ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

УДК: 616.831-033.2-085

СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ЛІКУВАННЯ МЕТАСТАЗІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Рашиді Б., Карлова Т.

Державний заклад «Луганський державний медичний університет», Рівне, Україна

Актуальність. Особливістю злоякісних новоутворень незалежно від первинної локалізації є здатність до метастазування. За даними клінічних досліджень в онкологічних хворих часто діагностують метастази у головному мозку, що значно ускладнює перебіг основного захворювання та визначає його прогноз. Незважаючи на появу нових стратегій у терапії, удосконалення лікувально-діагностичних підходів залишається критично важливим. Це зумовлює актуальність систематизації сучасних наукових даних з метою пошуку ефективних рішень у прогнозуванні, діагностиці, лікуванні та контролі зазначеної патології.

Мета. Аналіз наявних досліджень щодо результативності різних методів лікування метастазів у головний мозок, зокрема з акцентом на переваги та недоліки кожного з методів, спираючись на статистичні дані.

Матеріали та методи. Матеріалом дослідження є тематичні наукові розвідки з питань лікування метастазів головного мозку. Пошук джерел здійснено а базах даних *Google Scholar* та *PubMed* за 2010–2025 роки за ключовими словами: пухлини головного мозку, лікування метастазів, онкологічні захворювання. Загалом відібрано 47 джерел. Використано бібліосемантичний метод та метод системного аналізу. Дослідження проведено як приватну ініціативу авторів без грантової підтримки та державної реєстрації теми.

Етика дослідження. Дослідження базується на аналізі публікацій, виконаних із дотриманням сучасних стандартів біоетики.

Результати. У роботі окреслено проблематику пошуку оптимальних методів лікування метастазів у головному мозку як терапевтичним, так і хірургічним шляхом у поєднанні з методиками опромінення. Розглянуто питання терапевтичного впливу на симптоми, значення хірургічних методів лікування, ролі післяопераційної променевої терапії та стереотаксичних методів лікування в комбінації з променевими методами, а також побічні ефекти променевого лікування.

Висновки. Незважаючи на досягнення сучасної медицини, залишається ще велика кількість питань, основними з яких є критерії відбору пацієнтів та ідеальна послідовність лікування для досягнення максимально позитивного ефекту. Проблема метастатичного ураження головного мозку поєднує складнощі діагностики, обмеженість наявних терапевтичних підходів та необхідність удосконалення методів лікування. Це зумовлює потребу в подальших дослідженнях, спрямованих на покращення діагностичних можливостей, розробку нових терапевтичних стратегій та підвищення виживаності пацієнтів із даною патологією.

Ключові слова: *нейрохірургія, онкологічні захворювання, метастазування, ураження головного мозку.*

Відповідальний автор: Рашиді Б.
✉ 36, вул. 16 Липня, м. Рівне, 33028, Україна.
E-mail: docneuro20@gmail.com

Corresponding author: Rashidi B.
✉ 36, 16 Lypnia str., Rivne, 33028, Ukraine.
E-mail: docneuro20@gmail.com

© Рашиді Б., Карлова Т., 2026 CC BY-NC-SA © Rashidi B., Karlova T., 2026

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

Цитуйте українською: Рашиді Б, Карлова Т.
Сучасний погляд на проблему лікування метастазів головного мозку (огляд літератури).
Медицина сьогодні і завтра. 2026;95(1):114-25.
https://doi.org/10.35339/msz.2026.95.1.rka

Cite in English: Rashidi B, Karlova T.
A modern approach to the treatment of brain metastases (literature review).
Medicine Today and Tomorrow. 2026;95(1):114-25.
https://doi.org/10.35339/msz.2026.95.1.rka [In Ukrainian].

Вступ

Для всіх онкологічних захворювань будь-якої локалізації характерним є розповсюдження метастазів у ті чи інші органи. При цьому в 20 % пацієнтів метастази виявляються саме в головному мозку. Найчастіше за все метастази у тканинах головного мозку дають злоякісні новоутворення легень, молочної залози, колоректальний рак, меланома, нирково-клітинний рак, що ускладнює перебіг основного захворювання та характеризує ступінь злоякісності стану [1–12]. Основною причиною появи метастазів у головному мозку вважається метастазування клітин злоякісної пухлини через судинне русло, де унікальне мікросередовище спричиняє прискорений поділ клітин. При цьому проникнення лікарських препаратів у це середовище під час лікування обмежене або ускладнене через гематоенцефалічний бар'єр [1; 2; 4; 13; 14].

Водночас у міру росту та прогресування пухлини відбувається утворення аномальних судин, що призводить до руйнування гематоенцефалічного бар'єру та формування нового патологічного гематопухлинного бар'єру. Останній є негерметичним і неоднорідним, що зумовлює нерівномірний розподіл протипухлинних препаратів під час лікування метастазів головного мозку [15]. Саме цей факт дозволяє чітко пояснити, чому на доклінічному етапі дослідження засвідчили нерівномірний розподіл препаратів у тканинах метастазів головного мозку [15; 16].

Незважаючи на появу нових стратегій у терапії, удосконалення лікувально-діагностичних підходів залишається критично важливим. Це зумовлює **актуальність** систематизації сучасних наукових даних з метою пошуку ефективних рішень у прогнозуванні, діагностиці, лікуванні та контролі зазначеної патології.

Метою дослідження був аналіз наявних наукових праць та систематизація представленої в них інформації щодо результативності різних методів лікування метастазів у головний мозок. Зокрема, з акцентом на переваги та недоліки кожного з методів, а також на підставі статистичних даних, представлених у вивчених джерелах.

Матеріали та методи

Матеріалом дослідження є тематичні наукові розвідки з питань лікування метастазів головного мозку. Пошук джерел виконано у наукометричних базах Google Scholar та PubMed за 2010–2025 рр. за ключовими словами: пухлини головного мозку, лікування метастазів, онкологічні захворювання. Усього відібрано 47 публікацій. Застосовано бібліосемантичний метод та метод системного аналізу. Дослідження виконане як приватна ініціатива авторів без грантової підтримки та державної реєстрації теми.

