантів та аномалій розвитку, які охоплюють як дискретні ознаки, так і морфометричні характеристики. Їх формування пов’язане з особливостями ембріогенезу, процесами окостеніння та впливом функціональних навантажень.

Систематизація цих варіантів має важливе значення для клінічної практики, зокрема в нейрохірургії, травматології та радіології, а також для наукових досліджень у галузі анатомії та антропології.

РОЗДІЛ 2
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічний базис даного дослідження ґрунтується на принципах комплексності та об’єктивності, що передбачає використання сукупності морфологічних, антропометричних та статистичних методів для аналізу варіантної анатомії потиличної ділянки. Виконання поставлених завдань вимагало розробки чіткого алгоритму дій, який включав формування репрезентативної вибірки об’єктів, проведення високоточних вимірювань нейро- та остеоструктур, а також математичне обґрунтування отриманих результатів. У даному розділі представлено детальну характеристику матеріалу дослідження, описано технічні аспекти застосованих методик та обґрунтовано вибір статистичного інструментарію для верифікації наукових гіпотез.

2.1. Організація дослідження та наукове обґрунтування вибору об’єктів

Методологічна архітектура даної роботи вибудувана на засадах системного морфологічного аналізу. В основу дослідження покладено принцип єдності форми та функції, а також концепцію нейрокраніальної взаємодії, згідно з якою розвиток нервових та судинних структур виступає провідним чинником формування остеологічного рельєфу.

Основним джерелом фактичного матеріалу для даної роботи стали результати комплексних морфологічних досліджень, проведених на базі кафедри анатомії людини, які висвітлені у праці Трач О. О. та Шияна Д. М. (2020) [15]. Вибір зазначеної праці як фундаментальної бази дослідження обумовлений високим рівнем достовірності представлених результатів, репрезентативністю вибірки, а також застосуванням методів прецизійної морфометрії із використанням сучасного високоточного обладнання, що відповідає міжнародним стандартам наукових досліджень.

Науковий пошук було реалізовано через послідовне виконання кількох логічно пов'язаних етапів, де початковим кроком стала інвентаризація та ретельна верифікація даних, на основі яких було сформовано репрезентативну базу морфометричних показників для 200 досліджуваних об’єктів. Надалі робота перейшла у класифікаційну фазу, що передбачала розподіл наявного матеріалу за краніометричними індексами для виявлення закономірностей типологічної мінливості. Це створило підґрунтя для розгорнутого аналітичного етапу, під час якого здійснювалося детальне зіставлення параметрів потиличних часток мозку, архітектоніки судинного русла та морфології кісткових ямок у представників різних краніотипів. Завершальним етапом став синтез отриманої інформації, спрямований на встановлення стійких кореляційних взаємозв’язків та формулювання науково обґрунтованих висновків щодо характеру індивідуальної анатомічної мінливості потиличної ділянки.

2.2. Характеристика об’єктів та формування репрезентативної вибірки

Відповідно до встановлених методологічних стандартів морфологічних досліджень, об’єктом даного аналізу виступив цілісний комплекс нейроваскулярних та остеологічних структур потиличної ділянки голови людини, що дозволяє розглядати анатомічну мінливість у контексті системної взаємодії тканин [15]. Високий рівень репрезентативності сформованої вибірки забезпечується залученням до дослідження результатів вивчення 200 півкуль головного мозку та аналогічної кількості (200 одиниць) відповідних їм ділянок внутрішньої поверхні потиличних лусок. Такий обсяг фактичного матеріалу є достатнім для подолання впливу індивідуальних анатомічних аберацій та дозволяє з високою математичною точністю встановити загальні закономірності будови потиличної ділянки.

Процес формування вибірки базувався на суворих критеріях включення, що гарантувало морфологічну чистоту об’єктів дослідження. Першочерговою умовою була повна відсутність у анамнезі зажиттєвих травм черепно-мозкової локалізації, а також будь-яких нейрохірургічних втручань, які могли б спотворити природну топографію судин чи рельєф кісткової тканини. Окрему увагу було приділено виключенню препаратів із ознаками патологічних станів мозку, що супроводжуються явищами вираженої атрофії кори, набряком тканини, наявністю об’ємних новоутворень (пухлин), вираженою формою гідроцефалії або хронічними нейродегенеративними захворюваннями, оскільки такі зміни суттєво впливають на об’ємні та лінійні показники потиличних часток. Крім того, обов’язковою вимогою було повне збереження цілісності кісткових структур потиличної луски, відсутність остеопоротичних змін або патологічних розростань кісткової тканини, що забезпечило можливість проведення прецизійної остеометрії мозкових ямок.

