ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ

УДК 616.711-001.5-089.844:616-74](045)

DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025391-102

Чинники ризику виникнення нових компресійних переломів хребців у пацієнтів з остеопорозом після пункційної вертебропластики: систематичний огляд і метааналіз

А. І. Попов [1], М. В. Молодюк [1], В. О. Куценко [1], М. М. Нессонова [2]

[1] ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків
[2] Приватний вищий навчальний заклад «Харківський міжнародний медичний університет», Україна

Recurrent vertebral compression fractures (rVCFs) after percutaneous vertebroplasty (PVP) impair quality of life in osteoporotic patients, yet their risk factors remain debated, necessitating a systematic evaluation. Objective. To synthesize clinical data and quantitatively assess the impact of demographic, morphometric, and technical factors on rVCF incidence post-PVP. Methods. A search was conducted in PubMed, Scopus, Medline, and Google Scholar (2010–2024) using MeSH terms: «vertebroplasty», «compression fractures», «osteoporosis», «risk factors», «recurrence». Twenty cohort studies (7,923 patients) were included. Continuous variables were pooled using the Sidik–Jonkman random-effects model (Cohen's d), and categorical variables using the Paule–Mandel model (odds ratio, OR). Heterogeneity was assessed with I^2 and prediction intervals; sensitivity analyses were performed. Evidence certainty was evaluated using GRADE. Results. Significant risk factors for rVCFs included absence of anti-osteoporotic therapy (AOT) (OR = 1.97, I^2 = 40 %), cement leakage (OR = 1.92, I^2 = 68 %), and low bone mineral density (BMD) (d = –0.55, I^2 = 72 %), with moderate GRADE certainty. Female sex (OR = 1.30, I^2 = 39 %) and older age (d = 0.24, I^2 = 62 %) showed weaker associations with low certainty. Cement volume, body mass index, kyphotic angle, its correction, vertebral height restoration, and thoracolumbar junction involvement were not associated with rVCFs. Conclusions. The most significant rVCF risk factors are absence of AOT, cement leakage, and low BMD, nearly doubling the risk. Female sex increases risk by approximately one-third, and older age has a minor effect. These findings highlight the importance of AOT and technical precision in PVP to prevent rVCFs. Keywords. Vertebroplasty, osteoporosis, recurrent compression fractures, meta-analysis, risk factors.

Нові компресійні переломи хребців (НКПХ) після пункційної вертебропластики (ПВП) погіршують якість життя пацієнтів з остеопорозом. Чинники ризику залишаються дискусійними, що зумовило необхідність систематичного аналізу. Мета. Узагальнити клінічні дані та кількісно оцінити вплив демографічних, морфометричних і технічних факторів на частоту НКПХ після ПВП. Методи. Проведено пошук у PubMed, Scopus, Medline, Google Scholar (2010–2024 р.) за MeSH-термінами: «vertebroplasty», «compression fractures», «osteoporosis», «risk factors», «recurrence». Включено 20 когортних досліджень (7 923 пацієнти). Кількісні змінні аналізували моделлю Sidik-Jonkman (d Коена), якісні — Paule-Mandel (OR). Гетерогенність оцінювали за I^2 і прогнозними інтервалами, виконано чутливі аналізи. Упевненість доказів оцінено за GRADE. Результати. Виявлено значущі фактори ризику НКПХ: відсутність антиостеопоротичної терапії (АОТ) (OR = 1,97; I^2 = 40 %), витік кісткового цементу (OR = 1,92; I^2 = 68 %), низька мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ) (d = –0,55; I^2 = 72 %) — помірний рівень упевненості за GRADE. Жіноча стать (OR = 1,30; I^2 = 39 %) і старший вік (d = 0,24; I^2 = 62 %) мають слабший вплив із низькою впевненістю. Обсяг цементу, індекс маси тіла, кіфотичний кут, його корекція, відновлення висоти хребця та ураження Т-L з'єднання не асоціювалися з НКПХ. Висновки. Найвагоміші чинники ризику НКПХ — відсутність АОТ, витік цементу та низька МЩКТ, які підвищують ризик удвічі. Жіноча стать збільшує ризик на третину, похилий вік — незначно. Ці дані підкреслюють важливість АОТ і технічної точності ПВП для профілактики НКПХ.

Ключові слова. Вертебропластика, остеопороз, нові компресійні переломи, метааналіз, чинники ризику

© Попов А. І., Молодюк М. В., Куценко В. О., Нессонова М. М., 2025

PREVIEW

Вступ

З усіх травм через остеопороз, компресійні переломи хребців (КПХ) є найпоширенішими. Їхня кількість за різними джерелами сягає від 30 до 50 % у чоловіків і жінок старше 50 років [1–4]. За даними популяційних досліджень, щорічний рівень захворюваності на КПХ становить 10,7 для жінок і 5,7 % для чоловіків [5]. Крім того, у людей, які досягли 80-річного віку, він складає до 30 %, тоді як у молодших груп (до 80 років) коливається в межах 5–10 [6].

З огляду на те, що КПХ можуть спричиняти виражений больовий синдром, формувати деформації хребта, обмежувати рухову активність і суттєво знижувати якість життя, одним із провідних хірургічних способів лікування вважається пункційна вертебропластика (ПВП). Ця техніка була вперше описана H. Deramond і P. Galibert, спочатку вона застосовувалася для лікування гемангіоми тіла хребця [7]. У подальшому цей підхід почали широко використовувати за КПХ, які діагностують унаслідок остеопорозу, мієломної хвороби або травматичних ушкоджень. ПВП відрізняється безпечністю й ефективністю, особливо як порівняти з консервативними варіантами лікування, адже дає змогу швидше позбутися больового синдрому, відновити рухову активність та забезпечує прискорену реабілітацію [8, 9].