Етика дослідження

Дослідження базується на публікаціях, виконаних із дотриманням сучасних стандартів біоетики.

Результати

У пропонованому огляді проаналізовано проблему вибору оптимальних підходів до лікування метастатичного ураження головного мозку із застосуванням медикаментозних, хірургічних та променевих методів. Особливу увагу приділено симптоматичній терапії, ефективності оперативного втручання, а також ролі післяопераційного опромінення та стереотаксичної радіохірургії в межах комбінованого лікування. Додатково висвітлено питання можливих побічних ефектів променевої терапії.

Поява метастазів у тканинах головного мозку дуже часто призводить до летального наслідку, особливо на пізніх стадіях захворювання. На сьогодні основними

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

методами боротьби із захворюванням є комбінація різних хірургічних втручань, променевої терапії, хіміотерапії, імунотерапії, таргетної терапії [1–3]. Широке застосування в сучасній медицині мають стереотаксичні методи радіохірургії з комбінуванням методик променевого впливу на патологічно змінену тканину пухлини, що становить доволі серйозну альтернативу радіаційним методам лікування і забезпечує нейрокогнітивний захист та підвищує виживаність пацієнтів. Цю методику також широко застосовують при множинних метастазах головного мозку, коли хірургічні методи не показані або їхнє застосування несе більше загрози, ніж користі [2; 3; 17].

До впровадження сучасних методик терапії пацієнти з метастазами головного мозку за відсутності лікування мали тривалість життя не більше ніж 1–2 місяці. Широке застосування різних методик наразі значно збільшило цей показник. Методики підтримуючої терапії, що застосовуються в межах паліативного та хоспісного лікування, збільшують цей показник до 7–8 місяців. З метою найбільш точного визначення тривалості життя створено спеціальні прогностичні індекси при метастазуванні різних пухлин у тканини головного мозку. Основними критеріями визначення тривалості життя є вік пацієнта, загальний стан організму та супутні патології, хоча існують й окремі індивідуальні показники, що дають змогу підвищити точність прогнозування. Подібний висновок зроблений на підставі довготривалих спостережень за пацієнтами з метастазами різних пухлин залежно від первинної форми процесу [18–20].

Обговорення результатів

Терапевтичний вплив на симптоми

Під час лікування пацієнтів із метастатичним ураженням головного мозку особливе значення має симптоматична терапія. Чим раніше вона розпочата, тим вища якість життя пацієнта, а також сприятливіший прогноз його подальшого життя. Найчастіше симптоматичне лікування починають із застосування глюкокортикостероїдів (переважно дексаметазону), що зменшує набряк тканин головного мозку та внутрішньочерепний тиск. На початку доза глюкокортикостероїдів, що призначається, є максимальною, після чого її знижують залежно від проявів симптомів у кожному конкретному випадку [21–23]. Однак, як зазначають Prasad V. et al. (2025) [24], під час застосування дексаметазону та інших препаратів залишаються питання, що потребують подальших клінічних досліджень, зокрема: розробка детальних та адаптивних планів лікування з поступовим зниженням дозування в поєднанні з моніторингом клінічних потреб пацієнта; мінімізація тривалості лікування та пріоритетне застосування стратегій раннього припинення вживання стероїдів.

Доволі часто в групі пацієнтів із метастазами в тканинах головного мозку розвивається судомний синдром, і в таких випадках є всі показання для застосування протисудомних препаратів першої лінії допомоги в мінімальному дозуванні з метою зниження їхньої токсичної дії. Moravan M.J. et al. (2020) [18] акцентують увагу на протипоказаннях до призначення антиконвульсантів за відсутності нападів, оскільки вони мають виражений токсичний ефект. Додатково протисудомні препарати можуть бути призначені після радикального або паліативного хірургічного втручання, спрямованого на видалення метастатичних вогнищ, з метою профілактики розвитку судом. Проте практика застосування антиконвульсантів все ще залишається обмеженою [25].

Значення хірургічних методів лікування

Прогрес в анестезіологічній допомозі, нейровізуалізації, розробці нового інструментарію та хірургічних технік збільшив шанси на виживання пацієнтів після оперативних втручань. Вчасно проведене втручання, яке в багатьох випадках дозволяє полегшити симптоми, покращити відтік ліквору та отримати матеріал для гістологічного дослідження, застосовують при розмірах пухлин понад 3 см.

Як зазначають Moravan M.J. et al. (2020) [18], за наявності одного вогнища ураження експериментально встановлено, що стан пацієнта покращується за умови

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

застосування саме комбінації оперативного втручання та променевої терапії, порівняно з ізольованим опроміненням метастатичного вогнища. Множинні метастази в тканинах мозку вважають відносним протипоказанням до хірургічного втручання. Тому кількість об'єктивно встановлених вогнищ є основним критерієм відбору потенційних пацієнтів для операції. Відносного успіху хірургічного втручання при множинних метастазах досягають у випадках, коли вони спричиняють масивний мас-ефект і порушення відтоку ліквору, а також доступні через один краніотомічний отвір, відповідно, у таких випадках операція є показаною. Резекція метастазів дозволяє збільшити тривалість життя пацієнта при рецидиві на 4 місяці або більше у пацієнтів молодше 40 років за наявності гістологічного підтвердження відсутності метастазування меланоми або раку молочної залози, які контролюються екстракраніальними захворюваннями та обмеженими внутрішньочерепними ураженнями.