Для глибшої наукової диференціації отриманих даних вся вибірка була структурована за ознаками статі та індивідуальним краніотипом досліджуваних. Розподіл об’єктів за формою черепа став ключовим методологічним рішенням, оскільки архітектоніка потиличної ділянки та просторове розташування її структур перебувають у прямій залежності від загальних геометричних параметрів нейрокраніуму. Це дозволило детально простежити специфіку анатомічної організації у представників доліхо-, мезо- та брахікранного типів, уникаючи усереднення показників, яке могло б приховати важливу типологічну мінливість. Використання такої масштабної та ретельно відібраної вибірки створило необхідні умови для застосування методів параметричної статистики, що, своєю чергу, забезпечило високий ступінь достовірності та наукової аргументованості отриманих результатів і сформульованих на їх основі висновків [2].

2.3. Краніометричні методи та топографічна ідентифікація

Першочерговим та фундаментальним етапом у дослідженні кожного анатомічного об’єкта була його прецизійна краніометрична ідентифікація, що дозволило встановити індивідуальні типологічні характеристики нейрокраніуму. Даний етап розглядається як критично важливий елемент наукового пошуку, оскільки саме він закладає необхідний методологічний фундамент для подальшого багатофакторного аналізу анатомічної мінливості потиличної ділянки у зв’язку із загальною конфігурацією черепа. Основним методичним інструментарієм, що забезпечив уніфікацію та високу точність вимірювань, слугувала класична система краніометрії за Р. Мартіном (1928), яка впродовж десятиліть залишається еталонною у світовій антропологічній та морфологічній практиці [27].

Безпосередня техніка вимірювання лінійних параметрів черепа передбачала використання великого товщинного циркуля з чіткою міліметровою шкалою, що дозволяло нівелювати похибки при роботі з макроструктурами. Для визначення загальної просторової конфігурації нейрокраніуму вимірювання проводилися суворо між стандартизованими антропометричними точками на декартованому остеологічному матеріалі. Зокрема, для визначення поздовжнього діаметра (G-Op) фіксувалася пряма лінійна відстань від точки *glabella*, що є найбільш виступаючою вперед точкою надперенісся у медіально-сагітальній площині між надбрівними дугами, до точки *opisthocranion*, яка визначається як найбільш віддалена від глабели точка на потиличній лусці. Своєю чергу, поперечний діаметр (Eu-Eu) фіксувався як показник найбільшої ширини черепної коробки, виміряної в площині, перпендикулярній до сагітального шва, між найбільш виступаючими назовні точками на бічних поверхнях тім'яних кісток, що позначаються як *euryon*.

На основі отриманих абсолютних значень лінійних діаметрів здійснювався розрахунок поперечно-поздовжнього або черепного індексу, який математично виражається як відношення поперечного діаметра до поздовжнього, помножене на сто відсотків. Застосування цього індексного показника дозволило об’єктивно диференціювати весь наявний дослідний матеріал на три класичні типологічні групи, що відображають фундаментальну мінливість форми голови людини. Об’єкти, значення індексу яких не перевищувало 74,9, були класифіковані як доліхокрани, для яких характерна видовжена форма потиличної ділянки з відносно малим поперечним розміром. До групи мезокранів відносили зразки з проміжною формою черепа, де значення індексу варіювали в межах від 75,0 до 79,9, що вказує на гармонійне поєднання поздовжніх та поперечних параметрів. Об’єкти з показником індексу понад 80,0 ідентифікувалися як брахікрани, морфологічною особливістю яких є вкорочена у передньо-задньому напрямку та розширена у латеральних відділах потилична частина. Такий системний підхід до краніометричної ідентифікації забезпечив можливість подальшого вивчення кореляційних зв’язків між формою черепа та внутрішньою архітектонікою потиличної ділянки на високому науковому рівні.

2.4. Методи прецизійної морфометрії нейроанатомічних структур

Для всебічного вивчення морфологічних особливостей потиличних часток (*lobi occipitales*) було впроваджено багатокомпонентний комплекс морфометричних вимірювань, що дозволив надати об’єктивну кількісну характеристику об’ємним параметрам, лінійним розмірам та просторовій конфігурації нейроанатомічних структур. Специфіка роботи з м’якими біологічними тканинами зумовила необхідність дотримання особливої обережності на всіх етапах дослідження задля запобігання штучній деформації об’єктів, що могла б виникнути внаслідок механічного стиснення або

гравітаційного впливу під час вилучення та зберігання препаратів [1]. З метою стабілізації структури та консистенції мозкової речовини всі вимірювання проводилися виключно на препаратах, що пройшли процедуру тривалої фіксації у 10% розчині нейтрального формаліну, що забезпечило незмінність лінійних параметрів та ідентичність умов для всієї дослідної вибірки.

Основним інструментарієм для проведення високоточних замірів слугував професійний електронний штангенциркуль із цифровою індикацією та ціною поділки 0,01 мм, що дозволило зафіксувати мінімальні відмінності в індивідуальній мінливості структур. Методика визначення ключових морфометричних параметрів часток передбачала чітко регламентовану послідовність дій. Зокрема, висота часток визначалася як пряма відстань від їх анатомічної основи до найбільш виступаючої точки закруток у вертикальній площині. Паралельно з цим фіксувалася ширина потиличного полюса, яка вимірювалася як максимальна відстань між медіальним та латеральним краями частки на рівні її найбільшого поперечного розвитку. Для оцінки ступеня складності та архітектоніки рельєфу кори великого мозку проводилося вимірювання глибини борозен із використанням спеціалізованих тонких зондів-глибиномірів, що дало змогу кількісно оцінити глибину залягання сірої речовини та вираженість макрорельєфу потиличної ділянки.

