

## ABSTRACT

Anastasiya P. Denysenko,  
Roman A. Moskalenko,

*Department of Pathological  
Anatomy, Sumy State University,  
Sumy, Ukraine*

## BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THE SCIENTIFIC LITERATURE ON MENINGIOMAS WITH CALCIFICATION

Meningiomas are the most common non-gliar tumours of the central nervous system characterized by pathological biomineralization. The work aimed to conduct bibliometric analysis and systematize data on the prevalence, etiology, morphology and main trends in the study of meningiomas with calcification.

The authors searched for information on meningiomas in electronic databases such as PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar for the past 25 years by the key terms such as meningiomas, calcifications, and psammoma bodies. For bibliometric analysis, the authors used an online platform to monitor and analyze international research using visualization tools and modern citation metrics SciVal (Scopus) and a tool for building and visualizing bibliometric networks VOSviewer.

Pathological biomineralization is manifested through the formation of psammoma bodies, and the main mineral component is calcium hydroxyapatite. Although calcification is likely to play a protective role and be a favourable prognostic feature, it should be considered when choosing surgical tactics. There is also the problem of closing the defects of the dura mater with the help of biological and synthetic transplants.

According to the bibliometric analysis of scientific literature on meningiomas and the phenomena of pathological biomineralization in them, we found that the number of publications on this topic had increased significantly over the past five years, the leading countries of origin are the United States, Japan and China. When researching the array of Scopus database publications using SciVal tools, the problem of meningioma calcification was divided into 61 topics and 24 thematic clusters, the vast majority of which belonged to medicine and biology and materials science.

According to the results of bibliometric analysis of 678 publications in the Scopus database by keywords "calcification" and "meningioma", they can be divided into seven thematic clusters and four chronological stages. Despite the prevalence of meningioma calcification, there is currently no fundamental idea of the etiology and pathogenesis of this process. Studying the morphological features of meningiomas with calcification can help improve the diagnosis and treatment of the central nervous system tumours.

**Keywords:** meningioma, calcification, biomineralization, psammoma bodies, dura mater.

**Corresponding author:** Roman A. Moskalenko, Department of Pathological Anatomy, Sumy State University, Sumy, Ukraine

e-mail: [r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua](mailto:r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua)

## РЕЗЮМЕ

Анастасія П. Денисенко,  
Роман А. Москаленко,

Кафедра патологічної анатомії,  
Сумський державний університет,  
м. Суми, Україна

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ  
ПРО МЕНІНГІОМИ З КАЛЬЦИФІКАЦІЄЮ

Менінгіоми – це найпоширеніші неглиальні пухлини центральної нервової системи, для яких характерна патологічна біомінералізація. Метою роботи було провести бібліометричний аналіз та систематизувати дані щодо поширення, етіології, морфології та основних трендів дослідження менінгіом з явищами кальцифікації.

Автори провели пошук інформації щодо менінгіом в електронних базах даних, таких як PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, за останні 25 років за такими ключовими термінами, як менінгіоми, кальцифікація, псамомні тільця. Для бібліометричного аналізу застосовувалися онлайн-платформа для моніторингу та аналізу міжнародних наукових досліджень з використанням інструментів візуалізації та сучасних метрик цитування SciVal (Scopus) та інструмент для побудови та візуалізації бібліометричних мереж VOSviewer.

Патологічна біомінералізація проявляється у формуванні псамомних тілець, основним мінеральним компонентом яких є кальцію гідроксиапатит. Хоча кальцифікація, ймовірно, виконує захисну роль та є позитивною прогностичною ознакою, на неї необхідно зважати під час вибору хірургічної тактики. Також постає проблема закриття дефектів твердої мозкової оболонки за допомогою біологічних та синтетичних трансплантантів.

Згідно проведеного бібліометричного аналізу наукових літературних джерел про менінгіоми та явища патологічної біомінералізації в них, було встановлено, що за останні 5 років значно збільшилась кількість публікацій із зазначеної тематики, основними країнами походження наукових досліджень є Сполучені Штати Америки, Японія та Китай. При дослідженні масиву публікацій бази даних Scopus інструментами сервісу SciVal за ключовими словами проблема кальцифікації менінгіом розподіляється на 61 тему та 24 тематичні кластери, переважна більшість яких належить до сфери медицини, а поодинокі до біології та матеріалознавства.

За результатами бібліометричного аналізу 678 публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «кальцифікація» та «менінгіома» їх можна розподілити на 7 тематичних кластерів та 4 хронологічні етапи. Незважаючи на поширеність кальцифікації менінгіом, на сьогоднішній день відсутнє фундаментальне уявлення про етіологію та патогенез даного процесу. Вивчення морфологічних особливостей менінгіом із кальцифікацією може допомогти покращити діагностику та лікування новоутворень центральної нервової системи.

**Ключові слова:** менінгіома, кальцифікація, біомінералізація, псамомні тільця, тверда мозкова оболонка.

**Автор, відповідальний за листування:** Роман А. Москаленко, кафедра патологічної анатомії, Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
e-mail: [r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua](mailto:r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua)

**How to cite/ Як цитувати статтю:** Denysenko AP, Moskalenko RA. [Bibliometric analysis of the scientific literature on meningiomas with calcification]. *EUMJ*. 2022;10(1):98-108

DOI: [https://doi.org/10.21272/eumj.2022;10\(1\):98-108](https://doi.org/10.21272/eumj.2022;10(1):98-108)

## INTRODUCTION/ВСТУП

Менінгіоми – це найпоширеніші негліальні пухлини центральної нервової системи (ЦНС). Вони можуть локалізуватися на основі черепа, вздовж серпа мозку та намету мозочка, а також навколо півкуль головного мозку. Хоча ці новоутворення походять з клітин павутинної мозкової оболонки, вони зазвичай прикріплюються на широкій основі до твердої мозкової оболонки, що зумовлює їх кулясту або напівкулясту форму. Також були описані бляшкоподібні менінгіоми, що характеризуються інфільтративним ростом [1–3].

Було досліджено велику кількість факторів ризику розвитку первинних пухлин ЦНС. Серед них достовірними для менінгіом виявились іонізуюче випромінювання та наявність пухлини у близького члена родини (батьків, братів та сестер, дітей) [4].