Утім, незважаючи на швидке полегшення болю та покращення функціонального стану, у частини хворих можуть розвиватися ускладнення: нові переломи, компресія спинного мозку, інфекційні процеси, ураження нервових корінців та емболія. Найчастішим і найдетальніше вивченим ускладненням є нові компресійні переломи хребців (НКПХ) як у сусідніх, так і у віддалених сегментах. Попередні дослідження визначили низку чинників, які впливають на ризик НКПХ: вік, жіноча стать, мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ), локалізація первинного перелому, особливості розподілу кісткового цементу (КЦ), обсяг його введення й міграція, стан замикальних пластинок, первинний кіфотичний кут (КК), відсоток відновлення КК і висоти хребця, відсутність антиостеопорозної терапії (АОТ), індекс маси тіла (ІМТ), T-L з'єднання [11]. Проте результати спостережень часто непереконливі або суперечливі. Це спонукало нас провести дослідження, щоб систематично узагальнити докази щодо факторів ризику нових компресійних переломів хребців після ПВП.

Мета: узагальнити та проаналізувати результати клінічних досліджень щодо чинників ризику нових компресійних переломів хребців після пункційної вертебропластики та кількісно оцінити їхній вплив, щоб визначити чинники, які достовірно підвищують імовірність нових компресійних переломів хребців у суміжних і віддалених сегментах.

Матеріал і методи

Критерії відповідності. Цей систематичний огляд і метааналіз було зареєстровано в PROSPERO (CRD420251068792) та виконано відповідно до настанов PRISMA. Використано інклюзивну структуру PICOS, у якій популяцію (P) становили пацієнти, яким виконували ПВП. Групу втручання (I) складали особи з КПХ. Порівняння проводили з групою (C), у якої були виявлені НКПХ. Первинними результатами (O), що становили інтерес, були відмінності між наявними факторами ризику НКПХ у цих групах. Для включення розглядали лише порівняльні дослідження (S) — оригінальні статті (проспективні, ретроспективні дослідження). Публікації, де метод вертебропластики розглядався для неостеопоротичних уражень; експериментальні або доклінічні дослідження (*in vitro, in vivo* на тваринах), що не містять клінічних даних про людей; дублікати тієї самої статті в різних базах; неоригінальні джерела, що не розкривають жодних кількісних або якісних даних про ризик НКПХ — виключали.

Пошук літератури проводили у PubMed, Scopus, Medline та Google Scholar за період з 2010 по 2024 рік. Жодних обмежень щодо мови публікації не було.

Для пошуку використовували комбінації MeSH-термінів (Medical Subject Headings) і вільних слів (free text terms) із застосуванням логічних операторів AND, OR та NOT. Основні терміни: Vertebroplasty, Percutaneous Vertebroplasty, Transpedicular Vertebroplasty, Spinal Fractures, Compression Fractures, Osteoporosis, Risk Factors, Recurrent Compression Fractures, Prediction of Compression Spine Fractures.

Оцінка ризику упередженості у включених дослідженнях визначалася за шкалою Newcastle–Ottawa (NOS) для нерандомізованих когорт і поперечних досліджень. Двоє незалежних рецензентів заповнювали чек-лист NOS (домен Selection, Comparability, Outcome; діапазон 0–9); розбіжності вирішував третій експерт. Сумарні бали інтерпретували так: 7–9 — низький, 4–6 — помірний,

РЕКЛАМА

≤ 3 — високий ризик упередженості. Серед включених 20 робіт 10 мали низький, 9 — помірний і 1 — високий ризик упередженості.

Вивчення результатів. Розмір ефекту для кількісних показників оцінювався на підставі стандартизованої різниці середніх за допомогою d Коена (Cohen's d). У деяких роботах (наприклад, [27, 28]) описову статистику кількісних показників надано у вигляді медіан і міжквартильних інтервалів; у цих випадках значення середніх і стандартних відхилень, необхідні для розрахунку ефектів d Коена, апроксимовано на основі підходів наданих у [10] . Для якісних показників мірою розміру ефекту слугувало відношення шансів (OR).

Об'єднаний розмір (OR) ефекту кожного з потенційних чинників ризику знаходився за допомогою моделі випадкових ефектів, у якій оцінка дисперсії (τ^2), обумовленої різними дослідженнями, розраховувалася під час аналізу кількісних показників за методом Sidak–Jonkman через велику варіабельність даних та за методом Paule–Mandel за допомогою аналізу якісних показників [12]

Додатково наведено точкові й інтервальні оцінки й інших показників гетерогенності між дослідженнями, а саме, статистику I^2 (Higgins & Thompson's I^2 statistic) та статистику H (Higgins & Thompson's H statistic).

Усі обчислення проводилися за довірчої ймовірності 95 %. Для всіх показників розраховувалися межі інтервалу прогнозу (prediction interval), що показує діапазон, до якого з імовірністю 95 % може потрапляти ефект, який спостерігатиметься у випадково вибраному з генеральної сукупності новому дослідженні [13, 14].

Для аналізу користувалися переважно функціями пакетів Meta, Metafor і Dmetar мови програмування R; для деяких допоміжних розрахунків використовували засоби табличного процесору MS Excel 2021.

Упевненість у сукупних доказах для кожного потенційного фактора (вік, низька МЩКТ, відсутність АОТ, витік цементу, жіноча стать) визначали за підходом GRADE зі застосуванням онлайн-платформи GRADEpro GDT (версія 2025.3).

