

УДК 616.714-073.756.8:616.714-073.916  
DOI 10.31654/2786-8478-2025-BN-3-87-99

**Мхітарян Л. С.**

доктор медичних наук, професор,  
професор кафедри біології  
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя  
laurasmkhitarian@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-2347-0107

**Кучменко О. Б.**

доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри біології  
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя  
kuchmeb@yahoo.com  
orcid.org/0000-0002-3021-8583

**Гавій В. М.**

кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри біології  
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя  
gaviyv@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-2804-0456

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЇ ЧЕРЕПНИХ ШВІВ  
ЗА ДОПОМОГОЮ КТ Й МРТ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**

*У статті поставлено за мету простежити особливості становлення та еволюції досліджень із комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії для дослідження нормальних морфології та розвитку черепних швів. Встановлено, що в середині 1980-х рр. поява комп'ютерної томографії стала переломним моментом у дослідженні черепних швів, подолавши обмеження сцинтиграфії кісток та усунувши необхідність вводити пацієнтам радіонукліди. Комп'ютерна томографія швидко посіла місце технології для найкращої візуалізації кісткової анатомії, проте згодом радіологічні дослідження швів було визнано надлишковими у більшості випадків завдяки досягненням у хірургічному лікуванні краніосиностозу. Систематичні дослідження 1990-х – початку 2000-х рр. встановили КТ як золотий стандарт візуалізації черепних швів. Щодо другого десятиліття XXI ст., цей період характеризувався розробкою оптимальних технічних параметрів сканування й створенням перших нормативних баз даних для педіатричної практики, що заповнило критичну прогалину в стандартизації діагностики. З розвитком технологій мікро-комп'ютерної томографії відкрилися нові можливості дослідження ультраструктури швів, оскільки дав змогу забезпечити неруйнівний аналіз на мікроскопічному рівні. Водночас усе більше занепокоєння щодо радіаційного навантаження стимулювало пошук альтернатив у формі магнітно-резонансної томографії, яка поступово еволюціонувала від експериментального методу до клінічно прийнятної для діагностики. Останні дослідження вказують на те, що відбувається перехід від виключного використання комп'ютерної томографії до збалансованого підходу, де магнітно-резонансна томографія розглядається як перспективна альтернатива для рутинного спостереження, особливо в педіатрії, що віддзеркалює загальну тенденцію сучасної медицини до мінімізації радіаційного впливу на пацієнтів. З іншого боку, на межі 2010-х і 2020-х рр., спираючись на здобутки попередників, за допомогою КТ і МРТ науковці починають досліджувати переважно патології черепних швів. Огляд цих праць є перспективою подальшого дослідження.*

---

*Ключові слова:* краніоскопія, череп, морфологія, фізична антропологія, магнітно-резонансна томографія, комп'ютерна томографія, черепний шов.

---

**Постановка проблеми.** Детальне знання нормальної анатомії швів є основою для діагностики різноманітних аномалій розвитку черепа, включаючи краніосиностози. Це дає змогу краще розуміти механізми передчасного закриття швів та планувати відповідні хірургічні втручання. Докази, отримані за допомогою експериментальних досліджень, симуляцій та з дослідження еволюції, свідчать про багатofакторний морфогенез, пов'язаний з функціями та морфологією швів. Незважаючи на молекулярні впливи, біомеханіка черепа відіграє головну роль як в онтогенетичній, так і у філогенетичній динаміці швів [4]. Окрім того, розуміння нормальної морфології швів, їх мікроструктури, клітинного складу та біомеханічних властивостей допомагає відрізнити фізіологічні лінії швів від патологічних змін, зокрема переломів, на КТ-сканах, що має критичне значення в травматології [7], невідкладній, судовій медицині та щелепно-лицьовій реконструктивній хірургії [8]. Комплексний аналіз наукових праць, присвячених застосуванню в дослідженні швів черепа комп'ютерної (КТ) та магнітно-резонансної (МРТ) томографії, забезпечить структурування накопичених знань і визначення найперспективніших векторів подальших досліджень. Це, у свою чергу, сприятиме вдосконаленню діагностичних методик і лікувальних стратегій, а також розширить наукове розуміння анатомо-морфологічних характеристик та закономірностей розвитку черепа людини на всіх етапах онтогенезу – від ембріонального періоду до старості, в також кореляцій між морфометричними параметрами швів, темпами росту черепа, формою голови (брахіцефалія, доліхоцефалія) та функціональними характеристиками центральної нервової системи.

**Аналіз попередніх досліджень.** П. Фрассінато й Ч. ді Рокко в статті, присвяченій історії дослідження черепних швів, побіжно згадали, що сумніви, котрі виникали при інтерпретації сцинтиграфії кісток, та необхідність вводити пацієнтам радіонукліди було подолано з появою КТ, яка стала найкращим ілюстратором кісткової анатомії. Проте дослідники підкреслили, що, незважаючи на можливість отримати досконале зображення черепних швів, досягнення останніх років у вивченні краніосиностозу зробили радіологічні дослідження швів надлишковими в більшості випадків [6]. Досить докладно здобутки попередників оцінили в статті Ф. Коттон, Ф. Роцці, Б. Валі, К. Пачай, М. Гермєр, А. Гайхард-Коста й Дж. Фромен [3]. Утім, загалом здобутки вчених, котрі досліджували за допомогою КТ і МРТ нормальні черепні шви людини, не ставали предметом окремого огляду.

**Мета роботи:** простежити особливості становлення та еволюції досліджень із застосування комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії для дослідження нормальних морфології та розвитку черепних швів людини.

**Виклад основного матеріалу.** Й. Фуруя, М. С. Б. Едвардс, Ч. Е. Альперс, Б. М. Тресс, Д. К. Ойстергаут і Д. Норман присвятили статтю комплексному дослідженню нормальної анатомії черепних швів та синхондрозів у пацієнтів різного віку за допомогою КТ з високою роздільністю, мотивуючи актуальність дослідження тим, що традиційні рентгенівські знімки та радіонуклідне сканування не можуть забезпечити адекватне зображення швів основи черепа, що ускладнює діагностику патологічних змін. Автори проаналізували 150 нормальних пацієнтів від народження до 74 років, з яких 50 – молодші за 10 років. Використовувались аксіальні й корональні КТ-сканування з високою роздільністю, при цьому найкращі результати було отримано при товщині зрізів 1,5 мм порівняно з 5 або 10 мм. Техніка сканування передбачала проведення зрізів перпендикулярно до площини шва для отримання найінформативніших зображень. У дітей шви ідентифікувалися легше порівняно з дорослими. На особливу увагу, на думку дослідників, заслуговує метопічний шов, який у нормі зникає до третього року життя, проте може зберігатися у 10% дорослих. У дорослих