Окрім того, менінгіоми займають перше місце серед вторинних пухлин головного мозку, що виникають після променевої терапії черепа. Отже, якщо для лікування первинного вогнища в ЦНС застосовується іонізуюче випромінювання, необхідно зважати на ризик виникнення вторинних менінгіом та проводити довготривале спостереження за даними пацієнтами [5, 6].

**Мета:** бібліометричний аналіз та систематизація даних щодо поширення, етіології, морфології та основних трендів дослідження менінгіом з явищами кальцифікації.

**Матеріали та методи:** автори провели пошук інформації щодо менінгіом в електронних базах даних, таких як PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, за останні 25 років за такими ключовими термінами, як менінгіоми, кальцифікація, псамомні тільця. Для бібліометричного аналізу застосовувалися онлайн-платформа для моніторингу та аналізу міжнародних наукових досліджень з використанням інструментів візуалізації та сучасних метрик цитування SciVal (Scopus) та інструмент для побудови та візуалізації бібліометричних мереж VOSviewer.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### Поширеність, класифікація та клінічні прояви менінгіом

Менінгіоми становлять 37,6 % від усіх пухлин ЦНС та виявляються з частотою 8,83 випадки на 100 000 населення. Вони в 19 разів частіше локалізуються в оболонках головного мозку, ніж спинного. Менінгіоми діагностуються у жінок у 2,32 рази частіше, причому кількість

випадків зростає з віком (у середньому 65,5 років). Більшість менінгіом гістологічно відносять до доброякісних (80,5 %), тоді як решта демонструє ознаки атипізму (17,7 %) та злоякісності (1,7 %). Десятирічна виживаність для пацієнтів зі злоякісними менінгіомами складає 61,7 %, а з доброякісними – 83,7 % [7].

Незважаючи на те, що менінгіоми більш характерні для людей похилого віку, вони зустрічаються і у дітей (< 1 % від усіх менінгіом). Дитячі менінгіоми відрізняються більш агресивною поведінкою та рівномірним співвідношенням між хлопчиками та дівчатками, а спинномозкова локалізація спостерігається в 3 рази частіше, ніж у дорослих та становить 10 % від усіх пухлин ЦНС у дітей [8–10].

Незважаючи на частоту виявлення менінгіом, кожен окремий випадок часто викликає труднощі ще з моменту діагностики та класифікації. ВООЗ розподіляє менінгіоми за трьома ступенями злоякісності (доброякісні, атипові, злоякісні), а також виділяє 15 гістологічних підтипів, серед яких – 9 відносяться до доброякісних (менінготеліальний, фіброзний, перехідний, псамоматозний, ангіоматозний, мікрокістозний, секреторний, з вираженою лімфо-плазмоцитарною інфільтрацією та метапластичний), 3 до атипових (хордоїдний, світлоклітинний та атиповий) та 3 до злоякісних (папілярний, рабдоїдний та анапластичний) [11].

Клінічно пухлини оболонок головного мозку можуть проявляти себе головним болем, епілепсією, розладами поведінки та іншими неврологічними та когнітивними порушеннями [12]. Спинномозкові менінгіоми зазвичай маніфестують раніше внутрішньочерепних через анатомічні особливості (внутрішньоспинномозковий простір значно менший внутрішньочерепного) та можуть проявлятися відповідно до локалізації неврологічними порушеннями в кінцівках, проблемами з сечовипусканням та дефекацією [13, 14]. Більшість менінгіом перебігає безсимптомно та виявляється випадково за допомогою сучасних методів нейровізуалізації або під час аутопсії [15, 16].

Проте існує значна кількість патологій твердої мозкової оболонки, що можуть імітувати менінгіоми під час рентгенологічних досліджень, у тому числі метастази інших пухлини (гліобластома, меланоцитарні пухлини), гранулематозні захворювання (туберкульоз, саркоїдоз), лімфорпроліферативні та аутоімунні захворювання [17–19].

### Морфологічна діагностика та лікування менингіом

Зазвичай менингіоми відносяться до доброякісних новоутворень із експансивним характером росту. Пухлинний вузол, пов'язаний із твердою мозковою оболонкою, утворює нішу у мозковій речовині та відокремлюється від неї капсулою, що утворюється з тканин м'якої оболонки та сполучнотканинних волокон. Значно рідше менингіоми типової структури із повільним злякисним ростом проростають у мозкову речовину у вигляді пологих або язикоподібних виступів. Іноді вони також проростають в кістки черепа по гаверсовим каналам. Позачерепні метастази спостерігаються вкрай рідко [2].

Розглянемо декілька найпоширеніших гістологічних підтипів доброякісних менингіом. Для менинготеліального варіанту характерні однотипні ендотеліальні клітини середньої величини, морфологічно дуже близькі до ендотелію мозкових оболонок. Клітини овальної або полігональної форми, які тісно прилягають одна до одної. Ядра округло-овальної форми, ядрця невеликі з нечіткими контурами. Мітози спостерігаються рідко, колагенові та аргірофільні волокна відсутні. Строма в деяких випадках невиражена (представлена кровоносними судинами та сполучною тканиною), а в інших характеризується утворенням неповних перетинок зі сполучнотканинних волокон, за рахунок чого пухлина приймає альвеолярний вид [20].

Також характерною, хоча і непостійною, ознакою для менингіом взагалі є ділянки зі своєрідним концентричним розташуванням сплосчених пухлинних клітин, що нагадують поперечний розріз цибулини. Їх розмір коливається від 20 до 100  $\mu$  – відповідно розрізняють дрібні та великі концентричні структури [21].

Псамоматозні менингіоми характеризуються великою кількістю «менингеальних піщинок» – псамомних тілець («psammos» – з грец. пісок). Це відносно великі округлі утворення, часто шаруватої структури. Вони значно відрізняються від більш дрібних включень в нейроектодермальних пухлинах. Невелика кількість псамомних тілець може зустрічатися в менингіомах будь-якого підтипу та слугує їх характерною ознакою. Одночасно з ними можна спостерігати гіаліноподібні кулі, що мають схожу структуру, проте без або з частковою кальцифікацією [22].

У випадку фібробластичного підтипу пухлинна тканина складається із фібробластоподібних витягнутих клітин, які розташовуються пара-

лельно і утворюють пучки, що вигинаються та переплітаються між собою в різних напрямках. Ядра середньої величини, овальної або витягнутої форми із заокругленими кінцями. Між пухлинними клітинами розташовуються в різній кількості аргірофільні волокна, що іноді частково піддаються колагенізації (можна спостерігати при забарвленні пікрофуксином) [23].