Результати

Відбір досліджень

Пошук в електронних базах даних дозволив знайти 454 статті. Спочатку було видалено дублікати, звіти про випадки, листи, огляди та непорівняльні дизайни досліджень (№ = 243), залишивши для скринінгу 211 назв та анотацій. Потім два незалежні рецензенти оцінили відповідність, виключивши 183 публікації, в яких не було надано цифрових даних щодо групових відмінностей у пацієнтів з КПХ і НКПХ. Це призвело до вивчення 28 статей для включення. Після поглибленого огляду 11 досліджень було виключено через те, що вони не відповідають критеріям відповідності для порівняння груп пацієнтів із КПХ і НКПХ. Процес скринінгу виявив 17 публікацій для включення. Списки літератури також були переглянуті вручну, що дозволило знайти ще 3 дослідження, які відповідали критеріям. Будь-які розбіжності між рецензентами на будь-якому етапі були вирішені шляхом обговорення. Загалом, до метааналізу було включено 20 порівняльних робіт, визнаних відповідними, як показано на блок-схемі PRISMA (рис. 1).

Характеристика включених досліджень

У систематичний огляд було включено 20 публікацій, опублікованих у період із 2011 по 2024 рік (табл. 1), які проводилися: 12 — у Китаї, 5 — у Південній Кореї, по 1 — в Японії, Україні, Німеччині. За дизайном вони здебільшого мали ретроспективний когортний характер (n = 19), ще одне дослідження було перехресним. Загальна кількість пацієнтів, становила 7 923, з яких 1 487 (18,6 %) мали нові компресійні переломи хребців (НКПХ). Період спостереження коливався від 5 до 36 місяців, найчастіше — 12. Середній вік учасників становив від (64,3 ± 11,9) до (74,8 ± 7,8) років, із переважанням осіб старшого віку в усіх вибірках, розмір яких варіював від 60 до 2202 осіб. Частка пацієнтів із НКПХ коливалася від 18,3 до 51,9 % у межах окремих робіт. У досліджених публікаціях розглядалися такі можливі фактори ризику НКПХ: вік; стать (жіноча); ІМТ; відсутність АОТ; витік кісткового цементу; обсяг кісткового цементу; МЩКТ; КК; ушкодження T–L з'єднання в разі первинного перелому; відсоток відновлення КК і висоти хребця.

Загалом включені дослідження відрізнялися за дизайном, країною походження, періодом спостереження та часткою випадків нових переломів, що дозволило провести багатофакторний аналіз ризиків (табл. 2–4).

Оцінювання чинників ризику

Вік

Вплив віку пацієнтів на виникнення НКПХ досліджувався в 19 роботах, включених до метааналізу. У частині робіт старший вік асоціювався зі збільшенням ризику НКПХ, демонструючи ефект від помірного до великого, але значна їхня частина впливу віку не виявляла (рис. 2, а).

РЕПРИНТ

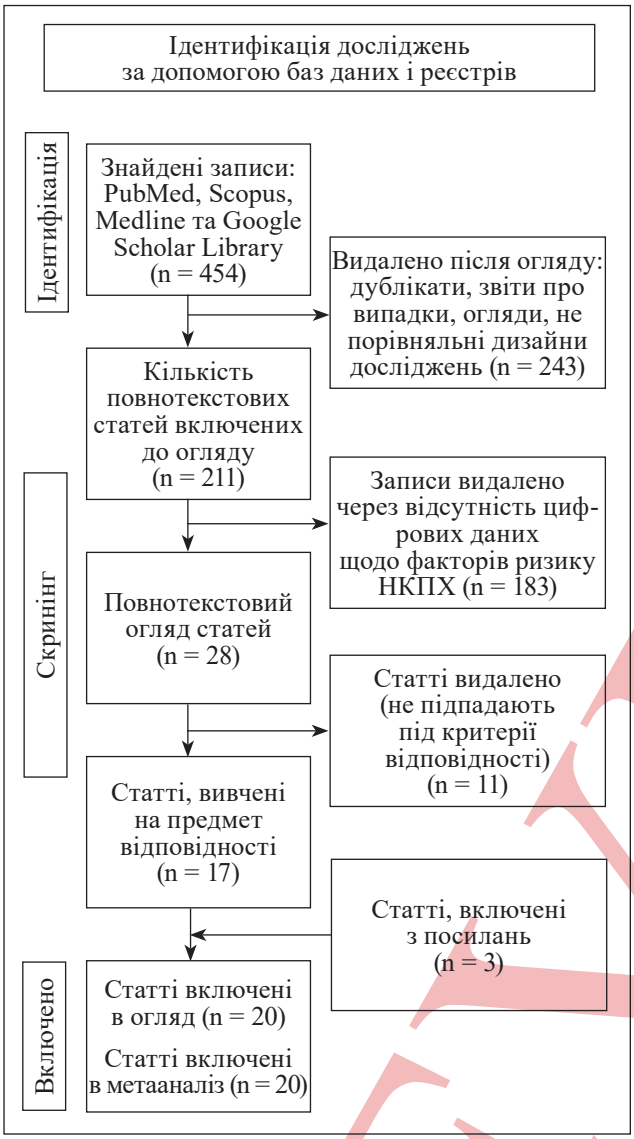


Рис. 1. Блок-схема відбору досліджень

Оцінений об'єднаний ефект (0,2891; 95 % ДІ: 0,1289–0,4494) свідчить про статистично значущий, але невеликий зв'язок віку з ризиком НКПХ. Висока гетерогенність (I^2 = 87,3 %; τ^2 = 0,0950) зумовила широкий прогнозний інтервал, що охоплює нуль. Після виключення 5 публікацій — статистичних викидів гетерогенність знизилась (I^2 = 24,9 %; τ^2 = 0,0281), а об'єднаний ефект залишився стабільним (0,2278; 95 % ДІ: 0,0971–0,3584), що свідчить про стійкий, але слабкий зв'язок (рис. 2, б).