У процесі морфометричного аналізу особливий науковий фокус був зосереджений на ідентифікації та прецизійному вимірюванні топографічних характеристик тім’яно-потиличної борозни (*sulcus parietooccipitalis*) та острогової борозни (*sulcus calcarinus*). Такий підхід зумовлений тим, що саме ці глибокі анатомічні орієнтири виступають провідними детермінантами у процесі морфогенезу внутрішнього мікрорельєфу черепа, безпосередньо впливаючи на формування відповідних виступів та заглиблень на внутрішній поверхні потиличної луски. Ретельна фіксація їхньої локалізації та лінійної протяжності дозволила створити базу для подальшого встановлення кореляційних

закономірностей між нейроанатомічними структурами та остеологічним ложем, що повністю відповідає сучасним протоколам комплексних морфологічних досліджень [1].

2.5. Остеометричне дослідження рельєфу потиличної луски

Поглиблене вивчення морфологічних особливостей внутрішньої поверхні потиличної луски (*squama occipitalis*) було спрямоване на детальну візуалізацію та кількісну оцінку специфічних остеологічних відбитків, сформованих потиличними частками великого мозку. В основу остеометричного етапу покладено аналіз мозкових ямок (*fossae cerebrales*), які розглядаються в сучасній морфології як результат тривалого механічного та трофічного тиску мозкової речовини на внутрішню компактну пластинку черепа в періоди активного онтогенетичного росту та експансії нейрокраніуму [15]. Такий підхід дозволив простежити індивідуальну адаптацію кісткового ложа до конфігурації нервових центрів, що є критично важливим для розуміння варіантної анатомії потиличної ділянки.

Процедура остеометричного аналізу мозкових ямок передбачала використання спеціалізованого інструментарію та розробку уніфікованих алгоритмів вимірювання для забезпечення порівнянності результатів. Зокрема, визначення глибини кожної ямки здійснювалося з високою прецизійністю відносно умовної площини, проведеної через найбільш підняті краї ямки, із застосуванням механічного мікрометра, оснащеного тонким рухомим щупом. Для об’єктивізації просторових характеристик остеорелізу проводилося визначення площі проекції кожної ямки шляхом накладання адаптивної гнучкої міліметрової сітки на внутрішню поверхню кістки, що дозволило з мінімальною похибкою врахувати кривизну потиличної луски. Окремим вектором дослідження було встановлення топографічної стабільності цих утворень, для чого проводилася замірна фіксація прямої дистанції від внутрішнього

потиличного виступу (*protuberantia occipitalis interna*), що виступав у ролі стабільного антропометричного орієнтира, до умовного геометричного центру кожної мозкової ямки.

Такий багатогранний та деталізований остеометричний аналіз створив необхідну емпіричну базу для подальшого математичного моделювання, результати якого представлені в третьому розділі роботи. Застосована методика дозволила встановити чітку кореляційну залежність між лінійними параметрами потиличних часток мозку та об’ємно-просторовими характеристиками відповідних їм кісткових ямок, підтверджуючи гіпотезу про нейрогенну детермінацію мікрорельєфу потиличної кістки залежно від індивідуального краніотипу.

2.6. Ангіологічні методи: макро-мікроскопічне препарування судин

Для вичерпного дослідження артеріального русла потиличної ділянки та визначення ступеня його впливу на морфогенез кісткової тканини було застосовано спеціалізовану методику макро-мікроскопічного препарування, що традиційно розглядається як фундаментальна технологія у вітчизняній морфологічній школі [7]. Основна наукова мета даного етапу полягала у прецизійному простеженні ходу та топографії гілок задньої мозкової артерії (*a. cerebri posterior*), які забезпечують кровопостачання медіальної та базальної поверхонь потиличних часток. Технологія препарування передбачала поетапне формування мікрохірургічного доступу, під час якого за допомогою гострих очних скальпелів та анатомічних мікропінцетів здійснювалося вкрай делікатне відшарування м'якої мозкової оболонки, що дозволило оголити судинні стовбури без пошкодження їх природної топографії.

Використання високоточної оптичної техніки стало обов’язковою умовою для якісної ідентифікації термінальних гілок, тому процес препарування проводився під постійним візуальним контролем через бінокулярну лупу з 4-8-

кратним збільшенням. Це дало змогу чітко виділити та описати морфологію основних судинних одиниць, а саме острогової, тім’яно-потиличної та клинної гілок задньої мозкової артерії.