Ангіоматозні менингіоми характеризуються великою кількістю кровоносних судин. У різних комбінаціях можна спостерігати тонкостінні синусоїди з широкими просвітами, багаточисленні судини невеликого калібру з товстими, фіброзними або гіалінізованими стінками; а також численні прекапіляри та капіляри. Таким чином, даний підтип нагадує судинну пухлину, але містить характерні для менингіом ділянки, що дозволяє його відрізнити від ангіоми та ангіоретикуломи [24].

В атипичних менингіомах поруч із ділянками звичайної для менингіом тканини можна спостерігати вогнища щільно розташованих дедиференційованих дрібних клітин, бідних на протоплазму з округлими або поліморфними витягнутими гіперхромними ядрами. В інших випадках наявні великі одноядерні або гігантські багатоядерні клітини. Іноді зустрічаються множинні дрібні вогнища некрозу. Характер росту даних пухлин інфільтративний або інфільтративно-експансивний із вузькою зоною інфільтрації; темп розвитку дещо швидший, ніж у типових менингіом [25].

Для злякисних менингіом характерний інфільтративний характер росту. При проростанні у мозкову речовину спостерігається її значна деструкція та відсутність капсули. Темп росту доволі швидкий (клінічно – від декількох місяців до року). Після оперативного видалення пухлина часто рецидивує. Іноді можна спостерігати метастази лімфогенним шляхом, дуже рідко – позачерепні метастази. Атипізм клітин проявляється у переважанні мономорфних дрібних клітин із незначною кількістю протоплазми та невеликими гіперхромними ядрами. Спостерігається грубі гіалінізовані балки та поширені або множинні дрібні вогнища некрозу [26].

Хоча більшість менингіом діагностується за допомогою характерної локалізації та рутинного забарвлення гематоксиліном-еозином, різноманітність гістологічних підтипів зумовлює необхідність диференційної діагностики. В одній і тій самій менингіомі часто спостерігаються структури, характерні одразу для декількох підтипів. У

такому випадку пухлини відносять до того підтипу, структури якого переважають [27].

У диференційній діагностиці може допомогти імуногістохімічне дослідження. Оскільки для менингіом характерні епітеліоїдний та мезенхімальний фенотипи, буде спостерігатися експресія епітеліально-мембранного антигену та віментину. Менингіоми, як правило, негативні по відношенню до цитокератинів (окрім секреторного підтипу) та S100 [28].

Ще одною властивістю даних пухлин є ядерна експресія рецептора прогестерону. Не зважаючи на те, що вона обернено пропорційна ступеню диференціації, важко зробити достовірні прогностичні висновки базуючись лише на результатах імуногістохімічного дослідження. На основі жіночої схильності, збільшення розмірів пухлин під час вагітності та експресії рецепторів прогестерону були висунуті гіпотези про роль гормонів у патогенезі менингіом. Дані маркери найчастіше застосовуються для діагностики, проте мають неоптимальну чутливість і специфічність [29–30].

Ще одним описаним антигеном, який експресується в менингіомах, є рецептор соматостатину 2а. Моноклональне антитіло до нього має більш високу чутливість та специфічність за інші маркери. Отже, воно може бути корисним при диференційній діагностиці зі шванномами, солітарними фіброзними пухлинами та іншими новоутвореннями ЦНС [31–34].

Також деякі дослідники припускають прогностичну значимість використання Ki-67 під час діагностики менингіом та рекомендують ретельне спостереження за пацієнтами, у яких експресія даного маркера більше 4 % [35–37].

Першою лінією лікування для всіх менингіом є хірургічне втручання. Однак, якщо клінічна ситуація дозволяє (вперше виявлені пухлини до 2,5 см без неврологічної симптоматики), можна розглянути вичікувальну стратегію за умов регулярного клінічного та рентгенологічного контролю [38].

Під час збору анамнезу необхідно з'ясувати чи не вживає пацієнт гормональних ліків (наприклад, ципротерону ацетат), які іноді призначаються при лікуванні гірсутизму, акне, себореї та облисіння. У таких випадках буває достатньо відміни гормонального лікування для стабілізації або навіть зменшення розмірів пухлини [39].

Для менингіом I ступеня зазвичай достатньо повної хірургічної резекції, в той час як пухлини II та III ступеня додатково потребують ад'ювантної променевої терапії та хімотерапії.

Також проводяться дослідження щодо перспектив таргетної терапії даних новоутворень [40].

#### **Біомінералізація у менингіомах**

Явище патологічної біомінералізації є однією із особливостей менингіом. При внутрішньочерепній локалізації кальцифікація спостерігається у 20–25 % випадків, а при спинномозковій у 1–5 % [41, 42].

На даний час немає однозначної думки про походження та біологічне значення кальцифікації пухлин мозкових оболонок. Є припущення, що вона пов'язана з дистрофічною кальцифікацією в процесі дегенерації пухлинних клітин та слугує бар'єром проти подальшого поширення пухлини, а тому є позитивним прогностичним маркером [21].

Виділяють три типи кальцифікації: тотальна, пластинчаста та псамоматозна. Остання спостерігається найчастіше та проявляється формуванням псамомних тілець [22, 43]. За класифікацією ВООЗ кальцифіковані (псамоматозні) менингіоми відносять до доброякісних, їх ріст зазвичай повільний, перебіг безсимптомний, а маніфестація відбувається при великих розмірах [44].