спостерігалася значна варіабельність у здатності ідентифікувати шви на КТ-зображеннях. Загальною закономірністю є прогресивне зростання кісткового зрощення з віком, що призводить до поступового зникнення видимих ліній швів. Було визначено, що технічні параметри сканування теж важливі для якості діагностики. Для черепів дорослих оптимальною виявилася ширина вікна 2000 одиниць Хаунсфілда, а для новонароджених і немовлят – 1200 одиниць через меншу мінералізацію кісткових структур у цьому віці. Автори дослідження дійшли висновку, що КТ з високою роздільністю є найбільш інформативним і точним методом для детального вивчення анатомії черепних швів, значно перевершуючи можливості традиційних рентгенівських методів діагностики [7]. Це дослідження є важливим для встановлення КТ як золотого стандарту візуалізації черепних швів, оскільки в ньому було систематизовано технічні параметри сканування й встановлено вікові особливості візуалізації швів. Важливим науковим внеском є диференційований підхід до налаштування параметрів КТ залежно від віку пацієнта, що значно покращує діагностичні можливості методу. Також у праці аргументовано підкреслено клінічну значущість персистентного метопічного шва як варіанту норми. Втім, проблематика, дотична до вивчення черепних швів за допомогою КТ, не була основною в дослідженнях названих авторів, тож вони більше не присвячували їй публікацій.

Д. Г. Шерік, С. Р. Бухман, Р. В. Гуле та С. А. Гольдштейн оцінили здатність мікрокомп'ютерного томографічного сканера правильно віддзеркалювати як нормальні, так і синостозовані черепні шви на ультраструктурному рівні. Для порівняння зі зрізами мікро-КТ було підготовлено два гістологічні зразки корональних швів, узяті з операційного матеріалу. За допомогою мікро-КТ дослідникам вдалося успішно візуалізувати один нормальний і один синостозований корональний шов людини й провести кількісний аналіз цих зразків. Мікро-КТ виявилось високоточним методом візуалізації для оцінювання розвитку черепних швів, забезпечуючи тривимірну візуалізацію на мікроскопічному рівні та даючи змогу проводити швидкий кількісний аналіз архітектури кістки за кількома параметрами вимірювань, недоступних при гістологічному аналізі. Перевагою мікро-КТ було названо те, що вона здатна візуалізувати значно більше зрізів, ніж можна отримати за допомогою гістології, і цей метод виключає людські помилки на даному етапі. Зрізи мікро-КТ створюються без руйнування зразка і без втрати чи спотворення відтворюваних даних. Загалом структурно-орієнтовані зрізи з мікро-КТ було визнано такими, що взаємно доповнюють клітинно-орієнтовані зрізи з гістології в загальному кількісному аналізі черепних швів [14]. В цій праці продемонстровано революційні можливості мікро-КТ для вивчення ультраструктури черепних швів. Методологічне значення роботи полягає в тому, що автори довели переваги неруйнівного аналізу над традиційною гістологією.

Дж. Вайнцвайг, Р. Е. Кіршнер, А.Фарлі, Ф. Райс, Дж. Хантер, Л. А. Вітакер і С. П. Бартлетт звернули увагу на те, що метопічний шов в нормі зростається в ранньому дитинстві, тоді як усі інші черепні шви в нормі роблять це набагато пізніше в житті, однак метопічний синостоз є однією з найменш поширених форм краніосиностозу. Через невизначеність у часовій послідовності нормального фізіологічного зростання метопічного шва дослідники припустили, що діагностика метопічного синостозу лише на основі зображень КТ може виявитися оманливою, й поставили за мету визначити нормальну послідовність зростання метопічного шва та охарактеризувати як ендокраніальну, так і ектокраніальну морфологію шва. Аналіз КТ сканувань 76 пацієнтів з травмами у віці від 10 днів до 18 місяців надав нормативні краніофасціальні дані, які можна було порівняти з аналогічними даними, отриманими з передопераційних КТ 30 пацієнтів, які пройшли хірургічне лікування метопічного синостозу. Зростання метопічного шва було завершеним до 6–8 місяців у всіх несинототичних пацієнтів, з початком зростання шва, що проявлявся вже в 3-місячному віці. Було встановлено, що зростання починається в ділянці назіона, прогресивно поширюється вгору й завершується біля переднього тім'ячка. Практично

діагностичною ознакою передчасного зростання шва виявилась ендокраніальна метопічна вирізка, котра спостерігалась у 93% пацієнтів із синостозом, але не спостерігалась в жодного, в кого синостозу виявлено не було. Тож учені дійшли висновку, що морфологічні та нормативні краніофасціальні дані все-таки дають змогу діагностувати метопічний синостоз на основі зображень КТ, отриманих після нормального періоду зростання шва [16]. В роботі розв'язується важлива клінічна проблема диференційної діагностики між нормальним фізіологічним зростанням метопічного шва та патологічним синостозом. Завдяки тому, що було окреслено чіткі часові рамки нормального зростання (3–8 місяців), вдалося закласти надійну основу для клінічних рішень. Високу практичну цінність для об'єктивної діагностики має виявлення ендокраніальної метопічної вирізки як ознаки синостозу. Дослідження також засвідчує важливість урахування динамічних змін під час інтерпретації КТ-зображень.

Ф. Коттон, Ф. Роцці, Б. Валі, К. Пачай, М. Гермієр, А. Гайхард-Коста й Дж. Фромен проспективно вивчили 150 МРТ-знімків головного мозку здорових представників європеїдної популяції віком 20–49 років. Для валідації методу також було проведено незалежні вимірювання на 498 сухих черепах за допомогою 3D-дигітайзера Microscribe 3-DX. Для всіх пацієнтів використовувався стандартний протокол, що включав 5 мм сагітальні спін-ехо T1-зважені зображення, аксіальні поперечні 5 мм спін-ехо T2-зважені зображення, градієнт-ехо T2\*-зважені зображення й гадолінієві тривимірні T1-зважені зображення з ізотропним вокселем 1 мм. Окрім краніометричних точок, яких учені успішно ідентифікували 11, дослідження зосереджувалося на трьох основних швах черепа: корональному, лямбдоподібному й сагітальному. Було визначено, що шви завжди з'являються як чорні лінії (відсутність МР-сигналу) через компакту структуру кістки, позбавлену водню. Це контрастує з нормальним гіперсигналом диплое (губчастої кістки) всередині й підшкірного жиру зовні. Відсутність сигналу спостерігається як на T1-, так і на T2-зважених зображеннях. Шви краще візуалізуються при товщині зрізу 5 мм порівняно з 1 мм. Динамічний аналіз зображень (сіне-лооп) дав змогу ефективно простежити хід швів. Дослідники підкреслили, що для визначення краніометричних точок Bregma та Lambda на серединному сагітальному зрізі слід використовувати динамічний аналіз швів. У основній групі (150 пацієнтів 20–49 років) корональний і лямбдоподібний шви були успішно ідентифіковані у 100% випадків. У розширеній групі (126 пацієнтів 20–80 років) якість візуалізації швів оцінювалася за 4-бальною шкалою: не візуалізуються в 1 випадку (0,8%) – жінка 57 років, важко візуалізуються в 31 пацієнта (24,6%), легко візуалізуються в 44 пацієнтів (34,9%) та ідеально візуалізуються в 50 пацієнтів (39,7%). Важливо зазначити, що якість візуалізації не корелювала з віком пацієнтів. Метод, апробований у статті, автори визнали корисним для планування нейрохірургічних втручань, діагностики краніосиностозів та інших патологій черепних швів у клінічній практиці завдяки високій частоті успішної візуалізації швів (понад 99% випадків) [3]. Це дослідження значуще з погляду розширення набору неінвазивних методів візуалізації черепних швів. Доведення можливості надійної МРТ-діагностики швів без радіаційного навантаження особливо актуально під час роботи з дітьми. Достовірність методу підвищується завдяки його валідації методу на великій кількості сухих черепів. Завдяки встановленню оптимальних технічних параметрів МРТ та введенню стандартизованої шкали оцінювання якості візуалізації результати дослідження стають основою для поточного клінічного використання. Особливо цінним є висновок про те, що якість візуалізації швів та вік досліджуваної людини не пов'язані.