У ході судинного аналізу особлива увага приділялася визначенню типу галуження, який класифікувався як магістральний за наявності одного чітко вираженого основного стовбура, розсипний у разі формування множинних дрібних гілок без домінуючої судини, або змішаний, що поєднує ознаки обох типів. Паралельно здійснювалася фіксація зовнішнього діаметра судин у двох критичних точках: безпосередньо в місці відходження гілки від основного стовбура та в її термінальному відділі. Важливим аспектом ангіологічного етапу було встановлення прямого зв’язку між траєкторією ходу артерій та наявністю відповідних артеріальних борозен на внутрішній поверхні черепа, що дозволило верифікувати механізм формування остеорелізу під впливом судинної пульсації [7].

2.7. Методи статистичної обробки та біометричного аналізу

Задля забезпечення високого рівня наукової вірогідності та репрезентативності отриманих результатів було впроваджено розширений пакет статистичних методів обробки даних, що базується на засадах доказової морфології. Весь масив отриманих цифрових показників першочергово підлягав процедурі перевірки на нормальність розподілу за допомогою статистичного критерію Колмогорова-Смирнова, що є необхідною умовою для вибору коректного методу подальшого порівняння [2; 4]. Математична обробка здійснювалася поетапно, починаючи з обчислення дескриптивних статистик для кожного вимірюваного параметра, що включало визначення середньої арифметичної величини (M), дисперсії, середньоквадратичного відхилення (σ) та стандартної помилки середньої (m).

Наступна фаза дослідження передбачала верифікацію статистичних гіпотез шляхом порівняння середніх значень між незалежними вибірками, сформованими за ознаками статі та краніотипу. Для параметричних даних, що відповідають закону нормального розподілу, застосовувався t-критерій Стьюдента, тоді як у випадках виявлення відхилень від норми використовувався непараметричний U-критерій Манна-Вітні, що забезпечило максимальну точність висновків. Окремим аналітичним блоком виступив кореляційний аналіз за Пірсоном, спрямований на встановлення сили та спрямованості патоморфологічного зв’язку між лінійними розмірами мозкових часток та глибиною остеологічного мікрорельєфу. Отримані коефіцієнти кореляції (r) проходили інтерпретацію за загальноприйнятою шкалою Чеддока для оцінки ступеня детермінованості ознак.

Технічна реалізація всіх обчислювальних операцій проводилася із залученням спеціалізованого програмного середовища EZR (R–statistics) та інструментарію Microsoft Excel [4]. Фінальна візуалізація результатів була здійснена у форматі пелюсткових діаграм, порівняльних гістограм та кореляційних полів розсіювання, що повністю відповідає сучасним академічним вимогам до медичної інформатики та біометричного аналізу [6]. Такий комплексний математичний підхід гарантує об’єктивність формулювання висновків щодо індивідуальної анатомічної мінливості потиличної ділянки людини.

Таким чином, обраний алгоритм дослідження та розширений пакет біометричного аналізу, що спираються на перевірені українські та зарубіжні методики, гарантують об’єктивність результатів, представлених у наступних розділах роботи, та створюють надійне підґрунтя для формулювання науково обґрунтованих висновків щодо нейроваскулярної детермінації рельєфу потиличної луски.

РОЗДІЛ 3
АНАТОМІЧНА МІНЛИВІСТЬ ПОТИЛИЧНОЇ КІСТКИ У ЗВ'ЯЗКУ З МОРФОМЕТРИЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ ПОТИЛИЧНИХ ЧАСТОК ВЕЛИКОГО МОЗКУ

3.1. Взаємозв'язок морфометричних параметрів потиличних часток та рельєфу луски потиличної кістки залежно від краніотипу

Морфометричні параметри потиличних часток мозку відіграють ключову роль у формуванні рельєфу луски потиличної кістки. Висота потиличних структур безпосередньо залежить від типу черепа: найбільші значення спостерігаються у доліхокранів, що обумовлює більш виражений рельєф луски та глибокі мозкові ямки (*fossae cerebrales*). У брахікранів висота часток є меншою, внаслідок чого внутрішня поверхня кістки виглядає більш згладженою [10, с. 16].

Потилична кістка демонструє виражену індивідуальну асиметрію. За даними Трач О.О. та співавт. (2020), у чоловіків-доліхокранів превалює висота лівої потиличної частки (53 мм), а у жінок цього ж типу – правої (52,2 мм). Така варіабельність відображається у формуванні асиметричного рельєфу внутрішньої поверхні луски та положенні борозен венозних синусів [10, с. 17]. Загальна тенденція розподілу висотних характеристик залежно від статі та краніотипу представлена на рисунку 3.1.

Аналіз представленої діаграми (рис. 3.1) дозволяє виявити чітку тенденцію до зменшення висоти потиличних часток у напрямку від доліхокранів до брахікранів. Як видно з графічних даних, чоловіки мають дещо вищі показники висоти потиличних часток на кожному типі черепа порівняно з жінками. Оскільки висота потиличних структур мозку прямо пропорційна вертикальному розміру луски потиличної кістки, це підтверджує пряму кореляцію між морфометрією нервових структур та остеологічним рельєфом.