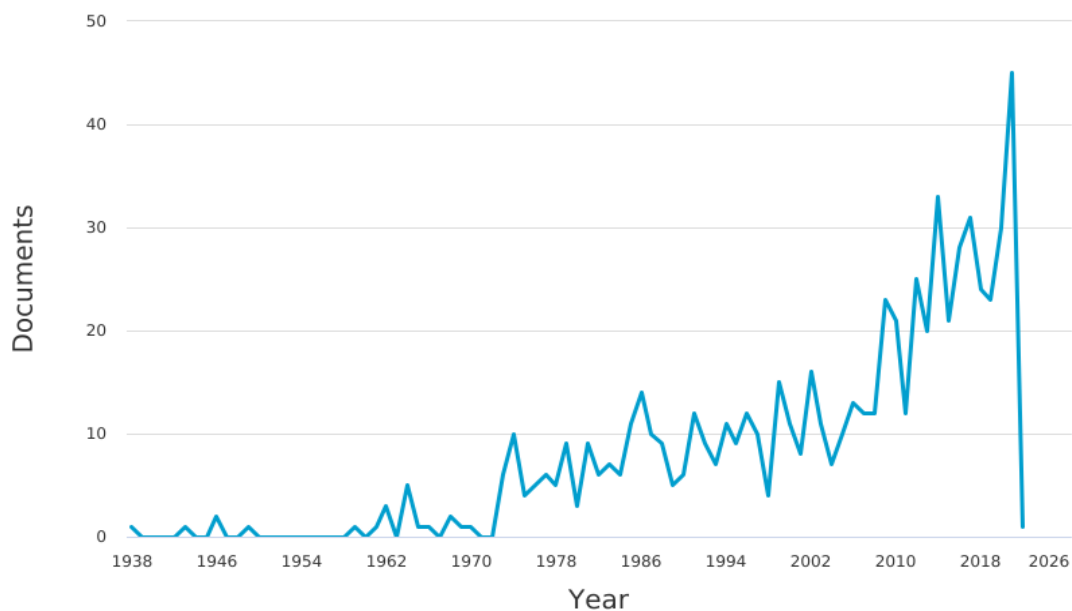
Псамомні тілця можна спостерігати під час забарвлення тканини менингіоми гематоксилін-еозином всередині концентричних структур. Вони часто асоціюються із уламками клітин та вогнищами некрозу, а також колагеновими волокнами. За допомогою рентгеноструктурного аналізу, сканувальної та просвічуючої електронної мікроскопії, енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії та Раман-спектроскопії було виявлено, що основним мінеральним компонентом псамомних тілець є кристали гідроксиапатиту кальцію  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  [45].

Хірургічна тактика при кальцифікованих менингіомах може відрізнитися від класичної, оскільки вони потребують додаткового часу, зумовлюють більшу крововтрату та довший післяопераційний період [46, 47]. У випадках рецидивів розглядається можливість повторної резекції, хоча променева терапія, особливо стереотаксична радіохірургія, також можуть бути ефективними [48].

Після хірургічної резекції пухлин ЦНС утворюється дефект твердої мозкової оболонки та постає проблема його реконструкції для зменшення ризику витоку ліквору та інших ускладнень. Використання аутотрансплантатів відносно просте та безпечне, проте неможливе при дефектах великих розмірів та потребує додаткової операції. При використанні твердої мозкової

від померлих донорів описані випадки ятрогенної пріонової хвороби. На даний час проводяться дослідження перспективних синтетичних біоматеріалів подібних за структурою до твердої мозкової оболонки [49–51].

Незважаючи на поширеність кальцифікації менингіом, на сьогоднішній день відсутнє фундаментальне уявлення про етіологію та патогенез даного процесу. Вивчення морфологічних особливостей менингіом із кальцифікацією може допомогти покращити діагностику та лікування новоутворень ЦНС.



**Рисунок 1 – Результат візуалізації хронології виходу публікацій із використанням інструментів бібліометричного аналізу бази даних Scopus**

Основними майданчиками для дискусії і оприлюднення результатів наукових досліджень є такі періодичні наукові видання як «Neuroradiology» та «Neurologia Medico Chirurgica», а також «World Neurosurgery» та «Journal Of Neurosurgery», які стали більш популярними в останнє десятиріччя. Серед дослідників, які найбільш продуктивні та цитовані у галузі дослідження менинго-судинних пухлин з кальцифікацією можна виділити Nakasu Satoshi (Shiga University of Medical Science, Otsu, Japan). Серед провідних дослідників менингіом переважають вчені з Сполучених Штатів Америки, Японії та Китаю.

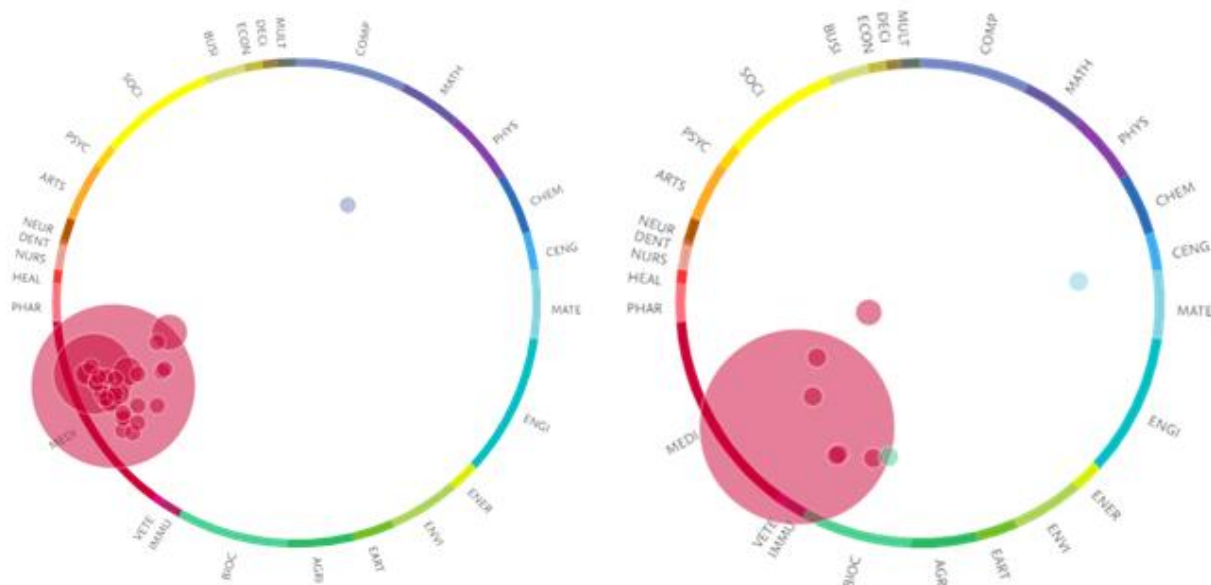
За результатами бібліометричного аналізу 154 публікацій бази даних Scopus інструментами сервісу SciVal за ключовими словами «кальцифікація» та «менингіома» за останні 5 років, їх можна розподілити на 61 тему, переважна більшість яких належить до сфери медицини, у тому числі