К. Корега, Л. Вайда, М. Бачуц, А. Шербенеску та Л. Палагіца-Баняс поставили за мету дослідження оцінити здатність мікро-КТ сканера віддзеркалювати морфологію нормальних і синостозованих черепних швів на ультраструктурному рівні. Для цього вони зібрали два зразки корональних швів після схвалення етичної комісії та отримання письмової згоди. Перший зразок (5,8×3,9×3,9 мм) – нормальний людський

корональний шов від 16-місячного хлопчика, який переніс нейрохірургічну процедуру з приводу травматичної гематоми, а другий (11,2×2,4×6,5 мм) – від 1,5-річної дівчинки з несиндромічним однобічним корональним синостозом. Зразки успішно просканували з роздільною здатністю 30 мкм, що дало змогу отримати як тривимірні реконструкції кісткових кубів, так і двовимірні зрізи для аналізу. Було виявлено, що в нормальному зразку корональний шов чітко проходить через череп між лобною та тім'яною кістками, а в синостозованому корональний шов був майже повністю облітерований. Сканер зміг надзвичайно точно виявити відмінності в мікроархітектурі між цими двома зразками, особливо – порівняно з традиційними гістологічними методами. Якщо з нормального коронального шва вдалося отримати лише один придатний гістологічний зріз без артефактів секціонування з восьми нарізаних, то мікро-КТ згенерувала 16 зрізів 5,8×3,9×3,9 мм з того самого зразка. Ще більша різниця спостерігалась у синостозованому зразку: 10 гістологічних зрізів проти приблизно 250 мікро-КТ зрізів у площині гістологічного секціонування. Кількісний аналіз стереологічних параметрів виявив суттєві структурні відмінності між нормальним та синостозованим швами. Отже, науковці дійшли висновку, що мікро-КТ сканування відкриває нові горизонти для розуміння біології черепних швів, етіології краніосиностозу та розвитку ефективних методів лікування, причому є неруйнівним процесом візуалізації. Для клінічної практики ця технологія дає змогу кількісно вимірювати рівень ремоделювання шва в кожному зразку й доповнює клітинно-орієнтовані зрізи гістології в загальному кількісному аналізі черепних швів. Перспективи застосування мікро-КТ у дослідженні останніх дослідники визнали надзвичайно обнадійливими для біології черепних швів, краніосиностозу та зубо-лицьових деформацій [2]. Це робота підтверджує й розширює висновки попередніх дослідників про переваги мікро-КТ, демонструючи кількісну перевагу методу над гістологією в отриманні інформативних зрізів, адже було доведено, що роздільна здатність 30 мкм дає змогу виявляти ультраструктурні зміни, недоступні для клінічної візуалізації. Порівняльний аналіз нормального та синостозованого швів створює основу для розуміння молекулярних механізмів патології, що в перспективі підвищує ефективність лікування.

Л. А. Мітчелл, К. А. Кітлі, Т. Л. Армідедж, М. В. Краснокутський, В. Дж. Рукс, з огляду на те, що на час написання їхньої праці не існувало стандартизованих нормативних значень ширини черепних швів у немовлят, через що радіологи при інтерпретації результатів обстеження мали покладатися переважно на власний досвід та інтуїцію, провели масштабне дослідження, в якому проаналізували 483 пацієнти від 1 до 395 днів життя з нормальними результатами КТ голови. Всі обстеження було з 1994 по 2008 рр., при цьому середній вік пацієнтів становив 96 днів. Дослідники ретельно вимірювали ширину сагітального та корональних швів у двох анатомічних точках у проксимальній і дистальній частинах відносно переднього тім'ячка. Було виявлено чітку закономірність у закритті черепних швів протягом першого року життя. У новонароджених середня ширина сагітального шва становила 5,0 мм у проксимальній частині та 4,6 мм у дистальній, що віддзеркалює природну відкритість швів для забезпечення росту мозку й адаптації до пологового процесу. Однак уже до кінця першого місяця життя відбувалося звуження приблизно вдвічі – до 2,4 мм проксимально й 2,6 мм дистально. Аналогічна динаміка спостерігалась і для корональних швів, при цьому правий та лівий демонстрували статистично ідентичну швидкість закриття на всіх етапах розвитку. В новонароджених їх ширина становила 2,5 мм проксимально та 1,5 мм дистально, а до місячного віку зменшувалась до 1,3 мм та 1,1 мм відповідно. Поступове звуження тривало протягом усього першого року життя, досягаючи до 12 місяців значень 0,8–0,9 мм проксимально й 0,5 мм дистально для корональних швів. Найважливішим висновком дослідження стало встановлення того, що найінтенсивніше шви закриваються саме в перший місяць життя для всіх вимірюваних анатомічних локацій. Так було отримано перші науково обґрунтовані нормативні значення для порівняння при інтерпретації КТ-сканів немовлят, що

критично важливо при діагностиці діастазу швів унаслідок травм, підвищеного внутрішньочерепного тиску або інших патологічних станів [10]. Це дослідження заповнює важливу прогалину в педіатричній нейрорадіології, створюючи першу стандартизовану базу нормативних даних для ширини черепних швів у немовлят. Масштаб дослідження забезпечує високу статистичну достовірність результатів. Виявлення закономірності найінтенсивнішого закриття швів в перший місяць життя має фундаментальне значення для розуміння нормального розвитку черепа, а встановлення симетричності закриття корональних швів підтверджує нормальність розвитку. Тож дослідження створює ґрунтовну базу для об'єктивної діагностики патологій.