Індекс маси тіла

В 11 дослідженнях оцінювали зв'язок ІМТ з НКПХ. Лише в роботі S. Cai та співавт. виявлено значущий позитивний ефект, тоді як більшість результатів мали інтервали, які включали нуль і свідчили про відсутність статистично значущого

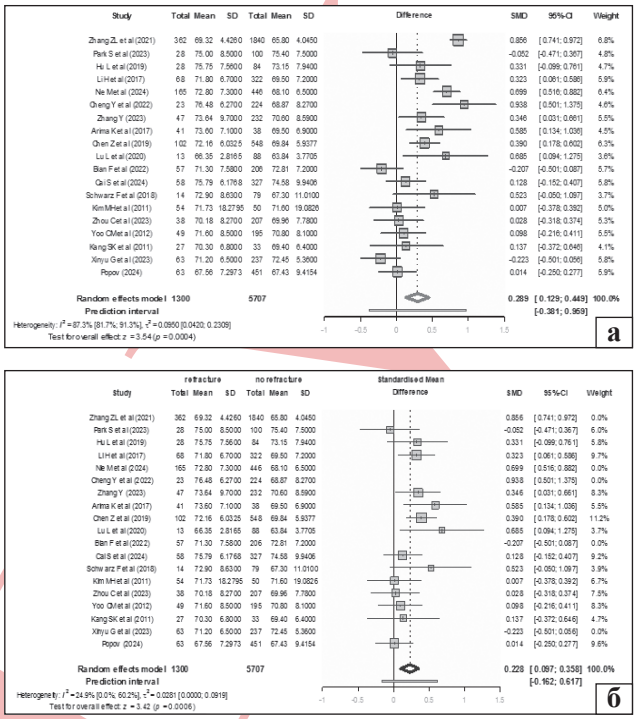


Рис. 2. Лісова діаграма зв'язку віку пацієнтів із новими переломами хребта: а) результати метааналізу; б) результати метааналізу після виключення статистичних викидів

впливу. Об'єднаний ефект становив –0,0670 (95 % ДІ: –0,2859; 0,1519), що також не підтверджує наявність асоціації. Гетерогенність була високою (I^2 = 78,8 %; τ^2 = 0,1032; H = 2,173).

Після виключення роботи S. Cai і співавт. гетерогенність знизилася до I^2 = 47,6 % (τ^2 = 0,0428; H = 1,382), але скоригований ефект –0,1502 (95 % ДІ: –0,3209; 0,0206) залишився статистично незначущим (рис. 3).

Обсяг кісткового цементу

В 9 роботах проаналізовано вплив обсягу КЦ на ризик НКПХ. Усі стандартизовані різниці середніх (d Коена) вказували на відсутність значущого ефекту (рис. 4). Об'єднаний ефект склав 0,0321 (95 % ДІ: –0,0736; 0,1379), а прогнозний інтервал (–0,162; 0,226) підтверджує відсутність асоціації. Результати досліджень виявились узгодженими, гетерогенність відсутня: τ^2 = 0,0042 (95 % ДІ: 0,000–0,0173), I^2 = 0,0 %, H < 1.

МЩКТ

У 13 дослідженнях встановлено значущий зв'язок між зниженою МЩКТ і ризиком НКПХ: об'єднаний ефект –0,6076 (95 % ДІ: –0,8881; –0,3271), що відповідає помірному або сильному впливу (рис. 5, а). Водночас висока гетерогенність (I^2 = 88,8 %; τ^2 = 0,2289; H = 2,982) зумовлена варіативністю результатів між роботами.

Таблиця 1

Базові дані включених досліджень

Автор / Рік	Країна / Дизайн	Загальна кількість пацієнтів	Група з НКПХ	Група без НКПХ	Follow-up міс.	Вік, роки	NOS
Zhang Z. L. 2021 [15]	Китай / РКГ	2202	362	1840	14,7	69,32 ± 4,43	8
Park S. 2023 [16]	Корея / РКГ	128	28	100	12,0	73,00 ± 7,00	7
Bian F. 2022 [17]	Китай / РКГ	371	81	290	24,0	71,60 ± 8,00	8
Chen Z. 2019 [18]	Китай / РКГ	650	102	548	24,0	73,50 ± 7,90	7
Li H. 2017 [19]	Китай / РКГ	390	68	322	18,0	70,00 ± 7,00	7
Hu L. 2019 [20]	Китай / РКГ	198	28	170	12,0	74,50 ± 7,80	6
Zhou C. 2023 [21]	Китай / РКГ	245	38	207	12,0	70,70 ± 7,00	7
Nie M. 2024 [22]	Китай / РКГ	611	165	446	36,0	71,80 ± 9,00	8
Cheng Y. 2022 [23]	Китай / РКГ	247	23	224	24,0	69,60 ± 8,40	7
Seo D. H. 2014 [24]	Корея / РКГ	206	29	177	14,0	72,50 ± 6,90	6
Arima K. 2017 [25]	Китай / РКГ	556	96	460	12,0	64,30 ± 11,90	6
Lu L. 2020 [26]	Китай / РКГ	101	21	80	24,0	68,20 ± 8,40	6
Zhang Y. 2023 [27]	Китай / РКГ	279	47	232	18,0	71,10 ± 8,80	8
Cai S. 2024 [28]	Китай / РКГ	385	58	327	12,0	70,20 ± 8,10	8
Kim M. H. 2011 [29]	Корея / РКГ	104	54	50	12,0	71,40 ± 7,50	6
Yoo C. M. 2012 [30]	Корея / РКГ	244	49	195	12,0	71,40 ± 7,50	6
Kang S. K. 2011 [31]	Корея / РКГ	60	27	33	12,0	71,00 ± 7,20	6
Guo X. 2023 [32]	Китай / РКГ	300	100	200	22,4	71,60 ± 8,60	6
Schwarz F. 2018 [33]	Німеччина / РКГ	93	19	74	12,0	68,10 ± 9,40	6
Popov A. 2024 [34]	Україна / РКГ	553	92	461	12,0	69,00 ± 8,00	3

Примітка. РКГ — ретроспективна когорта.