### **Бібліометричний аналіз наукової літератури**

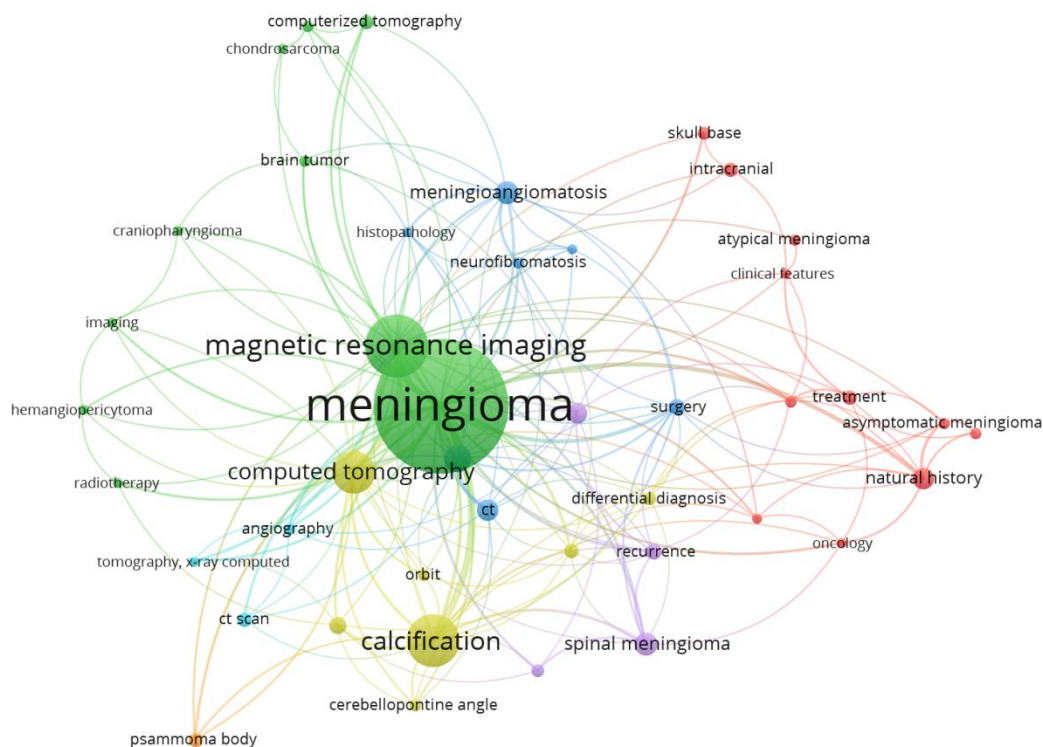
За період від 1938 до 2021 року до бази даних Scopus були включені 678 публікацій, які фільтрувалися за ключовими словами «менингіома» та «кальцифікація». Як показують результати бібліометричного аналізу, кількість публікацій на зазначену тематику значно зросла за останні 5 років та продовжує збільшуватися, що свідчить про інтерес наукової спільноти до даної проблеми (рис. 1).

онкології, нейрохірургії та патоморфології. Також у зазначеному масиві даних можна виділити 24 тематичні кластери, більшість яких належить до сфери медицини, а поодинокі до біології та матеріалознавства (рис. 2).

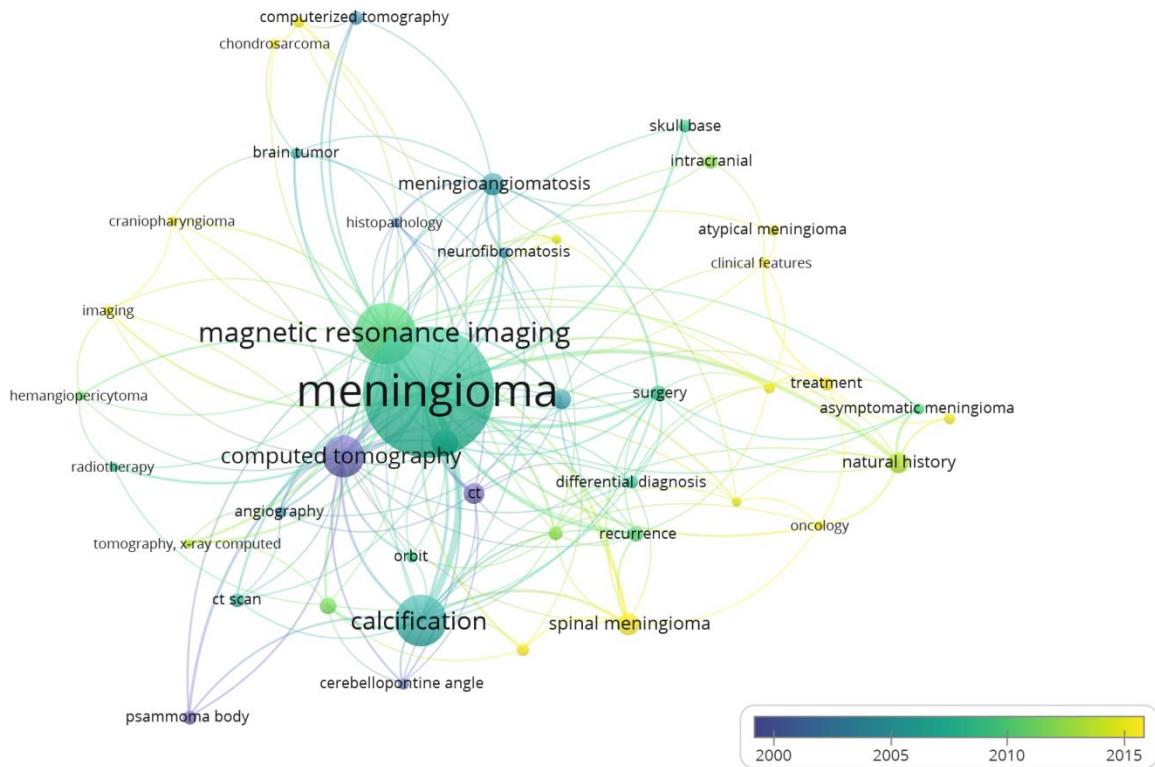
За результатами бібліометричного аналізу 678 публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «кальцифікація» та «менингіома» їх можна розподілити на 7 тематичних кластерів: пухлини головного мозку, асимптоматичні менингіоми, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, диференційна діагностика, кальцифікація та псамомні тільця (рис. 3). Також можна виділити 4 хронологічні етапи: дослідження за допомогою комп'ютерної томографії, виявлення кальцифікації в менингіомах, дослідження за допомогою магнітно-резонансної томографії, візуалізація менингіом із кальцифікацією (рис. 4).