К. А. Елі, Ф. Шерін, Н. Тейлор, С. Р. Ватт-Сміт і С. Дж. Голдінг на тлі зростання занепокоєння щодо іонізуючих ефектів комп'ютерної томографії у немовлят поставили за мету встановити зовнішній вигляд нормальних черепних швів, їх ширину й точність ідентифікації на МРТ (в послідовностях: аксіальних – T1, T2, STIR (short tau inversion recovery), корональній FLAIR (fluid attenuated inversion recovery), та сагітальній T1) протягом першого року життя. Корональний, сагітальний і лямбдоподібний шви оцінювали 5 експертів на 100 анонімізованих МРТ-сканах немовлят від 1 до 361 дня за 3-бальною шкалою. Ширину швів вимірювали, якщо вони були чітко ідентифіковані. Було виявлено збільшення загального балу для всіх швів з віком. Середня ширина коронального, сагітального та лямбдоподібного швів становила 1,2 (СВ, 0,4), 1,4 (СВ, 0,4) та 1,3 (СВ, 0,3) мм відповідно. Не було значущої різниці в ширині швів залежно від віку. Втім, оскільки зовнішній вигляд черепних швів на МРТ проявляється як зона відсутності сигналу, яку може бути важко чітко визначити, дослідники визнали МРТ ненадійною для стандартного дослідження в діагностиці краніосиностозу [5]. Праця важлива з погляду об'єктивної оцінки обмежень МРТ у діагностиці краніосиностозу в немовлят, попри очевидні переваги відсутності радіаційного впливу. Виявлення покращення візуалізації з віком вказує на потенційну корисність МРТ у старших дітей. Критичне ставлення авторів до можливостей методу запобігає необґрунтованому використанню МРТ як альтернативи КТ у діагностиці краніосиностозу. Автори підкреслюють, що для педіатричної практики МРТ-протоколи слід надалі вдосконалювати.

Г. Гуфлер, М. Прайс, С. Кеслінг оцінили видимість швів орбіти та периорбітальної області на мультидетекторній КТ. Ретроспективно оцінювалися мультидетекторні КТ 200 пацієнтів (127 чоловіків, 73 жінки; середній вік 51,3 року; діапазон 6–92 років). Товщина зрізів варіювала від 0,5 до 1 мм, а струм трубки від 25 до 370 мАс, залежно від показань для КТ. Видимість швів оцінювалася за 4-бальною шкалою від «не видно» до «добре видно». Було виявлено найкращу видимість для лобно-вильного шва (98%), лобно-носового шва (88,5%) та клиноподібно-вильного шва (71,5%), після яких ішли вильно-верхньощелепний шов (65,8%), скронево-вильний шов (41,8%), лобно-верхньощелепний шов (44,5%) та клиноподібно-лобний шов (31%). Найнижчі показники було виявлено для лобно-слізного шва (16,8%) та лобно-решітчастого шва (1,3%). Решітчасто-верхньощелепний, слізно-верхньощелепний та решітчасто-слізний шви простежити не вдалося. Тож дослідники дійшли висновку, що шви верхньої, латеральної та нижньої зон орбіти видимі на КТ-сканах краще, ніж шви медіальної зони орбіти [8]. Це дослідження має практичне значення для травматології та орбітальної хірургії, систематизуючи можливості й обмеження візуалізації різних орбітальних швів. Універсальність висновків забезпечується завдяки широкому віковому діапазону пацієнтів.

С. Ідріз, Дж. Г. Пател, С. А. Ренані, Р. Аллан та І. Влахос присвятили статтю рентгенологічній діагностиці швів черепа у дітей та їх відмінностям від переломів. Було виявлено, що анатомія швів черепа у дітей характеризується значною варіабельністю та динамічними змінами залежно від віку. Найпоказовіші вікові трансформації демонструє лямбдоподібний шов. У дводенних новонароджених він має ширину 4–7 мм, нечіткі краї та може бути асиметричним, що є нормою. До 6-тижневого віку

шов значно звужується, а до 13 місяців його краї набувають чітко визначених контурів. Парієто-мастоїдальний шов становить особливі діагностичні труднощі через переважно горизонтальний хід, що ускладнює його візуалізацію на аксіальних зрізах КТ і краще візуалізується на сагітальних реформатованих зображеннях та тривимірних реконструкціях. Потилично-соскоподібний шов, який є нижнім продовженням лямбдоподібного, теж демонструє вікові зміни від перших днів до двох років життя. Клиноподібно-лобний шов найкраще візуалізувався у дітей до 6 місяців, коли він ще широкий, далі він звужується й починає заростати, що значно ускладнює його ідентифікацію, медіальна частина шва залишається відкритою найдовше. Додаткові тім'яні шви на знімках КТ можуть легко імітувати переломи, особливо при асиметричному розташуванні. Один із додаткових потиличних швів – поперечний потиличний – часто закривається внутрішньоутробно або в перші дні життя, або ж до 6 років у більшості пацієнтів. Дослідження 500 сухих черепів показало наявність цього шва лише у 3% випадків. На аксіальних зрізах КТ цей шов візуалізується медіально від лямбдоподібного шва, тоді як на корональних реформатованих зображеннях – вище від потилично-соскоподібного шва. Шви основи черепа представляють особливі діагностичні виклики. До 6 місяців повністю осифіковується 50% передньої основи черепа, а до 24 місяців – 84%. Безіменний (внутрішньо-потиличний) шов може імітувати перелом основи черепа у маленьких дітей, оскільки закривається лише до 4 років. Щодо вормієвих кісток у межах швів, науковці підкреслили, що кількість цих кісток понад 10 може вказувати на патологію розвитку. Щодо молдингу в швах та тім'ячках, було виявлено, що він зазвичай зникає до 7-го дня після народження й не повинен плутатися з депресійними переломами черепа. Загалом учені дійшли висновку, що диференційна діагностика між переломами та швами залишається одним з найскладніших завдань у педіатричній нейрорентгенології, й запропонували критерії розрізнення, суттєво уточнені завдяки застосуванню тонкошарової КТ й тривимірних реконструкцій. Було зазначено, що переломи мають гострі, несклеротичні краї та можуть розгалужуватися, здатні спричинити діастаз швів, часто перетинають самі шви й розширюються при наближенні до шва. Важливими непрямыми ознаками є супутні ушкодження м'яких тканин, включаючи гематоми. На противагу цьому, шви з'днуються з іншими швами, а не перетинають їх, не спричиняють діастазу інших швів, за окремими винятками, відносно однорідні за шириною й мають характерний зигзагоподібний або інтердигітуючий візерунок зі склеротичними краями [9]. Це дослідження має суттєве клінічне значення для педіатричної практики, адже надає докладний алгоритм диференційної діагностики між нормальними анатомічними структурами та патологічними змінами, що критично важливо у невідкладній педіатрії при підозрі на черепно-мозкову травму. Особливо цінною є систематизація вікових змін швів з конкретними часовими рамками, що дає змогу надійно оцінювати нормальність розвитку дитини. Аналіз 500 сухих черепів підвищує статистичну достовірність висновків.