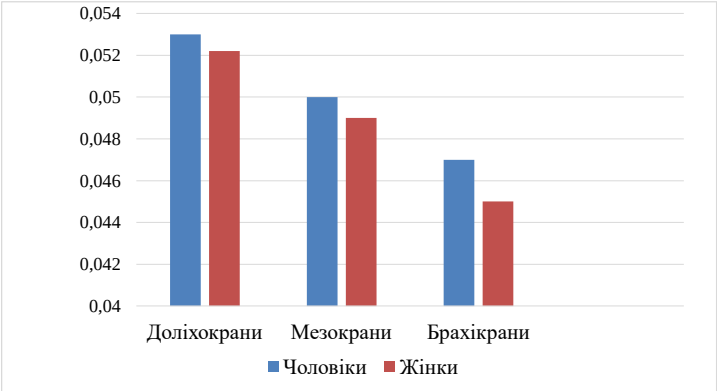


Рис. 3.1. Середня висота потиличних часток у чоловіків та жінок для різних типів черепа (за даними [10])

Окрім макроморфометричних показників, на формування мікрорельєфу луски впливає архітектоніка судинного русла, зокрема гілок задньої мозкової артерії. Тім'яно-потилична, острогова та клинна гілки залишають на кістці сліди у вигляді судинних борозен та живильних отворів (*foramina nutricia*), детальний аналіз яких наведено у підрозділі 3.3.

3.2. Аналіз асиметрії внутрішніх ямок потиличної луски та її статевий диморфізм

3.2.1. Вплив висоти потиличних часток на вертикальний розмір луски

Луска потиличної кістки (*squama occipitalis*) відображає морфометричні особливості потиличних часток мозку. За даними дослідження Трач О.О. та співавт., найбільша висота потиличних часток спостерігається у осіб із

доліхокранним типом черепа (до 61 мм у чоловіків). Це обумовлює значну вертикальну протяжність луски порівняно з мезо- та брахікранами [10, с. 15].

У брахікранів висота часток є значно меншою (середній показник 46,5 мм у чоловіків), що корелює з низькою і широкою формою луски. Типологічна мінливість форми луски потиличної кістки, що зумовлена різною висотою потиличних часток.

Морфологія внутрішньої поверхні потиличної луски зазнає значної індивідуальної мінливості. Згідно з дослідженнями О.О. Трач та співавт. [10], висотні характеристики потиличних структур мають чітку залежність від статі та типу черепа.

Так, при доліхокранному типі спостерігається максимальна експресія вертикального вектора Н, що візуально подовжує луску. При цьому асиметрія ямок (*fossae cerebrales*) найбільш виражена у чоловіків у ліву сторону, а у жінок – у праву.

При брахікранному типі спостерігається переважання горизонтальних розмірів луски над вертикальними, що відповідає найменшим показникам висоти потиличних часток (45,8 ± 1,2 мм). Дана візуалізація підтверджує, що остеологічні ознаки потиличної кістки є вторинними щодо нейроморфологічних показників відповідних відділів головного мозку».

Таким чином, конфігурація луски прямо відображає морфометричні характеристики мозку, підкреслюючи анатомічну мінливість між краніотипами.

3.2.2. Асиметрія луски та внутрішніх ямок

Луска потиличної кістки демонструє виражену асиметрію, що детермінована параметрами відповідних часток мозку. У чоловіків-доліхокранів домінує ліва потилична частка (53 мм), що визначає більшу глибину лівої верхньої потиличної ямки (*fossa cerebralis*). У жінок того ж типу превалює права частка (52,2 мм), що формує дзеркальну асиметрію рельєфу [10, с. 17].

Для мезокранного типу характерне домінування лівої сторони в обох статей, що свідчить про закономірну асиметрію внутрішньої поверхні луски. Це підтверджує, що рельєф кістки є прямим наслідком тиску та розвитку півкуль мозку.

3.2.3. Порівняльна характеристика типологічної та статевої мінливості

Для наочного аналізу впливу типу черепа та статі на морфометрію луски розроблено зведену таблицю 3.1.

Як свідчать дані таблиці 3.1, у чоловіків загалом спостерігаються вищі показники висоти потиличних структур, ніж у жінок, що визначає більші макроскопічні параметри луски. Виняток становить права сторона у доліхокранів, де у жінок вона переважає. Для брахікранів характерне стабільне домінування правої сторони у представників обох статей [10, с. 17].

Таблиця 3.1

Вплив типу черепа та статі на морфометрію потиличної луски (мм)

Тип черепа	Стать	Висота правої сторони	Висота лівої сторони	Домінуюча сторона
Доліхокранний	Чоловіки	51,00	53,00	Ліва
	Жінки	52,20	48,00	Права
Мезокранний	Чоловіки	46,80	49,00	Ліва
	Жінки	47,00	47,80	Ліва (незначно)
Брахікранний	Чоловіки	46,50	46,00	Права
	Жінки	45,80	43,30	Права

Окрім макроморфометрії, на мікрорельєф луски впливають судинні чинники, зокрема хід гілок задньої мозкової артерії, детально розглянутий у підрозділі 3.3.