**Рисунок 2 – Результат візуалізації розподілу публікацій за темами та кластерами із використанням інструментів бібліометричного аналізу SciVal**



**Рисунок 3 – Результат візуалізації закономірностей тематичного розподілу теми патологічної біомінералізації менингіом із використанням інструментів бібліометричного аналізу VOSviewer**



**Рисунок 4 – Результат візуалізації закономірностей хронологічного розвитку теми патологічної біомінералізації менингіом із використанням інструментів бібліометричного аналізу VOSviewer**

#### CONCLUSIONS/ВИСНОВКИ

Патологічна біомінералізація спостерігається у 20–25 % внутрішньочерепних та 1–5 % спинномозкових менингіом та, вірогідно, пов'язана з процесом дегенерації пухлинних клітин. Найчастіше вона проявляється у формуванні псамомних тілець, основним мінеральним компонентом яких є кальцію гідроксиапатит. Хоча кальцифікація, ймовірно, виконує захисну роль та є позитивною прогностичною ознакою, на неї необхідно зважати під час вибору хірургічної тактики. Також постає проблема закриття дефектів твердої мозкової оболонки за допомогою біологічних та синтетичних трансплантантів.

Згідно проведеного бібліометричного аналізу наукових літературних джерел про менингіоми та явища патологічної біомінералізації в них, було встановлено, що за останні 5 років значно збільшилась кількість публікацій із зазначеної тематики, а основними країнами походження наукових досліджень є Сполучені Штати Аме-

рики, Японія та Китай. При дослідженні масиву публікацій бази даних Scopus інструментами сервісу SciVal за ключовими словами проблема кальцифікації менингіом розподіляється на 61 тему та 24 тематичні кластери, переважна більшість яких належить до сфери медицини, а поодинокі до біології та матеріалознавства.

За результатами бібліометричного аналізу 678 публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «кальцифікація» та «менингіома» їх можна розподілити на 7 тематичних кластерів (пухлини головного мозку, асимптоматичні менингіоми, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, диференційна діагностика, кальцифікація та псамомні тільця) та 4 хронологічні етапи (дослідження за допомогою комп'ютерної томографії, виявлення явища кальцифікації в менингіомах, дослідження за допомогою магнітно-резонансної томографії, лікування менингіом із кальцифікацією).

#### PROSPECTS FOR FUTURE RESEARCH/ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Незважаючи на поширеність кальцифікації менингіом, на сьогоднішній день відсутнє фундаментальне уявлення про етіологію та патогенез даного процесу. Вивчення морфологічних особливостей менингіом із кальцифікацією може допомогти покращити діагностику та лікування новоутворень ЦНС.



**CONFLICT OF INTEREST/КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ**

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**FUNDING/ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ**

Робота є фрагментом та виконана за підтримки науково-дослідної теми «Стан мінералізованих тканин при застосуванні нових композитів з наночастинками Ag+ Cu2+» (номер державної реєстрації № 0121U100471).

**AUTHOR CONTRIBUTIONS/ВКЛАД АВТОРІВ**

Усі автори внесли істотний внесок у розробку початкової та доопрацьованої версій цієї статті. Вони несуть повну відповідальність за всі аспекти роботи і вирішення питань, пов'язаних з точністю або цілісністю наведеної інформації.

**REFERENCES/СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

- Smirniotopoulos JG, Jäger HR. Differential Diagnosis of Intracranial Masses. In: Hodler J, Kubik-Huch RA, von Schulthess GK, eds. *Diseases of the Brain, Head and Neck, Spine 2020–2023: Diagnostic Imaging*. Cham (CH): Springer; February 15, 2020:93-104. doi:[10.1007/978-3-030-38490-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38490-6_8)
- Magill ST, Vagefi MR, Ehsan MU, McDermott MW. Sphenoid wing meningiomas. *Handb Clin Neurol*. 2020;170:37-43. doi:[10.1016/B978-0-12-822198-3.00026-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822198-3.00026-4)
- Samadian M, Sharifi G, Mousavinejad SA, et al. Surgical Outcomes of Sphenoorbital En Plaque Meningioma: A 10-Year Experience in 57 Consecutive Cases. *World Neurosurg*. 2020;144:e576-e581. doi:[10.1016/J.WNEU.2020.09.002](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2020.09.002)
- Vienne-Jumeau A, Tafani C, Ricard D. Environmental risk factors of primary brain tumors: A review. *Rev Neurol (Paris)*. 2019;175(10):664-678. doi:[10.1016/J.NEUROL.2019.08.004](https://doi.org/10.1016/J.NEUROL.2019.08.004)
- Yamanaka R, Hayano A, Kanayama T. Radiation-Induced Meningiomas: An Exhaustive Review of the Literature. *World Neurosurg*. 2017;97:635-644.e8. doi:[10.1016/J.WNEU.2016.09.094](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2016.09.094)
- Raheja A, Satyarthee G. Sphenoid wing en plaque meningioma development following craniopharyngioma surgery and radiotherapy: Radiation-induced after three decades. *Asian J Neurosurg*. 2017;12(3):358. doi:[10.4103/1793-5482.180946](https://doi.org/10.4103/1793-5482.180946)
- Ostrom QT, Cioffi G, Gittleman H, et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2012-2016. *Neuro Oncol*. 2019;21(Suppl 5):V1-V100. doi:[10.1093/NEUONC/NOZ150](https://doi.org/10.1093/NEUONC/NOZ150)
- Dudley RWR, Torok MR, Randall S, et al. Pediatric versus adult meningioma: comparison of epidemiology, treatments, and outcomes using the Surveillance, Epidemiology, and End Results database. *J Neurooncol*. 2018;137(3):621-629. doi:[10.1007/S11060-018-2756-1](https://doi.org/10.1007/S11060-018-2756-1)
- Hong S, Usami K, Hirokawa D, Ogiwara H. Pediatric meningiomas: a report of 5 cases and review of literature. *Childs Nerv Syst*. 2019;35(11):2219-2225. doi:[10.1007/S00381-019-04142-Y](https://doi.org/10.1007/S00381-019-04142-Y)
- Marrazzo A, Cacchione A, Rossi S, et al. Intradural Pediatric Spinal Tumors: An Overview from Imaging to Novel Molecular Findings. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2021;11(9). doi:[10.3390/DIAGNOSTICS11091710](https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS11091710)
- Louis DN, Perry A, Reifenberger G, et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Acta Neuropathol*. 2016;131(6):803-820. doi:[10.1007/s00401-016-1545-1](https://doi.org/10.1007/s00401-016-1545-1)
- Zouaoui S, Darlix A, Rigau V, et al. Descriptive epidemiology of 13,038 newly diagnosed and histologically confirmed meningiomas in France: 2006-2010. *Neurochirurgie*. 2018;64(1):15-21. doi:[10.1016/J.NEUCHI.2014.11.013](https://doi.org/10.1016/J.NEUCHI.2014.11.013)
- Alafaci C, Grasso G, Granata F, Salpietro FM, Tomasello F. Ossified spinal meningiomas: Clinical and surgical features. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016;142:93-97. doi:[10.1016/J.CLINEURO.2016.01.026](https://doi.org/10.1016/J.CLINEURO.2016.01.026)
- Hua L, Zhu H, Deng J, et al. Clinical and prognostic features of spinal meningioma: a thorough analysis from a single neurosurgical center. *J Neurooncol*. 2018;140(3):639-647. doi:[10.1007/S11060-018-2993-3](https://doi.org/10.1007/S11060-018-2993-3)
- Islim AI, Mohan M, Moon RDC, et al. Incidental intracranial meningiomas: a systematic review and meta-analysis of prognostic factors and outcomes. *J Neurooncol*. 2019;142(2):211-221. doi:[10.1007/S11060-019-03104-3](https://doi.org/10.1007/S11060-019-03104-3)
- Nakasu S, Notsu A, Nakasu Y. Prevalence of incidental meningiomas and gliomas on MRI: a meta-analysis and meta-regression analysis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(12):3401-3415. doi:[10.1007/S00701-021-04919-8](https://doi.org/10.1007/S00701-021-04919-8)