С. Ніколова, Д. Тонєва, І. Георгієв, С. Харіжанов, Д. Златарева, В. Хаджідеков та Н. Лазаров з огляду на те, що розуміти морфологію швів і ремоделювання під час їх облітерації важливо для ранньої діагностики та лікування передчасного закриття швів, дослідили морфологію відкритих та облітерованих швів і порівняли 3D-зображення, отримані за допомогою промислових та медичних систем КТ з різною роздільною здатністю. Сегмент сагітального шва сухих черепів відомого віку та статі було проскановано за допомогою промислової КТ-системи Nikon XTH 225. Той самий відділ сагітального шва спостерігався у пацієнтів, які проходили КТ-сканування багатозрізовою системою Toshiba Aquilion 64 з товщиною зрізу 0,5 мм. Для 3D-візуалізації використовувалося програмне забезпечення VGStudioMax 2.2. Морфологію швів спостерігали в корональному перерізі на послідовних 2D-зрізах. Мікро-КТ сканування сухих черепів дало дослідникам змогу розрахувати морфометричні параметри й візуалізувати мікроархітектуру шва та його реорганізацію під час

облітерації, на відміну від КТ-зображення пацієнтів, де шви були мало помітні. На завершальних стадіях облітерації сліди від контакту кісток зникали, а шовна зона ставала гомогенною структурою з підвищеною цілісністю. Тож мікро-КТ-сканування сухих кісток автори визнали дієвим неруйнівним методом для дослідження морфології швів, 3D-зображення сухих кісток – корисними для сегментації, адже такі зображення складаються з двох фаз, тобто кістки та повітря без інших складових [11]. В дослідженні продемонстровано еволюцію методів візуалізації в краніології від клінічних КТ до промислових систем з надвисокою роздільною здатністю. Порівняльний аналіз різних систем візуалізації методологічно значущий завдяки доведенню переваг мікро-КТ у деталізації мікроархітектури. Важливим є внесок цього колективу авторів у розуміння облітерації швів на мікроскопічному рівні, що може мати значення для розробки нових підходів до лікування краніосиностозу.

С. Чалишкан, К. К. Огуз, С. Туналі, М. М. Алдур, Б. Ерчакмак і М. Ф. Саргон прагнули визначити частоту й морфологічні особливості клінічно важливих структур черепа, зокрема вормієвих (шовних) кісток і варіацій черепних швів у населення Туреччини. Клінічне значення цих структур вони обґрунтували тим, що ті можуть ускладнювати інтерпретацію рентгенографічних знімків пацієнтів з травмами голови, бо радіологам доводиться проводити диференційну діагностику між шовними кістками й переломами. Також шовні кістки можуть призводити до ускладнень при задніх і латеральних доступах до черепної порожнини, тому знання про їх наявність та частоту є важливим для нейрохірургів та радіологів. Ще однією клінічно важливою структурою науковці визначили персистентний метопічний шов, наявний у 0–7,4% різних популяцій, котрий може призводити до аномального розвитку лобних пазух. Метою дослідження названих авторів було визначити тривимірну морфологію та частоту всіх цих клінічно важливих структур у турецькій популяції за допомогою мультidetекторної КТ (МДКТ). У ретроспективне дослідження було включено 185 пацієнтів (109 чоловіків, 76 жінок) віком понад 22 роки, які пройшли дводжерельну МДКТ. Пацієнти з історією черепно-мозкових операцій і травм були виключені з дослідження. МДКТ-сканування проводилося на сканері Somatom Sensation 16, а комп'ютерні тривимірні реконструкції – на робочій станції Leonardo з використанням програмного забезпечення Syngo 2007. Результати дослідження показали, що серед 185 пацієнтів було 109 (58,9%) чоловіків та 76 (41,1%) жінок від 22 до 91 року з медіаною 62,7 року. Поширеність персистентного метопічного шву становила 8,1%, причому ця анатомічна варіація частіше спостерігалась у жінок (10,5%) порівняно з чоловіками (6,4%), хоча статистично значущої різниці між статями не було виявлено. Лямбда була морфологічно нормальною в 174 пацієнтів (94,1%), тоді як 11 пацієнтів мали варіації в цій ділянці, класифіковані на 5 типів (А-Е), найчастішим з яких був тип В. Вормієві кістки було виявлено з різною частотою в різних локалізаціях: лише в однієї жінки в лівому птеріоні, у одного чоловіка в брегмі, у 13 пацієнтів (7%) в правому астеріоні та у 19 пацієнтів (10,3%) – в лівому астеріоні. При цьому статистично значущих відмінностей між статями не було виявлено, як і зв'язку між віком та варіаціями. Особливу увагу привертає те, що співіснування параметрів було виявлено у 14 пацієнтів, а найпоширенішою комбінацією стало одночасне розташування вормієвих кісток у правому й лівому астеріонах, котре спостерігалось у 9 пацієнтів. Порівняння з результатами дослідження 302 черепів XVIII ст. показало як подібності, так і відмінності, котрі можуть пояснюватися тим, що черепи, представлені в музеях, не віддзеркалюють реальну популяцію, а також, можливо, зазнавали штучних деформацій. Загалом дослідження стало внеском у розуміння співіснування варіацій і доказом того, що тривимірні КТ-реконструкції є цінним інструментом для визначення морфологічних характеристик *in vivo* та можуть стати основою для подальших досліджень анатомічних варіацій черепа [1]. Це дослідження надає конкретні статистичні дані про частоту анатомічних варіацій у турецькій популяції. Його методологічна міцність забезпечена великою вибіркою й сучасними технологіями візуалізації, а

також порівнянням із даними XVIII ст., що дає змогу простежити еволюцію морфології черепа або методів дослідження. Створення популяційних норм необхідне для адекватної інтерпретації діагностичних зображень у клінічній практиці. Дослідження також є свідення того, наскільки важливими є етнічні анатомічні особливості для персоналізованої медицини.