Післяопераційна променева терапія та її роль у післяопераційному лікуванні

Згідно із статистичними даними, представленими в роботі Mahajan A. et al., у 60 % пацієнтів після резекції пухлини спостерігається рецидив у ділянці післяопераційного ложа протягом перших 12 місяців після втручання [26]. Застосування ад'ювантної променевої терапії призводить до зниження ризику рецидиву онкологічного процесу в центральній нервовій системі (ЦНС) та ризику летального наслідку. Використання стереотаксичної радіохірургії в лікуванні захворювання дає змогу доставляти високі дози опромінення в ложе, що залишається після видалення метастазу, при цьому вплив на здорові тканини залишається мінімальним, що потенційно знижує ризик несприятливих нейрокогнітивних ефектів [26; 27]. Стереотаксичні методи втручання дають змогу точніше визначити межі обсягу втручання при рецидиві метастазу, особливо якщо в майбутньому може знадобитися збільшити обсяг оперативного втручання, або у випадку, коли злоякісний процес охоплює тверду мозкову оболонку [28]. Зменшити ризик рецидиву після видалення патологічного вогнища дає змогу широке використання в сучасній практиці стереотаксичного хірургічного лікування. Доведено, що частота рецидивів захворювання у ділянці ложа протягом року після проведення такого лікування не перевищувала 20 % [29].

Системні методи лікування метастазів головного мозку

Екстракраніальні захворювання також можуть становити загрозу для пацієнтів з метастазами в головний мозок, навіть якщо вони менші за 2 см або захворювання перебігає безсимптомно. Achrol A.S. et al. (2019) [1] зазначають, що такий стан може вимагати сучасного системного підходу в процесі лікування. Передчасне використання хіміотерапії у таких пацієнтів не показане через погане проникнення препаратів у ЦНС. Використання таргетної терапії в комплексі з імунотерапією призводить до покращення контролю над екстракраніальними захворюваннями в пацієнтів із супутніми внутрішньочерепними патологіями при певних гістологічно підтверджених формах пухлин.

Однак для кращого визначення ефективності та токсичності для здорових і уражених тканин поєднання імунотерапії та стереотаксичних методів впливу, а також оптимальної послідовності їхнього застосування, потрібні подальші дослідження.

Променеві методи лікування

Використання променевих методів лікування є паліативним варіантом лікування, що на певний час зупиняє зростання пухлини та зменшує мас-ефект, завдяки чому неврологічні симптоми стають менш вираженими. Після застосування променевої терапії частота рецидивів метастазів та їхнього поширення організмом знижується.

Найчастіше променеві методи лікування метастазів головного мозку передбачають застосування 10 сеансів опромінення по 300 сГр щодня, проте існують й інші описані схеми дозування, які показали достатню клінічну ефективність [30]. Низка проведених досліджень показала, що застосування 10 фракцій по 300 сГр є більш ефективним, ніж 15 процедур по 250 сГр [31].

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

Існують експериментальні спроби покращення контролю за розвитком метастазів головного мозку при променевій терапії з комбінуванням системних агентів, у результаті чого було встановлено збільшення частоти внутрішньочерепних відповідей, проте з мінімальним відсотком виживання пацієнтів [32].

Особлива увага наразі приділяється стереотаксичній радіохірургії [33–35]. У своєму дослідженні, що проводилося з метою встановлення впливу стереотаксичної радіохірургії на рівень виживання та когнітивні показники порівняно з опроміненням усього головного мозку в пацієнтів із резекцією метастазів, Brown P.D. et al. (2017) [27] зазначають, що при застосуванні цих методів суттєва різниця в показниках виживання відсутня, але зниження когнітивних функцій частіше спостерігається при загальному опроміненні. Тому автори вважають доцільним розглядати стереотаксичну радіохірургію як один зі стандартних методів лікування, як менш нейротоксичну альтернативу опроміненню всього головного мозку, з урахуванням аналогічних показників виживання пацієнтів.

Стереотаксичні методи лікування в комбінації з променевими методами або окремо

Променева терапія всього головного мозку значно покращує контроль над пухлиною, однак її зв'язок з розвитком когнітивних порушень робить питання її ролі в лікуванні пацієнтів дискусійним. Необхідно також зазначити, що через 3 місяці після початку лікування при використанні тільки стереотаксичних методів, порівняно з використанням обох методів у комбінації, у пацієнтів спостерігається значно менше погіршення когнітивних функцій [36; 37].

Лікування метастатичних уражень головного мозку хірургічними методами з комбінацією або ізольованим використанням стереотаксичного методу не рекомендовано для пацієнтів із поганим прогнозом виживання та подальшої активності. У такому випадку віддається перевага променевим методам, хоча оптимального методу лікування на даному етапі ще не розроблено. Аналіз рандомізованих досліджень із порівняння оптимальних комбінацій підтримувальної терапії та променевих методів лікування як підтримувальної терапії продемонстрував сумнівний ефект [38].

Дослідження, у яких порівнюються променеві методи та підтримувальна терапія у пацієнтів, яким не підходять стереотаксичні чи хірургічні методи лікування, не показали результату, спрямованого на підвищення відсотка загального виживання або покращення активності та якості життя. Променеві методи здатні подовжити тривалість життя, але його якість залишається на відносно низькому рівні. Відкритим для подальших досліджень залишається питання щодо використання променевих методів у пацієнтів з метастазами, у першу чергу, у тканини головного мозку. Продовжувати чи ні променеве лікування – це питання, до якого слід підходити індивідуально, залежно від кожного конкретного випадку, після оцінки переваг і недоліків токсичності лікування, з урахуванням обізнаності пацієнта щодо відсутності оптимального методу підтримувальної терапії [11; 12; 23].

Відповідь на лікування

Від обраного методу лікування залежить і частота візуалізації головного мозку. Оптимальним методом у всі часи залишається магніторезонансна або комп'ютерна томографія головного мозку з використанням контрасту або без нього з товщиною зрізу <1,5 мм. Дослідження проводиться перед початком лікування, а також через місяць від початку системної терапії, а контрольні сканування проводяться кожні 6 тижнів та продовжуються до 12 тижнів. Для оцінки позитивного результату за умови виживання пацієнта дослідження проводять кожні 9 тижнів до 48 тижнів, після чого – кожні 3 місяці або залежно від клінічних показань [21; 39].