17. Lyndon D, Lansley JA, Evanson J, Krishnan AS. Dural masses: meningiomas and their mimics. *Insights Imaging*. 2019;10(1). doi:[10.1186/S13244-019-0697-7](https://doi.org/10.1186/S13244-019-0697-7)
18. Nagai Yamaki V, de Souza Godoy LF, Alencar Bandeira G, et al. Dural-based lesions: is it a meningioma? *Neuroradiology*. 2021;63(8):1215-1225. doi:[10.1007/S00234-021-02632-Y](https://doi.org/10.1007/S00234-021-02632-Y)
19. Starr CJ, Cha S. Meningioma mimics: five key imaging features to differentiate them from meningiomas. *Clin Radiol*. 2017;72(9):722-728. doi:[10.1016/J.CRAD.2017.05.002](https://doi.org/10.1016/J.CRAD.2017.05.002)
20. Celtikci E, Kaymaz AM, Akgul G, Karaaslan B, Emmez OH, Borcek A. Retrospective Analysis of 449 Intracranial Meningioma Patients Operated Between 2007 and 2013 at a Single Institute. *Turk Neurosurg*. 2018;28(1):1-6. doi:[10.5137/1019-5149.JTN.17866-16.1](https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.17866-16.1)
21. Das DK. Psammoma body: a product of dystrophic calcification or of a biologically active process that aims at limiting the growth and spread of tumor? *Diagn Cytopathol*. 2009;37(7):534-541. doi:[10.1002/DC.21081](https://doi.org/10.1002/DC.21081)
22. Chang HK, Wu JC, Lin DSC, et al. Calcified meningiomas. *J Neurosurg Spine*. 2014;20(1):117-118. doi:[10.3171/2013.6.SPINE13512](https://doi.org/10.3171/2013.6.SPINE13512)
23. Berghoff AS, Kresl P, Rajky O, et al. Analysis of the inflammatory tumor microenvironment in meningeal neoplasms. *Clin Neuropathol*. 2020;39(6):256-262. doi:[10.5414/NP301156](https://doi.org/10.5414/NP301156)
24. Yang L, Ren G, Tang J. Intracranial Angiomatous Meningioma: A Clinicopathological Study of 23 Cases. *Int J Gen Med*. 2020;13:1653-1659. doi:[10.2147/IJGM.S292202](https://doi.org/10.2147/IJGM.S292202)
25. Chen R, Aghi MK. Atypical meningiomas. *Handb Clin Neurol*. 2020;170:233-244. doi:[10.1016/B978-0-12-822198-3.00043-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822198-3.00043-4)
26. Champeaux C, Jecko V, Houston D, et al. Malignant Meningioma: An International Multicentre Retrospective Study. *Neurosurgery*. 2019;85(3):E461-E468. doi:[10.1093/NEUROS/NYY610](https://doi.org/10.1093/NEUROS/NYY610)
27. Buerki RA, Horbinski CM, Kruser T, Horowitz PM, James CD, Lukas R V. An overview of meningiomas. *Future Oncol*. 2018;14(21):2161-2177. doi:[10.2217/FON-2018-0006](https://doi.org/10.2217/FON-2018-0006)
28. Ersoz S, Yilmaz ZS, Eyuboglu I, Yazar U. Xanthomatous Meningioma: A Case Report. *Turk Neurosurg*. 2019;29(1):141-144. doi:[10.5137/1019-5149.JTN.19561-16.1](https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.19561-16.1)
29. Toland A, Huntoon K, Dahiya SM. Meningioma: A Pathology Perspective. *Neurosurgery*. 2021;89(1):11-21. doi:[10.1093/neuros/nyab001](https://doi.org/10.1093/neuros/nyab001)
30. Solomon DA, Pekmezci M. Pathology of meningiomas. *Handb Clin Neurol*. 2020;169:87-99. doi:[10.1016/B978-0-12-804280-9.00005-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804280-9.00005-6)
31. Menke JR, Raleigh DR, Gown AM, Thomas S, Perry A, Tihan T. Somatostatin receptor 2a is a more sensitive diagnostic marker of meningioma than epithelial membrane antigen. *Acta Neuropathol*. 2015;130(3):441-443. doi:[10.1007/S00401-015-1459-3](https://doi.org/10.1007/S00401-015-1459-3)
32. Anis SE, Lotfalla M, Zain M, Kamel NN, Soliman AA. Value of SSTR2A and Claudin - 1 in Differentiating Meningioma from Schwannoma and Hemangiopericytoma. *Open access Maced J Med Sci*. 2018;6(2):248-253. doi:[10.3889/OAMJMS.2018.062](https://doi.org/10.3889/OAMJMS.2018.062)
33. Graillon T, Sanson M, Campello C, et al. Everolimus and Octreotide for Patients with Recurrent Meningioma: Results from the Phase II CEVOREM Trial. *Clin Cancer Res*. 2020;26(3):552-557. doi:[10.1158/1078-0432.CCR-19-2109](https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-19-2109)
34. Fodi C, Skardelly M, Hempel JM, et al. The immunohistochemical expression of SSTR2A is an independent prognostic factor in meningioma. *Neurosurg Rev*. Published online 2021. doi:[10.1007/S10143-021-01651-W](https://doi.org/10.1007/S10143-021-01651-W)
35. Liu N, Song SY, Jiang JB, Wang TJ, Yan CX. The prognostic role of Ki-67/MIB-1 in meningioma: A systematic review with meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(9). doi:[10.1097/MD.00000000000018644](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000018644)
36. Mirian C, Skyrman S, Bartek J, et al. The Ki-67 Proliferation Index as a Marker of Time to Recurrence in Intracranial Meningioma. *Neurosurgery*. 2020;87(6):1289-1298. doi:[10.1093/NEUROS/NYAA226](https://doi.org/10.1093/NEUROS/NYAA226)
37. Choi Y, Lim DH, Yu J Il, et al. Prognostic Value of Ki-67 Labeling Index and Postoperative Radiotherapy in WHO Grade II Meningioma. *Am J Clin Oncol*. 2018;41(1):18-23. doi:[10.1097/COC.0000000000000224](https://doi.org/10.1097/COC.0000000000000224)
38. Apra C, Peyre M, Kalamarides M. Current treatment options for meningioma. *Expert Rev Neurother*. 2018;18(3):241-249. doi:[10.1080/14737175.2018.1429920](https://doi.org/10.1080/14737175.2018.1429920)
39. Kalamarides M, Peyre M. Dramatic Shrinkage with Reduced Vascularization of Large Meningiomas After Cessation of Progestin Treatment. *World Neurosurg*. 2017;101:814.e7-814.e10. doi:[10.1016/J.WNEU.2017.03.013](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2017.03.013)
40. Qin C, Huang M, Pan Y, Li Y, Long W, Liu Q. Brain-invasive meningiomas: molecular mechanisms and potential therapeutic options. *Brain Tumor Pathol*. 2021;38(3):156-172. doi:[10.1007/S10014-021-00399-X](https://doi.org/10.1007/S10014-021-00399-X)
41. Ruggeri AG, Fazzolari B, Colistra D, Cappelletti M, Marotta N, Delfini R. Calcified Spinal Meningiomas. *World Neurosurg*. 2017;102:406-412. doi:[10.1016/J.WNEU.2017.03.045](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2017.03.045)
42. Adams LC, Böker SM, Bender YY, et al. Assessment of intracranial meningioma-associated calcifications using susceptibility-weighted MRI. *J*