К. Б. Пател, К. Елденіз, Г. Б. Сколнік, У. Джаммаламадака, П. К. Коммін, М. С. Гояль, М. Д. Сміт і Г. Ан для візуалізації кісток черепа в маленьких дітей на зображеннях, еквівалентних КТ, проте без опромінення пацієнтів, запропонували використовувати високороздільну швидку послідовність МРТ з низьким кутом нахилу й золотим кутом – 3D стек зіркоподібних радіальних об'ємних інтерпольованих зображень з затримкою дихання (GA-VIBE), яка є внутрішньо стійкою до руху та має покращений контраст між кісткою та м'якими тканинами. До дослідження було залучено пацієнтів до 11 років, які пройшли клінічне КТ-сканування голови з приводу краніосиностозу чи інших черепних мальформацій. 3D реконструйовані зображення, створені за допомогою послідовності GA-VIBE МРТ та стандартного КТ-сканування, були рандомізовані та представлені 3 сліпим рецензентам. Для всіх наборів зображень кожен рецензент відзначав наявність або відсутність шести основних черепних швів та записував за 5-бальною шкалою Лікєрта, чи рекомендують вони повторне сканування. 11 пацієнтів (медіана віку 1,8 року) пройшли МРТ після клінічного КТ-сканування голови. Троє клініцистів переглянули зображення, і повідомили про чітку візуалізацію областей інтересу в 99% КТ-оглядів та 96% МРТ-оглядів. При використанні КТ як стандарту, чутливість і специфічність послідовності GA-VIBE МРТ для виявлення закриття швів становили 97% та 96% відповідно (n = 198 прочитаних швів). Отже, було встановлено, що 3D реконструйовані зображення з використанням послідовності GA-VIBE порівняно з КТ-сканами створили клінічно прийнятні зображення, здатні виявляти черепні шви. Для ширшого клінічного використання було рекомендовано пошук способів скоротити час сканування, краще корегувати рухи та автоматизувати постобробку [12]. Робота має революційний потенціал для педіатричної практики, адже в ній, із підкріпленням сліпим дизайном та використанням стандартизованих шкал оцінки, запропоновано альтернативу КТ без іонізуючого випромінювання. Високі показники чутливості й специфічності, яких вдалося досягти, засвідчили клінічну придатність методу, що особливо важливо під час застосування для діагностики маленьких дітей. З іншого боку, невелика вибірка пацієнтів указує на необхідність подальшої оптимізації протоколу сканування.

Дж. Шредер, К. Гілспі, М. Браун, Ш. С. Ганапаті поставили за мету дослідження оцінити надійність МРТ порівняно з КТ для оцінки черепних швів у дітей. Вони вивчали матеріали про 500 послідовних пацієнтів, які пройшли МРТ та КТ з інтервалом не більше, ніж 3 місяці. Всі МРТ-дослідження переглянув нейрорадіолог-педіатр, котрий визначав, чи були сагітальний, корональний і лямбдоподібний шви відкриті, зрощені, чи не могли бути оцінені впевнено. Результати МРТ порівнювалися за КТ для визначення точності МРТ в оцінюванні швів. Середній вік досліджуваних дітей становив 8,54 року. Сагітальний шов на МРТ було видно у 72%. Коли сагітальний шов був видний, його правильно ідентифікували в 98% як зрощений або відкритий. Лямбдоподібний шов спостерігався у 94,3% і був правильно визначений як відкритий або зрощений у 99,6%. Корональний шов спостерігався в 66,3% і, коли був видний, завжди (100%) правильно визначався. Ймовірність збігу між МРТ й КТ зростала з віком. Хибно негативні та позитивні результати залишалися низькими для всіх вікових груп. Тож науковці визнали МРТ життєздатним інструментом для виявлення черепних швів, особливо в тривимірній T1-зваженій послідовності. Хоча видимість швів поступається КТ-скануванню, саме МРТ-дослідження було запропоновано як частину рутинного педіатричного спостереження [15]. Це масштабне дослідження з високими показниками правильної ідентифікації надає надійну доказову базу для клінічного застосування МРТ для оцінки черепних швів. Особливо цінним є виявлення

залежності точності діагностики від віку, що має практичне значення для планування обстежень. Важливим, особливо в педіатрії, є баланс між безпекою (відсутність радіації) й діагностичною точністю, тож надані в статті рекомендації щодо включення МРТ в рутинне спостереження можуть суттєво змінити стандарти медичної допомоги дітям.

Х. Сасані, С. Тюфекчі й А. Гаксаяр провели ретроспективне морфометричне дослідження 182 дітей до двох років, використовуючи КТ для точної оцінки розмірів і термінів закриття переднього тім'ячка. Результати показали, що його медіанний поперечний діаметр становив 29,75 мм, передньо-задній діаметр – 27,25 мм, а медіанна площа становила 400 мм<sup>2</sup>. Ці показники демонструють значну індивідуальну варіабельність, що є нормою. Особливо цікавими виявилися дані щодо термінів закриття переднього тім'ячка в турецької популяції Балкан: лише в 1% дітей тім'ячко закривається до трьох місяців, у 38% – до 12 місяців, і у 96% – до 24 місяців. Те, що в 14,3% дітей віком 19–24 місяці переднє тім'ячко залишалося відкритим, указує на можливість нормального закриття навіть після дворічного віку. Паралельно дослідники проаналізували динаміку закриття черепних швів. Метопічний шов виявився таким, що закривається найшвидше: у 10% дітей він був закритий уже в перші три місяці життя, у 74,3% – у 7–9 місяців, і у 100% випадків – до 19–24 місяців. Інші черепні шви закриваються значно пізніше: сагітальний шов – зазвичай приблизно у 22 роки, корональний – у близько 24 років, а потиличний та лускуватий – у 26 і 60 років відповідно. Було виявлено, що в турецької популяції тім'ячко може закриватися дещо пізніше порівняно з деякими іншими етнічними групами. Тож загалом дослідження підкреслює необхідність індивідуального підходу до оцінки розвитку дитини та важливість урахування етнічних особливостей при встановленні норм фізичного розвитку. Результати також демонструють, що використання КТ забезпечує точнішу морфометричну оцінку порівняно з традиційними методами фізикального обстеження, що може бути корисним у складних діагностичних випадках [13]. В праці надаються конкретні нормативні показники для оцінки розвитку дітей, засновані на надійній для висновків про нормальні варіації статистичній базі. Важливо, що дослідження спростовує деякі традиційні уявлення про «стандартні» терміни закриття тім'ячка й містить докази методологічної переваги КТ над фізикальним обстеженням у точності вимірювань.

**Висновки.** З середини 1980-х рр. КТ стала переломним моментом у дослідженні черепних швів, подолавши обмеження сцинтиграфії кісток та усунувши необхідність вводити пацієнтам радіонукліди. КТ швидко посіла місце технології для найкращої візуалізації кісткової анатомії, проте згодом радіологічні дослідження швів було визнано надлишковими у більшості випадків завдяки досягненням у хірургічному лікуванні краніосиностозу. Систематичні дослідження 1990-х – початку 2000-х рр. встановили КТ як золотий стандарт візуалізації черепних швів. Щодо другого десятиліття XXI ст., цей період характеризувався розробкою оптимальних технічних параметрів сканування й створенням перших нормативних баз даних для педіатричної практики, що заповнило критичну прогалину в стандартизації діагностики.