Для оцінки ступеня асиметрії ямок було розраховано різницю між лівою та правою сторонами (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Коефіцієнт асиметрії ямок потиличної луски (мм)

Тип черепа	Стать	Ліва ямка	Права ямка	Різниця
Доліхокрани	Чоловіки	53,0	51,0	2,0
	Жінки	50,0	52,2	2,2
Мезокрани	Чоловіки	50,0	49,0	1,0
	Жінки	49,0	48,5	0,5
Брахікрани	Чоловіки	46,0	45,5	0,5
	Жінки	45,0	44,8	0,2

Аналіз таблиці 3.2 підтверджує, що найбільший ступінь асиметрії притаманний доліхокранам (до 2,2 мм), що є критичним показником для краніометрії. У брахікранів асиметрія мінімальна, що відображає більш стабільну форму потиличної кістки при цьому типі черепа.

3.3. Вплив варіабельності судинного русла задньої мозкової артерії на формування мікрорельєфу кістки

Важливим чинником формування мікрорельєфу внутрішньої поверхні луски потиличної кістки є особливості розгалуження задньої мозкової артерії. За даними Трач О.О. та співавт. (2020), варіабельність галуження її основних гілок безпосередньо визначає розташування судинних борозен та живильних отворів [10]. Детальна кореляція між артеріальними гілками та їх остеологічними проявами наведена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Кореляція ангіологічних параметрів (за Трач О.О. та ін.) з мікрорельєфом потиличної кістки

Артеріальна гілка (за статтею)	Частота зустрічальності (%)	Вплив на потиличну кістку
A. parietooccipitalis (Тім'яно-потилична)	58	Формування судинних борозен у верхній частині луски біля ламбдоподібного шва.
A. calcarina (Острогова гілка)	64	Визначає рельєф медіальної частини потиличних ямок *(fossae cerebrales).*
A. cunei (Клинна гілка)	Варіабельно	Впливає на кількість та розташування *foramina nutricia* (живильних отворів) у ділянці вище внутрішнього потиличного виступу.

Як свідчать дані, наведені у таблиці 3.3, внутрішня поверхня луски несе чіткі сліди кровопостачання мозку, що визначає дрібний рельєф кісткової тканини. Зокрема, встановлено, що 58% тім'яно-потиличних та 64% острогових гілок задньої мозкової артерії починають своє розгалуження до загального відрізка однойменних борозен. Це зумовлює формування індивідуального малюнка судинних відбитків на лусці ще до моменту входу судин у глибокі борозни мозку.

Клинна гілка, розгалужуючись у ділянці клину, чинить механічний вплив на мікрорельєф у зоні вище внутрішнього потиличного виступу (*protuberantia occipitalis interna*), створюючи характерні борозни та додаткові поглиблення.

Таким чином, морфологія луски потиличної кістки є результатом поєднання макроморфометричних параметрів мозкових часток та специфіки архітектоніки судинного русла.

У результаті проведеного аналізу анатомічної мінливості потиличної кістки у взаємозв'язку з морфометрією потиличних часток великого мозку (за даними О.О. Трач та співавт.) встановлено, що параметри кістки, зокрема її луски, мають чітку кореляцію з типом черепа. Найбільші показники вертикальної протяжності потиличних структур характерні для доліхокранів (до 61 мм), що зумовлює формування високої та порівняно вузької форми потиличної луски, тоді як у брахікранів домінують горизонтальні розміри при мінімальних показниках висоти (43,3–46,5 мм).

Анатомічна мінливість потиличної кістки також характеризується вираженою асиметрією рельєфу внутрішніх ямок (*fossae cerebrales*): у чоловіків-доліхокранів спостерігається домінування лівої сторони, тоді як у жінок того ж типу переважає права сторона. При брахікранному типі виявлено стабільну правобічну асиметрію незалежно від статі, що має важливе значення для антропометричних та клінічних досліджень.

Нейроваскулярний вплив на остеогенез виявляється у залежності рельєфу внутрішньої поверхні кістки від варіантів розгалуження задньої мозкової артерії. Оскільки у 58–64% випадків основні артеріальні гілки (тім'яно-потилична та острогова) починаються до входу в однойменні борозни мозку, це створює умови для формування індивідуального відбитку судинного русла, судинних борозен та живильних отворів на кістковій тканині.