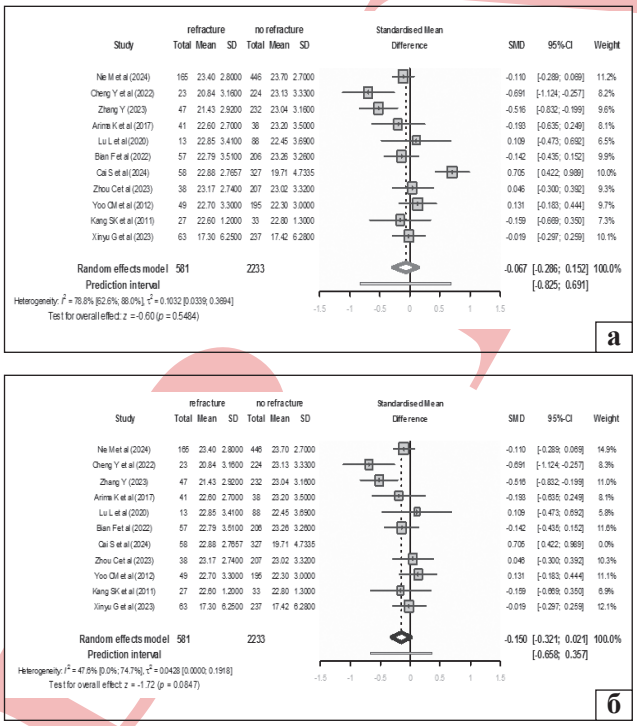


Рис. 3. Лісова діаграма зв'язку ІМТ пацієнтів із новими переломами хребта: а) результати метааналізу; б) результати метааналізу після виключення статистичних викидів

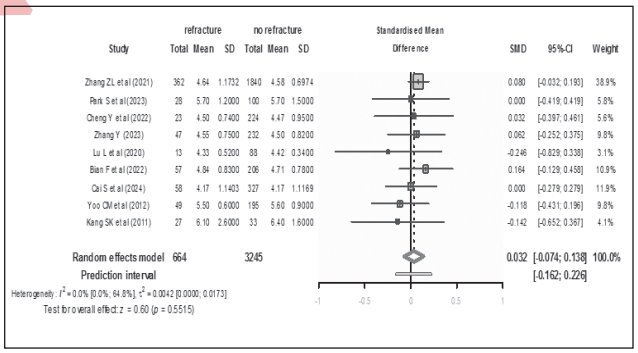


Рис. 4. Лісова діаграма зв'язку обсягу кісткового цементу з новими переломами хребта (результати метааналізу)

Після виключення статистичних викидів гетерогенність зменшилась (I^2 = 72,1 %; τ^2 = 0,0537; H = 1,892), а скоригований ефект –0,5515 (95 % ДІ: –0,7248; –0,3783 (рис. 5, б)) підтверджує стійкий вплив низької МЩКТ на ризик НКПХ. Прогнозний інтервал (–1,104; 0,001) вказує, що подібні результати слід очікувати і в майбутніх дослідженнях.

Кіфотичний кут

Про величину КК перед хірургічним лікуванням нам вдалося знайти дані лише у 4 публікаціях.

Таблиця 2

Досліджувані фактори ризику НКПХ

№	Автор / Рік	Фактор ризику
1	Zhang Z. L. 2021 [15]	Вік, обсяг цементу, витік цементу, ІМТ, МЩКТ, КК
2	Park S. 2023 [16]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, АОТ, ІМТ,КК, % відновлення КК, T-L з'єднання, % відновлення висоти хребця
3	Bian F. 2022 [17]	Вік, стать, АОТ, ІМТ, МЩКТ, T-L з'єднання
4	Chen Z. 2019 [18]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, T-L з'єднання
5	Li H. 2017 [19]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, T-L з'єднання
6	Hu L. 2019 [20]	Вік, стать, об'єм КЦ, витік КЦ, АОТ, ІМТ
7	Zhou C. 2023 [21]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, МЩКТ, T-L з'єднання, КК, % відновлення КК
8	Nie M. 2024 [22]	Вік, стать, витік КЦ, МЩКТ, % відновлення КК,
9	Cheng Y. 2022 [23]	Вік, стать, витік КЦ, ІМТ, МЩКТ, T-L з'єднання
10	Seo D. H. 2014 [24]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, МЩКТ, T-L з'єднання, % відновлення КК
11	Arima K. 2017 [25]	Вік, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, МЩКТ, КК
12	Lu L. 2020 [26]	Вік, стать, ІМТ, МЩКТ, КК, % відновлення висоти хребця
13	Zhang Y. 2023 [27]	Вік стать, витік КЦ, МЩКТ
14	Cai S. 2024 [28]	Вік, стать, кількість КЦ, витік КЦ
15	Kim M. H. 2011 [29]	Вік, обсяг цементу, витік цементу, ІМТ, МЩКТ, КК
16	Yoo C. M. 2012 [30]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, АОТ, ІМТ,КК, % відновлення КК, T-L з'єднання, % відновлення висоти хребця
17	Kang S. K. 2011 [31]	Вік, стать, АОТ, ІМТ, МЩКТ, T-L з'єднання
18	Guo X. 2023 [32]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, T-L з'єднання
19	Schwarz F. 2018 [33]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, ІМТ, T-L з'єднання
20	Popov A. 2024 [34]	Вік, стать, обсяг КЦ, витік КЦ, АОТ, ІМТ

Примітки: ІМТ — індекс маси тіла, МЩКТ — мінеральна щільність кісткової тканини, КК — кіфотичний кут, АОТ — антиостеопоротична терапія, КЦ — кістковий цемент.