При використанні стереотаксичних методів лікування в інтактному або ад'ювантному режимі контрольні методи візуалізації проводять кожні 2–3 місяці залежно від кожного конкретного випадку та факторів, що впливають на перебіг захворювання.

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

Така схема є рекомендованою протягом першого року лікування, після чого інтервал збільшується до 4–6 місяців. У пацієнтів після променевих методів лікування в інтактному або ад'ювантному режимі візуалізація проводиться кожні три місяці протягом першого року лікування, після чого інтервал може бути збільшений до 4–6 місяців [40].

З метою покращення стандартизації та подальшої звітності про відповідь на лікування метастазів головного мозку в клінічних дослідженнях розробляються критерії візуалізації. Основним у цих критеріях є розмір пухлини як показник відповіді на застосовані методи лікування. Для оцінки відповіді доступні одномірні критерії RANO-BM, а в сучасних дослідженнях спеціалісти, зокрема Ocaña-Tienda B. et al. (2023) [41] пропонують доповнити їх об'ємними вимірюваннями (отриманими шляхом напівавтоматичної сегментації), що дозволить отримати точніші результати. Так, збільшення об'єму на 30 % визначає прогресування захворювання, а зменшення на 20 % свідчить про часткову відповідь.

Після лікування оцінка цільового ураження або множинних вогнищ на стандартному знімку МРТ може бути викривлена змінами, що виникають у відповідь на проведене лікування. Додаткова інформація збирається шляхом використання декількох методів:

1. проведення серій досліджень із коротшим інтервалом;
2. застосування інвазивних методів діагностики;
3. використання сучасних методів, наприклад, перфузії.

Побічні ефекти після проведення променевих методів лікування

Варто розподілити побічні ефекти після променевої терапії за трьома основними групами: ранні (гострі), ранні віддалені та пізні. Перша група проявляється під час лікування або в перші 6 тижнів після його завершення. Для неї характерні втомлюваність, алопеція, легке почервоніння шкіри голови, свербіж. Тяжкість симптомів однакова як при опроміненні, так і при використанні стереотаксичних методів. Тяжчі форми спостерігаються не так часто при поєднанні обох методів. Так, втомлюваність спостерігається у 2,2–5,4 % випадків, реакції шкіри – в 1,0–3,0 %, закладеність у вухах – у 1,0–2,0 %, посилення неврологічних порушень, як відповідь на набряк тканин головного мозку, виникає у 5,0–10,0 % [27; 36].

Ранні віддалені побічні ефекти спостерігаються від 6 тижнів після початку лікування і до 6 місяців після його завершення. У пацієнтів спостерігаються втомлюваність, зниження нейрокогнітивних функцій, що може спостерігатися в 50 % пацієнтів, які отримують лікування стереотаксичними методами, а при додаванні променевих методів показник зростає до 72 %. Пізні побічні ефекти характерні після 6 місяців від початку лікування. До них належать радіонекроз, зниження нейрокогнітивних функцій у 60 % пацієнтів, які проходять лікування стереотаксичними методами, а також у 95 % – після променевих методів лікування [36]. Alemany M. (2020) [42] зазначає, що можна також спостерігати ендокринну дисфункцію, цереброваскулярні порушення, вторинні злоякісні новоутворення, віддалені рецидивно-ремітувальні неврологічні синдроми (синдром мігрені, псевдопрогресія, синдром гострої енцефалопатії).

Високі або неякісно підібрані дози опромінення головного мозку призводять до серйозних пізніх ускладнень, серед яких найрозповсюдженішим є радіонекроз, що виникає в ділянці опромінення. Таке ускладнення зустрічається приблизно в 10 % випадків, безсимптомно воно протікає в 50 % випадків залежно від об'єму опроміненої тканини [43]. Визначити радіонекроз буває доволі складно, оскільки його зовнішній вигляд на МРТ із контрастним посиленням нагадує рецидив пухлини. Для контролю прогресування онкологічного процесу показано проведення дослідження головного мозку за допомогою МРТ із контрастом через 4–8 тижнів, тобто короткими інтервалами.

На МРТ-знімку при радіонекрозі спостерігається зменшення розмірів пухлини,

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

а також зменшення набряку навколишніх тканин. Традиційні ознаки радіонекрозу під час досліджень мають низьку прогностичну та діагностичну цінність [44]. МРТ-спектроскопія (насичення тканини спеціальними хімічними речовинами, які візуалізуються під час сканування) дозволяє краще виявляти радіонекроз [45]. Однозначно необхідно забезпечити індивідуальний підхід і обов'язкове ретельне спостереження за динамікою вогнищ на МРТ. Вогнища, що збільшуються більш ніж через 9 місяців після стереотаксичної радіохірургії, із високою вірогідністю можуть бути радіонекрозом. У даному випадку внутрішньочерепна біопсія таких вогнищ дозволяє встановити остаточний діагноз та змінити тактику лікування [44]. Дослідження показали, що у пацієнтів, яким була проведена біопсія протягом 9 місяців від початку лікування, у 47 % випадків був виявлений радіонекроз, а при лікуванні понад 9 місяців ускладнення спостерігалося у 94 % пацієнтів [18].

Радіонекроз потребує додаткового постійного спостереження. Симптоматичним методом лікування є застосування кортикостероїдів, які сприяють зменшенню набряку довкола вогнища ураження. Доза залежить від тяжкості симптоматики й у середньому становить 2–8 мг на день, а після зникнення симптомів протягом кількох тижнів вона поступово зменшується. Лікування стероїд-рефрактерного радіонекрозу також відбувається із застосуванням неінвазійних методів лікування. Показані антикоагулянти, вітамін Е, пентоксифілін, гіпербарична оксигенація [43; 46].