Отже, мінливість потиличної кістки є вторинною щодо розвитку центральної нервової системи, де морфометричні параметри потиличних часток великого мозку виступають прогностичним маркером для визначення остаточної форми та рельєфу кістки, підтверджуючи принципи біологічної цілісності та взаємозалежності структур голови людини.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального наукового завдання щодо встановлення закономірностей анатомічної мінливості потиличної кістки людини у взаємозв'язку з морфометричними параметрами потиличних часток великого мозку та архітектонікою судинного русла. Теоретичний аналіз наукових джерел підтвердив, що потилична кістка є складною динамічною структурою, морфогенез якої детермінований поєднанням спадкових програм та епігенетичних чинників. Встановлено, що формування остеологічного рельєфу потиличної ділянки відбувається за принципом нейрокраніальної взаємодії, де провідну роль відіграє механічний тиск мозкових структур, що розвиваються, та трофічний вплив судинної мережі.

Застосований у роботі комплексний підхід, що базується на аналізі результатів краніометрії за Р. Мартіном, прецизійної морфометрії та макро-мікроскопічного препарування, дозволив об'єктивізувати параметри потиличної ділянки на основі репрезентативної вибірки об'єктів. Систематизація морфологічних даних за черепним індексом із розподілом на доліхо-, мезо- та брахікрани стала необхідним методологічним підґрунтям для виявлення типологічних закономірностей мінливості. На основі опрацьованого матеріалу встановлено пряму залежність між типом черепа та морфометрією потиличних часток: найбільші показники висоти часток характерні для доліхокранів (до 61 мм у чоловіків), що визначає формування вертикально витягнутої потиличної луски, тоді як у брахікранів висота часток є мінімальною (43,3–46,5 мм), що корелює з низькою та широкою конфігурацією кісткового ложа.

Дослідження дозволило виявити виражений статевий диморфізм та асиметрію рельєфу внутрішньої поверхні потиличної луски. Зокрема, у чоловіків-доліхокранів встановлено домінування лівої потиличної ямки (*fossa*

cerebralis), тоді як у жінок того ж типу спостерігається дзеркальна правобічна асиметрія; при брахікранному типі асиметрія є менш вираженою та має стабільний правобічний вектор незалежно від статі. Поряд із цим, доведено суттєвий вплив ангіоархітектоніки на формування мікрорельєфу кістки. Оскільки у 58–64% випадків тім'яно-потилична та острогова гілки задньої мозкової артерії починають галуження до загального відрізка однойменних борозен мозку, це спричиняє появу індивідуальних судинних борозен та живильних отворів (*foramina nutricia*) на внутрішній компактній пластинці потиличної луски.

Узагальнені результати свідчать, що морфологічні ознаки потиличної кістки є вторинними щодо нейроморфологічних показників. Біологічна мінливість потиличної луски відображає індивідуальний темп розвитку центральної нервової системи та особливості кровопостачання мозку, що дозволяє використовувати морфометричні параметри потиличних часток як надійний прогностичний маркер для реконструкції форми черепа в антропології, судовій медицині та нейрохірургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багрій М. М. та ін. Методики морфологічних досліджень : монографія / за ред. М. М. Багрія, В. А. Діброви. Вінниця : Нова Книга, 2016. 328 с.

2. Біологічна статистика : підручник : у 2 т. / за ред. В. А. Огнєвої. Харків : ХНМУ, 2023. Т. 1. 316 с.

3. Гертвіг О. Елементи ембріології людини та хребтовців [Електронний ресурс]. Київ : Державне видавництво України, 1928. URL: https://repository.pdmu.edu.ua/handle/123456789/19362 (дата звернення: 17.02.2026).

4. Гур'янов В. Г. та ін. Посібник з біостатистики. Аналіз результатів медичних досліджень у пакеті EZR (R–statistics) : навч. посіб. Київ : Вістка, 2018. 208 с.

5. Дюбенко К. А., Пилипчук О. В., Гумінський Ю. Й. Потилична кістка – анатомічний опис [Електронний ресурс]. 2018. URL: https://lifelib.info/medical/dubenko/63.html (дата звернення: 17.02.2026).

6. Кнігавко В. Г. та ін. Медична інформатика : навч. посіб. Харків : ХНМУ, 2019. 65 с.

7. Ковальський М. П. та ін. Оперативна хірургія та топографічна анатомія : підручник / за ред. М. П. Ковальського. 2-ге вид. Київ : ВСВ «Медицина», 2015. 504 с.

8. Міністерство охорони здоров'я України. Механізми окостеніння : навч. матеріал [Електронний ресурс]. 2022. URL: https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi76/0056949.pdf (дата звернення: 17.02.2026).

9. Павленко Т. І. Скелет людини в ембріогенезі [Електронний ресурс]. 2019. URL: https://medjournal.ua/skeleton_development.pdf (дата звернення: 18.02.2026).

10. Потилична кістка. Кістки мозкового черепа. Остеологія. Анатомія людини. Медична енциклопедія [Електронний ресурс]. URL: https://medical-enc.com.ua/os-occipitale.jpg (дата звернення: 15.02.2026).

11. Розвиток кісток — пояснювальний матеріал [Електронний ресурс]. 2021. URL: https://moyaosvita.com.ua/medicina/rozvitok-kistok/ (дата звернення: 17.02.2026).