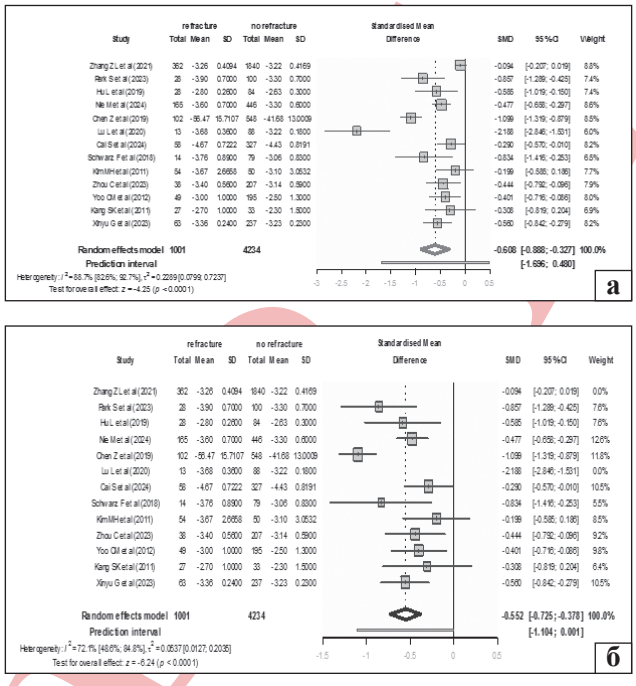


Рис. 5. Лісова діаграма зв'язку МЩКТ із новими переломами хребта: а) результати метааналізу; б) результати метааналізу після видалення викидів

На підставі складання їхніх даних нами оцінено розмір об'єднаного ефекту для цього показника на рівні 0,0805 із 95 % ДІ: – 0,172; 0,333 та інтервалом прогнозу від – 0,6217 до 0,7827 (рис. 6). Такі результати свідчать про відсутність ефекту впливу КК на виникнення НКПХ.

Статистичні дані за Хіггінсом-Томпсоном H = 1,3508 із 95 % ДІ: (1,00; 2,34) та I^2 = 45,195 % із 95 % ДІ: (0,0; 81,7) % вказували на помірну гетерогенність, що також підтверджувалося даними загальної дисперсії τ^2 = 0,0321 із 95 % ДІ: (0,0000; 0,7587), але водночас статистичних викидів не було виявлено.

Відсоток відновлення кіфотичного кута

Лише 2 дослідження оцінили вплив відносного відновлення КК після операції на ризик НКПХ. Один результат вказував на помірний ефект, інший — на його відсутність (рис. 6). Об'єднаний ефект становив 0,247 (95 % ДІ: –0,144; 0,638), що не дозволяє зробити висновок про наявність статистично значущого зв'язку. Прогнозний інтервал (–3,448; 3,942) майже симетричний, що свідчить

про невизначеність результатів у майбутніх роботах. Отримані дані можуть бути обмежені малою кількістю включених досліджень. Гетерогенність оцінена як помірна: I^2 = 57,0 %, τ^2 = 0,0449, H = 1,526.

Відсоток відновлення висоти хребців після вертебропластики

У 3 роботах вивчалася висота хребців та її відносне (%) відновлення після хірургічного лікування. Результати цих досліджень демонстрували помірну гетерогенність (Хіггінса-Томпсона H = 1,1727 з 95 % ДІ: 1,00; 3,64; I^2 = 27,282 % з 95 % ДІ = (0,0; 92,4) %; τ^2 = 0,0315 з 95 % ДІ: 0,0000; 2,6329), а об'єднаний ефект складав 0,2397 із 95 % ДІ: –0,0755; 0,5549. Це свідчить про відсутність значущого ефекту відновлення висоти хребців після операції на виникнення НКПХ. Проте, слід зауважити, що для обґрунтованих висновків необхідна більша кількість публікацій з цього питання (рис. 7).

Жіноча стать

У 4 із 17 публікацій було виявлено потенційний зв'язок між жіночою статтю та ризиком нових компресійних переломів хребців, одна з робіт (G. Xinyu і співавт.) показала зворотний ефект.

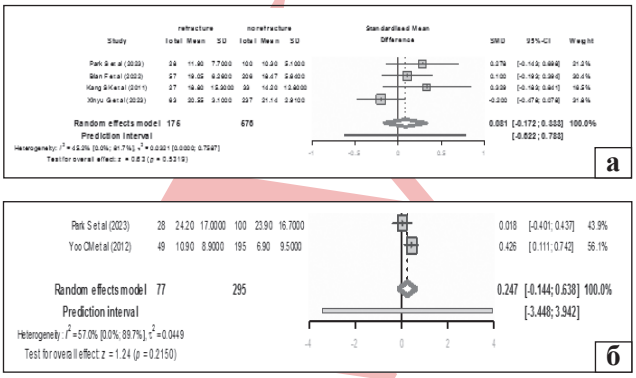


Рис. 6. Лісова діаграма зв'язку: а) кіфотичний кут із новими переломами хребта; б) відсотка відновлення кіфотичного кута унаслідок операції із новими переломами хребта. Результати метааналізу

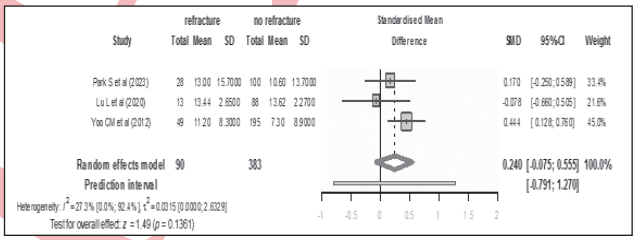


Рис. 7. Лісова діаграма зв'язку відсотка відновлення висоти хребців після операції з новими переломами хребта (результати метааналізу)