При тяжкому радіонекрозі, що відрізняється стійкістю до консервативних методів лікування, або при гістологічно невизначеному діагнозі може бути необхідним проведення хірургічного втручання. Резекція вогнища, що є симптоматичним методом лікування, дозволяє значною мірою зменшити мас-ефект, набряклість та дозу застосовуваних стероїдних гормонів. Відібраний матеріал може бути досліджений гістологічно. Додатково необхідно врахувати ризики оперативного втручання, що потребує ретельного відбору пацієнтів [11; 12; 18].

Отже, проведений аналіз засвідчив, що наразі існують певні суперечності як у сфері симптоматичної терапії, так і хірургічних методів лікування. Так, дискусійною залишається реальна практика використання антиконвульсантів у прооперованих пацієнтів, які не мають активних нападів. Операція підвищує ризик виникнення судом, але призначення таких препаратів без наявності судомної історії є протипоказаним.

Стосовно хірургічного лікування кількість метастазів є головним обмежувальним критерієм для хірургічного втручання. Проте, коли множинні метастази викликають критичні стани (наприклад, мас-ефект), ризики операції є виправданими, якщо доступ до пухлин можливий.

Автори переконані, що симптоматична терапія має стартувати якомога раніше, оскільки вона прямо впливає на якість та тривалість життя пацієнта. У випадку поодиноких метастазів поєднання хірургічного видалення з подальшим опроміненням є результативним, оскільки монотерапія радіометодами показує гірші результати. Усі суперечності щодо суворого дотримання критеріїв відбору пацієнтів для операцій (врахування віку, кількості вогнищ, контролю екстракраніальних пухлин) та використання токсичних медикаментів (стероїдів та антиконвульсантів), а також методів опромінення підкреслюють потребу в нових адаптивних клінічних протоколах.

Висновки

Сучасні дослідження в нейрохірургії, онкології, радіології, а також у галузі вивчення біології пухлин і радіаційної онкології в лікуванні метастатичних уражень мозку сприяли підвищенню ефективності та максимальній персоналізації лікування. Водночас, попри всі наявні досягнення сучасної медицини, залишається велика кількість невирішених питань, основними з яких є критерії відбору пацієнтів та визначення оптимальної послідовності лікування, що забезпечує максимальний позитивний ефект. Своєчасність діагностики, лікування та догляду за пацієнтами з метастатичними ураженнями головного мозку, а також міждисциплінарний підхід у клінічних

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

дослідженнях мають велике значення для оптимізації процесу лікування, а відповідно й збільшення тривалості життя та покращення його якості.

Перспективи подальших досліджень

Наразі залишається суттєва зацікавленість щодо питання наявності генетичних відмінностей метастазів головного мозку від первинних вогнищ та можливості використання цих даних у подальшому для лікування. Дослідження первинної пухлини молочної залози та її метастазу в головний мозок показали дві нові мутації та значну делецію в метастазі, яких не було в первинному вогнищі. Також у кількох метастазах у того самого пацієнта спостерігалися загальні мутації первинного вогнища ураження та метастазу головного мозку, що свідчить на користь генетичної однорідності. Дослідження встановили, що лімфатичні вузли та екстракраніальні вогнища ураження мали генетичні відмінності порівняно з метастазами головного мозку [47].

Вивчення метастатичних вогнищ головного мозку показало цільові мутації, відсутні в первинному вогнищі. Якщо вони присутні, то цей факт варто розглядати як показання для таргетної терапії. Водночас необхідні подальші дослідження, щоб зрозуміти, які методи лікування будуть найбільш ефективними на основі генетичних відмінностей.

Декларації

Конфлікт інтересів відсутній.

Усі автори надали згоду на публікацію статті на умовах ліцензії Creative Commons BY-NC-SA 4.0 International License та публічного договору з редакцією, на обробку та публікацію їхніх персональних даних.

Автори рукопису заявляють, що під час проведення досліджень, підготовки та редагування цього рукопису вони не використовували жодних інструментів чи сервісів генеративного штучного інтелекту (ШІ) для виконання завдань, перелічених у Таксономії делегування генеративного ШІ (Generative AI Delegation Taxonomy, GAIDeT, 2025). Усі етапи роботи (від розробки дослідницької концепції до фінального редагування) виконувалися авторами особисто.

Фінансування та подяки

Дослідження проведено як приватна ініціатива авторів, без грантової підтримки та державної реєстрації теми.

Внесок авторів

Внесок / Автори	A	B	C	D	E	F
Рашиді Б.	+	+	+	+	+	+
Карлова Т.		+	+		+	+

Примітки:

A – концепція;

B – дизайн;

C – збір даних;

D – статистична обробка та інтерпретація даних;

E – написання або критичне редагування статті;

F – схвалення фінальної версії до публікації та згода нести відповідальність за всі аспекти роботи.

Література

1. Achrol AS, Rennert RC, Anders C, Soffietti R, Ahluwalia MS, Nayak L, et al. Brain metastases. Nat Rev Dis Primers. 2019;5(1):5. DOI: 10.1038/s41572-018-0055-y. PMID: 30655533.

2. Liu Q, Tong X, Wang J. Management of brain metastases: history and the present. Chinese neurosurgical journal. 2019;5:1. DOI: 10.1186/s41016-018-0149-0. PMID: 32922901.

3. Suh JH, Kotecha R, Chao ST, Ahluwalia MS, Sahgal A, Chang EL. Current approaches to the management of brain metastases. Nat Rev Clin Oncol. 2020;17(5):279-99. DOI: 10.1038/s41571-019-0320-3. PMID: 32080373.

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

4. Vogelbaum MA, Brown PD, Messersmith H, Brastianos PK, Burri S, Cahill D, et al. Treatment for Brain Metastases: ASCO-SNO-ASTRO Guideline. Neuro-Oncology. 2022;24(3):331-57. DOI: 10.1093/neuonc/noab262

5. Eichler AF, Chung E, Kodack DP, Loeffler JS, Fukumura D, Jain RK. The biology of brain metastases-translation to new therapies. Nat Rev Clin Oncol. 2011;8(6):344-56. DOI: 10.1038/nrclinonc.2011.58. PMID: 21487419.