Розвиток мікро-КТ технологій відкрив нові можливості дослідження ультраструктури швів, оскільки дав змогу забезпечити неруйнівний аналіз на мікроскопічному рівні. Водночас усе більше занепокоєння щодо радіаційного навантаження стимулювало пошук альтернатив у формі МРТ, яка поступово еволюціонувала від експериментального методу до клінічно прийнятної для діагностики.

Останні дослідження вказують на те, що відбувається перехід від виключного використання КТ до збалансованого підходу, де МРТ розглядається як перспективна альтернатива для рутинного спостереження, особливо в педіатрії, що віддзеркалює загальну тенденцію сучасної медицини до мінімізації радіаційного впливу на пацієнтів.

З іншого боку, на межі 2010-х і 2020-х рр., спираючись на здобутки попередників, за допомогою КТ і МРТ науковці починають досліджувати переважно патології черепних швів. Огляд цих праць є перспективою подальшого дослідження.

**Література**

1. Çalışkan S., Oğuz K. K., Tunali S., Aldur M. M., Erçakmak B., Sargon M. F. Morphology of Cranial Sutures and Radiologic Evaluation of the Variations of Intersutural Bones // *Folia Morphologica*. 2018. Vol. 77. Issue 4. P. 730–735. DOI: 10.5603/FM.a2018.0030
2. Corega C., Vaida L., Băciuț M., Șerbănescu A., Palaghiță-Banias L. Three-Dimensional Cranial Suture Morphology Analysis // *Romanian Journal of Morphology and Embryology*. 2010. № 51 (1). P. 123–127.
3. Cotton F., Rozzi F., Vallée B., Pachai C., Hermier M., Guihard-Costa A., Fromen J. Cranial Sutures and Craniometric Points Detected on MRI // *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2005. № 27. P. 64–70. DOI:10.1007/s00276-004-0283-6
4. Di Leva, A, Bruner, E., Davidson, J., Pisano, P., Haider, T., Stone, S. S., Cusimano, M. D., Tschabitscher, M. & Grizzi F. (2013). Cranial Sutures: a Multidisciplinary Review. *Child's Nervous System*, 29 (6), 893–905. DOI 10.1007/s00381-013-2061-4
5. Eley K. A., Sheerin F., Taylor N., Watt-Smith S. R., Golding S. J. Identification of Normal Cranial Sutures in Infants on Routine Magnetic Resonance Imaging // *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2013. № 24 (1). P. 317–320. DOI: 10.1097/SCS.0b013e318275edee
6. Frassanito P., Di Rocco C. Depicting Cranial Sutures: A Travel into the History // *Child's Nervous System*. 2011. Vol. 27. P. 1181–1183
7. Furuya Y., Edwards M. S. B., Alpers Ch. E., Tress B. M., Ousterhout D. K., Norman D. Computerized Tomography of Cranial Sutures. Part 1: Comparison of Suture Anatomy in Children and Adults // *Journal of Neurosurgery*. 1984. Vol. 61. Issue 1. P. 53–58. <https://doi.org/10.3171/jns.1984.61.1.0053>
8. Gufler H., Preiß M., Koesling S. Visibility of Sutures of the Orbit and Periorbital Region Using Multidetector Computed Tomography // *Korean Journal of Radiology*. 2014. № 15 (6). P. 802–809. DOI: 10.3348/kjr.2014.15.6.802
9. Idriz S., Patel J. H., Renani S. A., Allan R., Vlahos I. CT of Normal Developmental and Variant Anatomy of the Pediatric Skull: Distinguishing Trauma from Normality // *RadioGraphics*. 2015. Vol. 35. № 5. <https://doi.org/10.1148/rg.2015140177>
10. Mitchell L. A., Kitley C. A., Armitage T. L., Krasnokutsky M. V., Rooks V. J. Normal Sagittal and Coronal Suture Widths by Using CT Imaging // *American Journal of Neuroradiology*. 2011. № 32 (10). P. 1801–1805. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2673>
11. Nikolova S., Toneva D., Georgiev I., Harizanov S., Zlatareva D., Hadjidekov V., Lazarov N. A CT-Study of the Cranial Suture Morphology and Its Reorganization during the Obliteration // *Collegium Antropologicum*. 2017. Vol. 41. № 2. P. 125–131.
12. Patel K. B., Eldeniz C., Skolnick G. B., Jammalamadaka U., Commean P. K., Goyal M. S., Smyth M. D., An H. 3D Pediatric Cranial Bone Imaging Using High-Resolution MRI for Visualizing Cranial Sutures: a Pilot Study // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2020. Vol. 26. Issue 3. P. 311–317. <https://doi.org/10.3171/2020.4.PEDS20131>
13. Sasani H., Tüfekci S., Haksayar A. A Morphometric Evaluation of Anterior Fontanel and Cranial Sutures in Infants Using Computed Tomography // *Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2022. Vol. 39. Issue 2. P. 321–326.
14. Sherick D. G., Buchman S. R., Goulet R. W., Goldstein S. A. A New Technique for the Quantitative Analysis of Cranial Suture Biology // *Cleft Palate Craniofac Journal*. 2000. Vol. 37. Issue 1. P. 5–11. [https://doi.org/10.1597/1545-1569\\_2000\\_037\\_0005\\_antftq\\_2.3.co](https://doi.org/10.1597/1545-1569_2000_037_0005_antftq_2.3.co)
15. Sreedher G., Gillespie C., Brown M., Ganapathy Sh. S. Cranial Suture Evaluation on Routine Pediatric MRI // *Current Problems in Diagnostic Radiology*. Vol. 50. Issue 5. 2021. P. 650–655.
16. Weinzweig J., Kirschner R. E., Farley A., Reiss Ph., Hunter J., Whitaker L. A., Bartlett S. P. Metopic Synostosis: Defining the Temporal Sequence of Normal Suture Fusion and Differentiating It from Synostosis on the Basis of Computed Tomography Images // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2003. № 112 (5). P. 1211–1218. DOI: 10.1097/01.PRS.-0000080729.28749.A3