Таблиця 3

Результати метааналізу щодо впливу можливих чинників ризику (кількісні показники) на виникнення нових переломів хребта

Показник	Розмір об'єднаного ефекту	Ефект	Кількість досліджень	Показник гетерогенності		
	Cohen's d (95 % CI)			Higgins & Thompson's H,	*τ^2 (95 % CI)	I^2 (%) (95 % CI)
**Вік пацієнта	0,289 (0,129; 0,449)	слабкий	19	2,810	0,095 (0,042; 0,231)	87,3 (81,7; 91,3)
Вік пацієнта	0,228 (0,097; 0,358)	слабкий	14	1,154	0,028 (0,000; 0,092)	24,9 (0,0; 60,2)
**ІМТ	–0,067 (–0,286; 0,152)	відсутній	11	2,173	0,103 (0,034; 0,369)	78,8 (62,6; 88,0)
ІМТ	–0,150 (–0,321; 0,021)	відсутній	10	1,382	0,043 (0,000; 0,192)	47,6 (0,0; 74,7)
Обсяг КЦ	0,032 (–0,074; 0,138)	відсутній	9	0,678	0,004 (0,000; 0,017)	0,0 (0,0; 64,8)
**МЩКТ	–0,608 (–0,888; –0,327)	помірний	13	2,982	0,229 (0,0799; 0,724)	88,8 (82,6; 92,7)
МЩКТ	–0,552 (–0,725; –0,378)	помірний	11	1,892	0,054 (0,013; 0,204)	72,1 (48,6; 84,8)
Кіфотичний кут	0,081 (–0,172; 0,333)	відсутній	4	1,351	0,032 (0,000; 0,759)	45,2 (0,0; 81,7)
% відновлення кіфотичного кута	0,247 (–0,144; 0,638)	відсутній	2	1,526	0,045 (N/A)	57,0 (0,0; 89,7)
% відновлення висоти хребців	0,240 (–0,076; 0,555)	відсутній	3	1,173	0,032 (0,000; 2,633)	27,3 (0,0; 92,4)

Примітки: * — загальна дисперсія між дослідженнями (τ^2) оцінена за методом Шідака-Джонкмана (Sidak-Jonkman); ** — дані до виключення статистичних викидів.

За рештою робіт відношення шансів не були статистично значущими (95 % ДІ включали 1), а об'єднаний ефект становив 1,20 (95 % ДІ: 0,91–1,58), що не підтверджує зв'язку. Гетерогенність була істотною: I^2 = 59,1 %, τ^2 = 0,1785, H = 1,56.

Після виключення статистичного викиду (G. Xinyu зі співавт.) гетерогенність знизилася до помірної (I^2 = 39,3 %; τ^2 = 0,0873; H = 1,28), а скоригований ефект зріс до 1,30 (95 % ДІ: 1,03–1,66), що свідчить про значуще підвищення ризику нових компресійних переломів хребців у жінок (≈ 30 %). Прогнозний інтервал (0,66–2,58) вказує на можливу варіативність ефекту в майбутніх дослідженнях (рис. 8, 9).

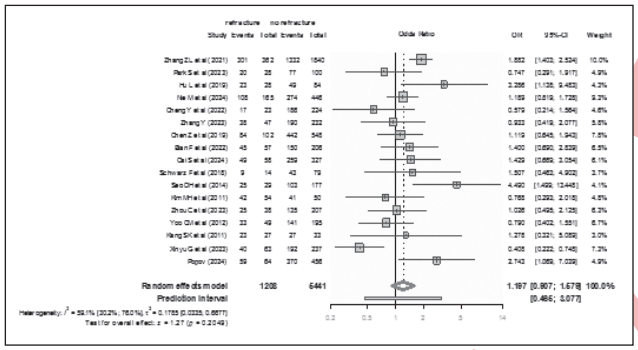


Рис. 8. Лісова діаграма зв'язку жіночої статі з новими переломами хребта (результати метааналізу)

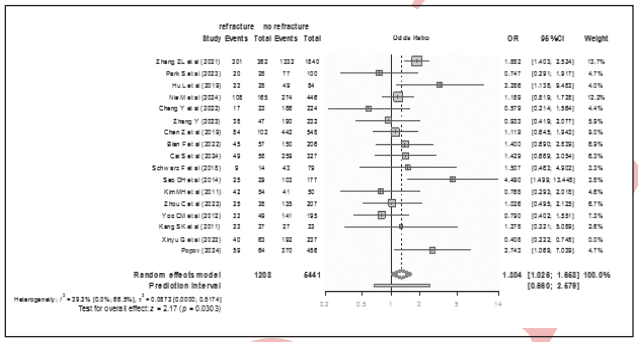


Рис. 9. Лісова діаграма зв'язку статі пацієнта з новими переломами хребта (результати метааналізу після виключення статистичних викидів)

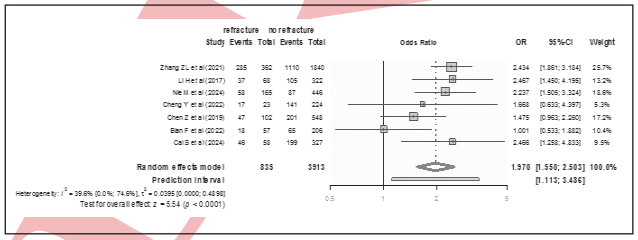


Рис. 10. Лісова діаграма зв'язку відсутності антиостеопоротичної терапії з новими переломами хребта (результати метааналізу)

Відсутність антиостеопорозного лікування

Дослідження щодо впливу відсутності АОТ на виникнення НКПХ показали помірну гетерогенність (τ^2 = 0,0395 з 95 % ДІ: (0,0000; 0,4898), H = 1,2862 із 95 % ДІ: 1,00; 1,98, I^2 = 39,553 % з 95 % ДІ: (0,0; 74,6) %). Оцінка об'єднаного ефекту для цього фактора ризику становила 1,9695 із 95 % ДІ: 1,5498; 2,5030 та інтервалом прогнозу від 1,1129 до 3,4856 (рис. 10), що дозволяє зробити висновок про збільшення шансів НКПХ за відсутності АОТ вдвічі.