6. Cagney DN, Martin AM, Catalano PJ, Redig AJ, Lin NU, Lee EQ, et al. Incidence and prognosis of patients with brain metastases at diagnosis of systemic malignancy: a population-based study. Neuro Oncol. 2017;19(11):1511-21. DOI: 10.1093/neuonc/nox077. PMID: 28444227.

7. Davis FG, Dolecek TA, McCarthy BJ, Villano JL. Toward determining the lifetime occurrence of metastatic brain tumors estimated from 2007 United States cancer incidence data. Neuro Oncol. 2012;14(9):1171-7. DOI: 10.1093/neuonc/nos152. PMID: 22898372.

8. Dubenko OE, Kulinich H, Prokhorova EB, Kulchaeva TV, Danyliuk S. Brain metastases of cancer of unknown primary: presentation of clinical cases. Український радіологічний та онкологічний журнал. 2023;31:124-37. DOI: 10.46879/ukroj.1.2023.124-137.

9. Gomez D, Feng JJ, Cheok S, Shah I, Dicharry H, Cote DJ, et al. Incidence of brain metastasis according to patient race and primary cancer origin: a systematic review. J Neurooncol. 2024;169(3):457-67. DOI: 10.1007/s11060-024-04748-6. PMID: 38896356.

10. Khanal K, Rajbhandari B, Pandey A, Sherpa PL, Parajuli S, Pandey N, et al. Malignant metastatic melanoma in brain with unknown primary origin: a case report. Ann Med Surg (Lond). 2024;10;86(11):6772-9. DOI: 10.1097/MS9.0000000000002562. PMID: 39525757.

11. Gryazov AB, Medvedovska YuV, Gryazov AA. Differential diagnostics of a radionecrosis and local tumoral recurrence according to arterial spin labeling after radiosurgery treatment of malignant gliomas of a brain. Wiad Lek. 2020;73(10):2160-4. PMID: 33310940.

12. Gryazov A.A., Lysianyi M.I., Gryazov A.B., Medvedovska Y.V. Assessment of the state of immune system in patients with metastatic and glial brain tumors at the preparatory stage of radiotherapy. Wiad Lek. 2022;75(7):1747-51. DOI: 10.36740/WLek202207125. PMID: 35962692

13. Bailleux C, Eberst L, Bachelot T. Treatment strategies for breast cancer brain metastases. Br J Cancer. 2021;124(1):142-55. DOI: 10.1038/s41416-020-01175-y. PMID: 33250512.

14. Lockman PR, Mittapalli RK, Taskar KS, Rudraraju V, Gril B, Bohn KA, et al. Heterogeneous blood-tumor barrier permeability determines drug efficacy in experimental brain metastases of breast cancer. Clin Cancer Res. 2010;16(23):5664-78. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-10-1564. PMID: 20829328.

15. Arvanitis CD, Ferraro GB, Jain RK. The blood-brain barrier and blood-tumour barrier in brain tumours and metastases. Nat Rev Cancer. 2020;20(1):26-41. DOI: 10.1038/s41568-019-0205-x. PMID: 31601988.

16. Lewis Phillips GD, Nishimura MC, Lacap JA, Kharbanda S, Mai E, Tien J, et al. Trastuzumab uptake and its relation to efficacy in an animal model of HER2-positive breast cancer brain metastasis. Breast Cancer Res Treat. 2017;164(3):581-91. DOI: 10.1007/s10549-017-4279-4. PMID: 28493046.

17. Nahed BV, Alvarez-Breckenridge C, Brastianos PK, Shih H, Sloan A, Ammirati M, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Role of Surgery in the Management of Adults with Metastatic Brain Tumors. Neurosurgery. 2019;84(3):E152-5. DOI: 10.1093/neuros/nyy542. PMID: 30629227.

18. Moravan MJ, Fecci PE, Anders CK, Clarke JM, Salama AKS, Adamson JD, et al. Current multidisciplinary management of brain metastases. Cancer. 2020;126(7):1390-406. DOI: 10.1002/cncr.32714.

19. Sperduto PW, Jiang W, Brown PD, Braunstein S, Sneed P, Wattson DA, et al. Estimating Survival in Melanoma Patients with Brain Metastases: An Update of the Graded Prognostic Assessment for Melanoma Using Molecular Markers (Melanoma-molGPA). Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2017;99(4):812-6. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2017.06.2454. PMID: 29063850.

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

20. Sperduto PW, Yang TJ, Beal K, Pan H, Brown PD, Bangdiwala A, et al. Estimating Survival in Patients with Lung Cancer and Brain Metastases: An Update of the Graded Prognostic Assessment for Lung Cancer Using Molecular Markers (Lung-molGPA). JAMA Oncol. 2017;3(6):827-31. DOI: 10.1001/jamaoncol.2016.3834. PMID: 27892978.

21. Arbour KC, Mezquita L, Long N, Rizvi H, Auclin E, Ni A, et al. Impact of Baseline Steroids on Efficacy of Programmed Cell Death-1 and Programmed Death-Ligand 1 Blockade in Patients with Non-Small-Cell Lung Cancer. J Clin Oncol. 2018;36(28):2872-8. DOI: 10.1200/JCO.2018.79.0006. PMID: 30125216.

22. Ricciuti B, Dahlberg SE, Adeni A, Sholl LM, Nishino M, Awad MM. Immune Checkpoint Inhibitor Outcomes for Patients with Non-Small-Cell Lung Cancer Receiving Baseline Corticosteroids for Palliative Versus Nonpalliative Indications. J Clin Oncol. 2019;37(22):1927-34. DOI: 10.1200/JCO.19.00189. PMID: 31206316.

23. Scott SC, Pennell NA. Early Use of Systemic Corticosteroids in Patients with Advanced NSCLC Treated with Nivolumab. J Thorac Oncol. 2018;13(11):1771-5. DOI: 10.1016/j.jtho.2018.06.004. PMID: 29935305.