### References

1. Çalıřkan, S., Ođuz, K. K., Tunalı, S., Aldur, M. M., Erçakmak, B. & Sargon, M. F. (2018). Morphology of Cranial Sutures and Radiologic Evaluation of the Variations of Intersutural Bones. *Folia Morphologica*, 77 (4), 730–735. DOI: 10.5603/FM.a2018.0030 [in English].
2. Corega, C., Vaida, L., Băciuț, M., Șerbănescu, A. & Palaghiță-Banias, L. (2010). Three-Dimensional Cranial Suture Morphology Analysis. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, 51 (1), 123–127 [in English].
3. Cotton, F., Rozzi, F., Vallée, B., Pachai, C., Hermier, M., Guihard-Costa, A. & Fromen, J. (2005). Cranial Sutures and Craniometric Points Detected on MRI. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 27, 64–70. DOI: 10.1007/s00276-004-0283-6 [in English].
4. Di Leva, A., Bruner, E., Davidson, J., Pisano, P., Haider, T., Stone, S. S., Cusimano, M. D., Tschabitscher, M. & Grizzi F. (2013). Cranial Sutures: a Multidisciplinary Review. *Child's Nervous System*, 29 (6), 893–905. DOI 10.1007/s00381-013-2061-4 [in English].
5. Eley, K. A., Sheerin, F., Taylor, N., Watt-Smith, S. R. & Golding, S. J. (2013). Identification of Normal Cranial Sutures in Infants on Routine Magnetic Resonance Imaging. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 24 (1), 317–320. DOI: 10.1097/SCS.0b013e318275edee [in English].
6. Frassanito, P. & Di Rocco, C. (2011). Depicting Cranial Sutures: A Travel into the History. *Child's Nervous System*, 27, 1181–1183 [in English].
7. Furuya, Y., Edwards, M. S. B., Alpers, Ch. E., Tress, B. M., Ousterhout, D. K. & Norman, D. (1984). Computerized Tomography of Cranial Sutures. Part 1: Comparison of Suture Anatomy in Children and Adults. *Journal of Neurosurgery*, 61 (1), 53–58. DOI: 10.3171/jns.1984.61.1.0053 [in English].
8. Gufler, H., Preiř, M. & Koesling, S. (2014). Visibility of Sutures of the Orbit and Periorbital Region Using Multidetector Computed Tomography. *Korean Journal of Radiology*, 15 (6), 802–809. DOI: 10.3348/kjr.2014.15.6.802 [in English].
9. Idriz, S., Patel, J. H., Renani, S. A., Allan, R. & Vlahos, I. (2015). CT of Normal Developmental and Variant Anatomy of the Pediatric Skull: Distinguishing Trauma from Normality. *RadioGraphics*, 35 (5). DOI: 10.1148/rg.2015140177 [in English].
10. Mitchell, L. A., Kitley, C. A., Armitage, T. L., Krasnokutsky, M. V. & Rooks, V. J. (2011). Normal Sagittal and Coronal Suture Widths by Using CT Imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 32 (10), 1801–1805. DOI: 10.3174/ajnr.A2673 [in English].
11. Nikolova, S., Toneva, D., Georgiev, I., Harizanov, S., Zlatareva, D., Hadjidekov, V. & Lazarov, N. (2017). A CT-Study of the Cranial Suture Morphology and Its Reorganization during the Obliteration. *Collegium Antropologicum*, 41 (2), 125–131 [in English].
12. Patel, K. B., Eldeniz, C., Skolnick, G. B., Jammalamadaka, U., Commean, P. K., Goyal, M. S., Smyth, M. D. & An, H. (2020). 3D Pediatric Cranial Bone Imaging Using High-Resolution MRI for Visualizing Cranial Sutures: a Pilot Study. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 26 (3), 311–317. DOI: 10.3171/2020.4.PEDS20131 [in English].
13. Sasani, H., Tüfekci, S. & Haksayar, A. (2022). A Morphometric Evaluation of Anterior Fontanel and Cranial Sutures in Infants Using Computed Tomography. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 39 (2), 321–326 [in English].
14. Sherick, D. G., Buchman, S. R., Goulet, R. W. & Goldstein, S. A. (2000). A New Technique for the Quantitative Analysis of Cranial Suture Biology. *Cleft Palate Craniofac Journal*, 37 (1), 5–11. DOI: 10.1597/1545-1569\_2000\_037\_0005\_antftq\_2.3.co [in English].
15. Sreedher, G., Gillespie, C., Brown, M. & Ganapathy, Sh. S. (2021). Cranial Suture Evaluation on Routine Pediatric MRI. *Current Problems in Diagnostic Radiology*, 50 (5), 650–655 [in English].
16. Weinzeig, J., Kirschner, R. E., Farley, A., Reiss, Ph., Hunter, J., Whitaker, L. A. & Bartlett, S. P. (2003). Metopic Synostosis: Defining the Temporal Sequence of Normal Suture Fusion and Differentiating It from Synostosis on the Basis of Computed Tomography Images. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 112 (5), 1211–1218. DOI: 10.1097/01.PRS.0000080729.28749.A3 [in English].

**Mkhitaryan L.**

doctor of medical sciences, professor,  
Professor of the Department of Biology  
Mykola Gogol Nizhyn State University  
laurasmkhitaryan@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-2347-0107

**Kuchmenko O.**

doctor of biological sciences, professor,  
Head of the Department of Biology,  
Mykola Gogol Nizhyn State University  
kuchmeb@yahoo.com  
orcid.org/0000-0002-3021-8583

**Havii V.**

candidate of biological sciences, associate professor,  
Associate Professor of the Department of Biology  
Mykola Gogol Nizhyn State University  
gaviyv@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-2804-0456

**REVIEW OF RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF MAGNETIC  
RESONANCE IMAGING FOR HUMAN SKULL MEASUREMENT**

*The article aims to trace the establishment and evolution of research using computed tomography and magnetic resonance imaging for studying the normal morphology and development of cranial sutures. It was established that in the mid-1980's, the advent of computed tomography became a turning point in cranial suture research, overcoming the limitations of bone scintigraphy and eliminating the need to administer radionuclides to patients. Computed tomography quickly took its place as the technology for optimal visualization of bone anatomy; however, radiological examination of sutures was later recognized as redundant in most cases due to advances in surgical treatment of craniosynostosis. Systematic studies from the 1990's to the early 2000's established CT as the gold standard for cranial suture imaging. Regarding the second decade of the 21<sup>st</sup> century, this period was characterized by the development of optimal technical scanning parameters and the creation of the first normative databases for pediatric practice, which filled a critical gap in diagnostic standardization. With the development of micro-computed tomography technology, new opportunities opened up for studying suture ultrastructure, as it enabled non-destructive analysis at the microscopic level. Simultaneously, growing concerns about radiation exposure stimulated the search for alternatives in the form of magnetic resonance imaging, which gradually evolved from an experimental method to a clinically acceptable one for diagnostics. Recent studies indicate that a transition is occurring from exclusive use of computed tomography to a balanced approach, where magnetic resonance imaging is considered a promising alternative for routine monitoring, especially in pediatrics, reflecting the general trend in modern medicine toward minimizing radiation exposure to patients. On the other hand, at the turn of the 2010s and 2020s, building on the achievements of predecessors, researchers began to predominantly investigate cranial suture pathologies using CT and MRI. A review of these works represents a prospect for further research.*

***Key words:** craniotomy, skull, morphology, physical anthropology, magnetic resonance imaging, computerized tomography, cranial suture.*

**Стаття до редакції надійшла 03.09.2025 року  
Рецензія на статтю надійшла 18.09.2025 року**