- Magn Reson Imaging*. 2017;46(4):1177-1186. doi:[10.1002/JMRI.25614](https://doi.org/10.1002/JMRI.25614)
43. Liu L, Lu Y, Peng W, et al. Imaging features of intracranial psammomatous meningioma. *J Neuroradiol = J Neuroradiol*. 2017;44(6):395-399. doi:[10.1016/J.NEURAD.2017.06.003](https://doi.org/10.1016/J.NEURAD.2017.06.003)
44. Goel A, Darji H, Shah A, Rai S, Biswas C, Lunawat A. Ossified Anterior Foramen Magnum Meningioma: Report of Long-Term Surgical Outcome. *World Neurosurg*. 2020;141:59-63. doi:[10.1016/J.WNEU.2020.06.011](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2020.06.011)
45. Vidavsky N, Kunitake JAMR, Estroff LA. Multiple Pathways for Pathological Calcification in the Human Body. *Adv Healthc Mater*. 2021;10(4). doi:[10.1002/adhm.202001271](https://doi.org/10.1002/adhm.202001271)
46. Kobayashi K, Ando K, Nakashima H, et al. Characteristics of cases with and without calcification in spinal meningiomas. *J Clin Neurosci*. 2021;89:20-25. doi:[10.1016/J.JOCN.2021.04.019](https://doi.org/10.1016/J.JOCN.2021.04.019)
47. Aydin Ozturk P, Yilmaz T, Ozturk U, Aydin K. Pediatric Orbital Roof Intradiploic Meningioma Operated by Eyebrow Incision. *Pediatr Neurosurg*. 2020;55(5):309-312. doi:[10.1159/000511282](https://doi.org/10.1159/000511282)
48. Grasso G, Alafaci C. Calcified Spinal Meningioma: A Lurking Danger. *World Neurosurg*. 2017;107:579-580. doi:[10.1016/J.WNEU.2017.08.038](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2017.08.038)
49. Sun H, Wang H, Diao Y, et al. Large retrospective study of artificial dura substitute in patients with traumatic brain injury undergo decompressive craniectomy. *Brain Behav*. 2018;8(5). doi:[10.1002/BRB3.907](https://doi.org/10.1002/BRB3.907)
50. Azzam D, Romiyo P, Nguyen T, et al. Dural Repair in Cranial Surgery Is Associated with Moderate Rates of Complications with Both Autologous and Nonautologous Dural Substitutes. *World Neurosurg*. 2018;113:244-248. doi:[10.1016/J.WNEU.2018.01.115](https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2018.01.115)
51. Kobayashi A, Kitamoto T, Mizusawa H. Iatrogenic Creutzfeldt-Jakob disease. *Handb Clin Neurol*. 2018;153:207-218. doi:[10.1016/B978-0-444-63945-5.00012-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63945-5.00012-X)

(received 14.01.2022, accepted 04.03.2022)

(одержано 14.01.2022, затверджено 04.03.2022)

#### Information about the authors/Відомості про авторів

**Денисенко Анастасія Петрівна** – аспірантка кафедри патологічної анатомії Медичного інституту СумДУ, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007 (e-mail: [a.denysenko@med.sumdu.edu.ua](mailto:a.denysenko@med.sumdu.edu.ua); тел.: +38(050)948-14-69).

**Москаленко Роман Андрійович** – доктор медичних наук, доцент кафедри патологічної анатомії, СумДУ, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007 (e-mail: [r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua](mailto:r.moskalenko@med.sumdu.edu.ua); тел.: +38(097)980-27-31).