24. Prasad V, Elhag A, Onyiriuka L, Mthunzi E, Hatch S, Naeem A, et al. Dexamethasone in brain tumor patients: a real-world pharmacovigilance audit. Front Neurol. 2025;16:1632231. DOI: 10.3389/fneur.2025.1632231. PMID: 40909003.

25. Greenhalgh J, Weston J, Dundar Y, Nevitt SJ, Marson AG. Antiepileptic drugs as prophylaxis for postcraniotomy seizures. Cochrane Database Syst Rev. 2018;5(5):CD007286. DOI: 10.1002/14651858.CD007286.pub4. PMID: 29791030.

26. Mahajan A, Ahmed S, McAleer MF, Weinberg JS, Li J, Brown P, et al. Post-operative stereotactic radiosurgery versus observation for completely resected brain metastases: a single-centre, randomised, controlled, phase 3 trial. Lancet Oncol. 2017;18(8):1040-8. DOI: 10.1016/S1470-2045(17)30414-X. Erratum in: Lancet Oncol. 2017;18(8):e433. DOI: 10.1016/S1470-2045(17)30530-2. Erratum in: Lancet Oncol. 2017;18(9):e510. DOI: 10.1016/S1470-2045(17)30636-8. PMID: 28687375.

27. Brown PD, Ballman KV, Cerhan JH, Anderson SK, Carrero XW, Whitton AC, et al. Postoperative stereotactic radiosurgery compared with whole brain radiotherapy for resected metastatic brain disease (NCCTG N107C/CEC·3): a multicentre, randomised, controlled, phase 3 trial. Lancet Oncol. 2017;18(8):1049-60. DOI: 10.1016/S1470-2045(17)30441-2. PMID: 28687377.

28. Gui C, Moore J, Grimm J, Kleinberg L, McNutt T, Shen C, et al. Local recurrence patterns after postoperative stereotactic radiation surgery to resected brain metastases: A quantitative analysis to guide target delineation. Pract Radiat Oncol. 2018;8(6):388-96. DOI: 10.1016/j.prro.2018.04.010. PMID: 30029965.

29. Prabhu RS, Miller KR, Asher AL, Heinzerling JH, Moeller BJ, Lankford SP, et al. Preoperative stereotactic radiosurgery before planned resection of brain metastases: updated analysis of efficacy and toxicity of a novel treatment paradigm. J Neurosurg. 2018;131(5):1387-94. DOI: 10.3171/2018.7.JNS181293. PMID: 30554174.

30. Barbour AB, Jacobs CD, Williamson H, Floyd SR, Suneja G, Torok JA, Kirkpatrick JP. Radiation Therapy Practice Patterns for Brain Metastases in the United States in the Stereotactic Radiosurgery Era. Adv Radiat Oncol. 2019;5(1):43-52. DOI: 10.1016/j.adro.2019.07.012. PMID: 32051889.

31. Trifiletti DM, Ballman KV, Brown PD, Anderson SK, Carrero XW, Cerhan JH, et al. Optimizing Whole Brain Radiation Therapy Dose and Fractionation: Results from a Prospective Phase 3 Trial (NCCTG N107C [Alliance]/CEC.3). Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2020;106(2):255-60. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2019.10.024. PMID: 31654784.

32. Verduin M, Zindler JD, Martinussen HM, Jansen RL, Croes S, Hendriks LE, et al. Use of Systemic Therapy Concurrent with Cranial Radiotherapy for Cerebral Metastases of Solid Tumors. Oncologist. 2017;22(2):222-35. DOI: 10.1634/theoncologist.2016-0117. PMID: 28167569.

33. Chen L, Douglass J, Kleinberg L, Ye X, Marciscano AE, Forde PM, et al. Concurrent Immune Checkpoint Inhibitors and Stereotactic Radiosurgery for Brain Metastases in Non-Small Cell Lung Cancer, Melanoma, and Renal Cell Carcinoma. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2018;100(4):916-25. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2017.11.041. PMID: 29485071.

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

34. Lehrer EJ, Peterson J, Brown PD, Sheehan JP, Quiñones-Hinojosa A, Zaorsky NG, Trifiletti DM. Treatment of brain metastases with stereotactic radiosurgery and immune checkpoint inhibitors: An international meta-analysis of individual patient data. Radiother Oncol. 2019;130:104-12. DOI: 10.1016/j.radonc.2018.08.025. PMID: 30241791.

35. Schapira E, Hubbeling H, Yeap BY, Mehan WA Jr, Shaw AT, Oh K, et al. Improved Overall Survival and Locoregional Disease Control with Concurrent PD-1 Pathway Inhibitors and Stereotactic Radiosurgery for Lung Cancer Patients with Brain Metastases. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2018;101(3):624-9. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2018.02.175. PMID: 29678530.

36. Brown PD, Jaeckle K, Ballman KV, Farace E, Cerhan JH, Anderson SK, et al. Effect of Radiosurgery Alone vs Radiosurgery with Whole Brain Radiation Therapy on Cognitive Function in Patients With 1 to 3 Brain Metastases: A Randomized Clinical Trial. JAMA. 2016;316(4):401-9. DOI: 10.1001/jama.2016.9839. PMID: 27458945.

37. Antoni D, Mesny E, El Kabbaj O, Josset S, Quintin K, Boue-Rafle A, et. Radiotherapy for brain metastases: 2025 update. Cancer Radiother. 2025;29(7-8):104765. DOI: 10.1016/j.canrad.2025.104765. PMID: 41205451.

38. Mulvenna P, Nankivell M, Barton R, Faivre-Finn C, Wilson P, McColl E, et al. Dexamethasone and supportive care with or without whole brain radiotherapy in treating patients with non-small cell lung cancer with brain metastases unsuitable for resection or stereotactic radiotherapy (QUARTZ): results from a phase 3, non-inferiority, randomised trial. Lancet. 2016;388(10055):2004-14. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30825-X. PMID: 27604504.