12. Розвиток черепа — вікові особливості кісток мозкового і лицевого черепа [Електронний ресурс]. 2017. URL: https://pidru4niki.com/78293/meditsina/rozvitok_cherepa_vikovi_osoblivosti_kistok_mozkovogo_litsevogo_cherepa (дата звернення: 18.02.2026).

13. Садлер Т. В. Медична ембріологія за Лангманом. Львів : Наутілус, 2020. 550 с.

14. Тараненко Ю. М. Анатомо-ембріологічні аспекти розвитку потиличної кістки [Електронний ресурс]. 2021. URL: https://anatomia.ua/occipital_bone.pdf (дата звернення: 17.02.2026).

15. Трач О. О., Шиян Д. М., Терещенко А. О. Індивідуальна мінливість висоти потиличних часток великого мозку та їх кровопостачання. Експериментальна і клінічна медицина. 2020. № 2 (87). С. 14–19. DOI: https://doi.org/10.35339/ekm.2020.87.02.02.

16. Bergman R. A., Afifi A. K., Miyauchi R. Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation [Electronic resource]. URL: http://www.anatomyatlases.org/AnatomicVariants/ (date of access: 20.03.2026).

17. Chan W. C., Ghosh S. et al. Fetal skeletal development: MRI quantification and clinical applications. *Journal of Anatomy*. 2023. Vol. 243, Issue 5. DOI: https://doi.org/10.1111/joa.13892

18. Chan W. C., Ghosh S. et al. Fetal skeletal development: MRI quantification and clinical applications. *Journal of Anatomy*. 2024. Vol. 245, Issue 3. DOI: https://doi.org/10.1111/joa.13950

19. Enlow D. H., Hans M. G. Essentials of Facial Growth. Philadelphia : Saunders, 1996. 303 p.

20. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice / ed. by S. Standring. 41st ed. London : Elsevier, 2016. 1584 p.

21. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice / ed. by S. Standring. 42nd ed. London : Elsevier, 2020. 1600 p.

22. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice / ed. by S. Standring. 43rd ed. London : Elsevier, 2023. 1620 p.

23. Han Q. et al. MRI-based quantification of primary ossification centers in the human fetal occipital bone. *BMC Medical Imaging*. 2025. Vol. 25. DOI: https://doi.org/10.1186/s12880-025-01776-0

24. Kalthur S. G., Gupta C., Malsawmzuali J. C. Morphological study of foramen magnum in dry human skulls. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2014. Vol. 8, No. 10. P. AC01–AC04.

25. Larsen W. J. Human Embryology. 5th ed. Philadelphia : Churchill Livingstone, 2017. 688 p.

26. Lieberman D. E. The Evolution of the Human Head. Cambridge : Harvard University Press, 2011. 768 p.

27. Martin R. Lehrbuch der Anthropologie. Jena : Gustav Fischer, 1928. 1182 s.

28. Menezes A. H. Craniovertebral junction anomalies: diagnosis and management. Seminars in Pediatric Neurology. 1997. Vol. 4, No. 3. P. 209–223.

29. Moore K. L., Dalley A. F., Agur A. M. R. *Clinically Oriented Anatomy*. 8th ed. Philadelphia : Wolters Kluwer, 2018. 1134 p.

30. Moore K. L., Persaud T. V. N., Torchia M. G. The Developing Human: Clinically Oriented Embryology. 11th ed. Philadelphia : Elsevier, 2020. 560 p.

31. Natsis K. et al. Anatomical variations of the occipital bone and their clinical significance. Folia Morphologica. 2013. Vol. 72, No. 2. P. 123–130.

32. O'Rahilly R., Müller F. Human Embryology & Teratology. 4th ed. Wiley-Liss, 2010. 520 p.

33. Prescher A. Anatomical basics, variations, and degenerative changes of the craniovertebral junction. Surgical and Radiologic Anatomy. 1997. Vol. 19. P. 109–115.

34. Sadler T. W. Langman's Medical Embryology. 14th ed. Philadelphia : Wolters Kluwer, 2019. 456 p.

35. Scheuer L., Black S. Developmental Juvenile Osteology. London : Academic Press, 2000. 587 p.

36. Schoenwolf G. C. et al. Larsen's Human Embryology. 5th ed. Philadelphia : Elsevier, 2015. 720 p.

37. Shapiro R., Robinson F. Embryogenesis of the human occipital bone. *American Journal of Roentgenology*. 1976. Vol. 126, No. 5. P. 1063–1068.

38. Sperber G. H. et al. Craniofacial Embryology. 5th ed. Hamilton : BC Decker Inc., 2010. 320 p.

39. Standring S. Gray's Anatomy Review. 3rd ed. London : Elsevier, 2021. 480 p.

40. Tubbs R. S. et al. The human occipital bone: embryology and development. *Child's Nervous System*. 2015. Vol. 31, No. 10. P. 1641–1648. DOI: https://doi.org/10.1007/s00381-015-2870-8