39. Paz-Ares L, Luft A, Vicente D, Tafreshi A, Gümüş M, Mazières J, et al. Pembrolizumab plus Chemotherapy for Squamous Non-Small-Cell Lung Cancer. N Engl J Med. 2018;379(21):2040-51. DOI: 10.1056/NEJMoa1810865. PMID: 30280635.

40. Natarajan BD, Rushing CN, Cummings MA, Jutzy JM, Choudhury KR, Moravan MJ, et al. Predicting intracranial progression following stereotactic radiosurgery for brain metastases: Implications for post SRS imaging. J Radiosurg SBRT. 2019;6(3):179-87. PMID: 31998538.

41. Ocaña-Tienda B, Pérez-Beteta J, Romero-Rosales JA, Asenjo B, Ortiz de Mendivil A, Pérez Romasanta LA, et al. Volumetric analysis: Rethinking brain metastases response assessment. Neurooncol Adv. 2023;6(1):vdad161. DOI: 10.1093/noajnl/vdad161. PMID: 38187872.

42. Alemany M, Velasco R, Simó M, Bruna J. Late effects of cancer treatment: consequences for long-term brain cancer survivors. Neurooncol Pract. 2020;8(1):18-30. DOI: 10.1093/nop/npaa039. PMID: 33664966.

43. Vellayappan B, Tan CL, Yong C, Khor LK, Koh WY, Yeo TT, Detsky J, Lo S, Sahgal A. Diagnosis and Management of Radiation Necrosis in Patients With Brain Metastases. Front Oncol. 2018;8:395. DOI: 10.3389/fonc.2018.00395. PMID: 30324090.

44. Narloch JL, Farber SH, Sammons S, McSherry F, Herndon JE, Hoang JK, et al. Biopsy of enlarging lesions after stereotactic radiosurgery for brain metastases frequently reveals radiation necrosis. Neuro Oncol. 2017;19(10):1391-7. DOI: 10.1093/neuonc/nox090. PMID: 28472527.

45. Jones KM, Michel KA, Bankson JA, Fuller CD, Klopp AH, Venkatesan AM. Emerging Magnetic Resonance Imaging Technologies for Radiation Therapy Planning and Response Assessment. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2018;101(5):1046-56. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2018.03.028. PMID: 30012524.

46. Patel JS, Salari E, Chen X, Switchenko J, Eaton BR, Zhong J, et al. Radiomic Analysis of Treatment Effect for Patients with Radiation Necrosis Treated with Pentoxifylline and Vitamin E. Tomography. 2024;10(9):1501-12. DOI: 10.3390/tomography10090110. PMID: 39330756.

47. Kotecha R, Gondi V, Ahluwalia MS, Brastianos PK, Mehta MP. Recent advances in managing brain metastasis. F1000Res. 2018;7:F1000_Faculty_Rev-1772. DOI: 10.12688/f1000research.15903.1. PMID: 30473769.

ISSN print 2414-4495, ISSN online 2710-1444, https://msz.knmu.edu.ua, msz.journal@knmu.edu.ua

Rashidi B., Karlova T.

A MODERN APPROACH TO THE TREATMENT OF BRAIN METASTASES (LITERATURE REVIEW)

Background. A distinctive feature of malignant tumors, regardless of their primary site, is their ability to metastasize. According to clinical studies, brain metastases are frequently diagnosed in cancer patients, which significantly complicates the course of the primary disease and determines its prognosis. Despite the emergence of new therapeutic strategies, improving diagnostic and treatment approaches remains critically important. This underscores the need to systematize current scientific data in order to identify effective solutions for the prognosis, diagnosis, treatment, and management of this condition.

Aim. To analyze existing studies on the efficacy of various treatment methods for brain metastases, emphasizing the advantages and disadvantages of each method, including those based on statistical data.

Materials and Methods. The study material consists of thematic scientific reviews on the treatment of brain metastases. A literature search was conducted in Google Scholar and PubMed for the years 2010–2025 using the keywords *brain tumors*, *treatment of metastases*, and *oncological diseases*. A total of 47 sources were selected. The bibliosemantic method and the method of systematic analysis were used. The study was conducted as a private initiative of the authors without grant support or official registration of the topic.

Research Ethics. This study is based on publications conducted in accordance with current standards of bioethics.

Results. This paper outlines the challenges involved in identifying optimal methods for treating brain metastases, both through medical and surgical approaches, in combination with radiation therapy. It examines the therapeutic effects on symptoms, the significance of surgical treatment methods, the role of postoperative radiation therapy and stereotactic treatment methods in combination with radiation therapy, as well as the side effects of radiation therapy.

Conclusions. Despite the achievements of modern medicine, a large number of questions remain, the main ones being patient selection criteria and the optimal treatment sequence for maximum therapeutic benefit. The problem of metastatic brain lesions combines diagnostic challenges, the limitations of existing therapeutic approaches, and the need to improve treatment methods. This necessitates further research aimed at improving diagnostic capabilities, developing new therapeutic strategies, and increasing survival rates for patients with this condition.

Keywords: *neurosurgery, oncological diseases, metastasis, brain lesions.*

Надійшла 14.10.2025
Прийнята до публікації 29.03.2026
Опублікована 31.03.2026

Відомості про авторів

Рашиді Бахрам – асистент кафедри хірургічних хвороб, Державний заклад «Луганський державний медичний університет», Рівне, Україна.

Поштова адреса: 36, вул. 16 Липня, м. Рівне, 33028, Україна.

E-mail: docneuro20@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9478-3282.

Карлова Тетяна – кандидат філологічних наук, доцент, завідувачка кафедри мовної підготовки та соціально-гуманітарних наук, Державний заклад «Луганський державний медичний університет», Рівне, Україна.

Поштова адреса: 36, вул. 16 Липня, м. Рівне, 33028, Україна.

E-mail: karlovate@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6241-7774.