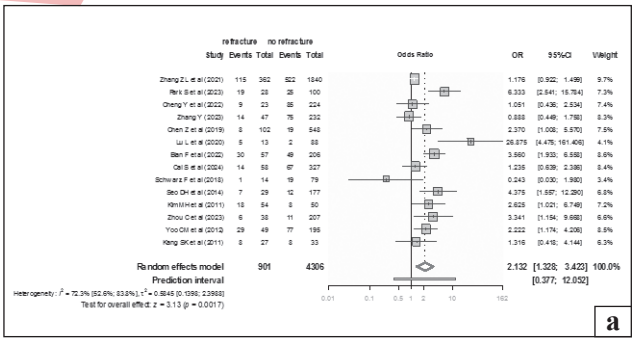
Витік кісткового цементу

Вплив витоку КЦ на ризик НКПХ виявився статистично значущим: об'єднаний ефект становив 2,13 (95 % ДІ: 1,33–3,42), що свідчить про майже дворазове зростання шансів (рис. 11). Проте гетерогенність була суттєвою (I^2 = 72,3 %; τ^2 = 0,5846; H = 1,90).

Після виключення статистичних викидів (L. Lu зі співавт.) ефект залишився значущим — 1,92 (95 % ДІ: 1,30–2,82), прогнозний інтервал звузився (0,53–6,97), а гетерогенність знизилась до I^2 = 67,8 % (τ^2 = 0,3129; H = 1,76), але залишилася помірно високою.

T–L з'єднання

Оцінка об'єднаного ефекту щодо ураження T–L з'єднання не виявила значущого зв'язку з НКПХ (ефект 0,9017; 95 % ДІ: 0,5132–1,5843; рис. 12).



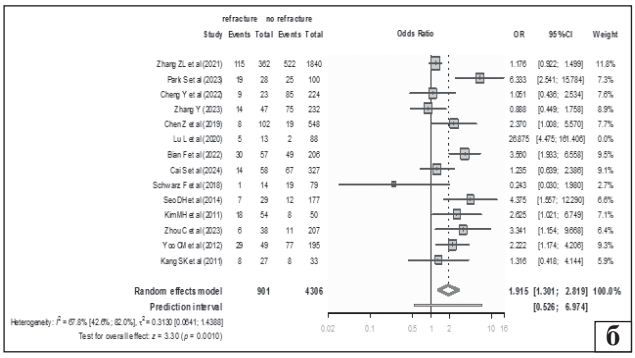


Рис. 11. Лісова діаграма зв'язку витоку кісткового цементу з новими переломами хребта: а) результати метааналізу; б) результати метааналізу після видалення статистичних викидів

Таблиця 4

Результати метааналізу щодо впливу можливих чинників ризику (якісні показники) на виникнення нових переломів хребта

Показник	Розмір об'єднаного ефекту	Кількість досліджень	Показник гетерогенності		
	OR (95 % CI)		Higgins & Thompson's H,	*τ^2 (95 %–CI)	I^2 (%) (95 %–CI)
**Жіноча стать	1,966 (0,9066; 1,5792)	17	1,5640	0,1785 (0,0335; 0,6677)	59,12 (30,2; 76,0)
Жіноча стать	1,3041 (1,0256; 1,6583)	16	1,2840	0,0873 (0,000; 0,5174)	39,31 (0,0; 66,5)
Відсутність остеопоротичного лікування	1,9695 (1,5498; 2,5030)	7	1,2860	0,0395 (0,000; 0,4898)	39,55 (0,0; 74,6)
**Витік кісткового цементу	2,1318 (1,3276; 3,4233)	14	1,8990	0,5846 (0,1398; 2,3988)	72,275 (52,6; 83,8)
Витік кісткового цементу	1,9152 (1,3013; 2,8186)	13	1,7630	0,3129 (0,0641; 1,4388)	67,82 (42,6; 82,0)
**Ушкодження T–L з'єднання	0,9069 (0,3765; 2,1847)	10	3,6898	1,8336 (0,7846; 6,4829)	92,66 (88,6; 95,3)
Ушкодження T–L з'єднання	0,9017 (0,5132; 1,5843)	8	1,9807	0,4796 (0,1153; 1,5843)	74,51 (48,5; 87,4)

Примітки: * — загальна дисперсія між дослідженнями (τ^2) оцінена за методом Поля–Манделя (Paule–Mandel); ** — дані до виключення статистичних викидів.

Таблиця 5

Профіль доказовості (GRADE) чинників ризику нових компресійних переломів хребців після пункційної вертебропластики

Чинник	К-сть досл. / пацієнтів	Об'єднаний ефект (95 % ДІ)	I^2, %	Рівень упевненості
Відсутність АОТ	7 / 4 748	OR = 1,97 (1,55;2,50)	40	⊕⊕⊕ Помірний
Витік кісткового цементу	13 / 5 106	OR = 1,92 (1,30;2,82)	68	⊕⊕⊕ Помірний
Низька МЩКТ	11 / 2 932	Cohen's d = 0,55 (0,38;0,73)	72	⊕⊕⊕ Помірний
Похилий вік	14 / 3 384	Cohen's d = 0,29 (0,13;0,45)	25	⊕⊕ Низький
Жіноча стать	16 / 6 349	OR = 1,30 (1,03;1,66)	39	⊕⊕ Низький

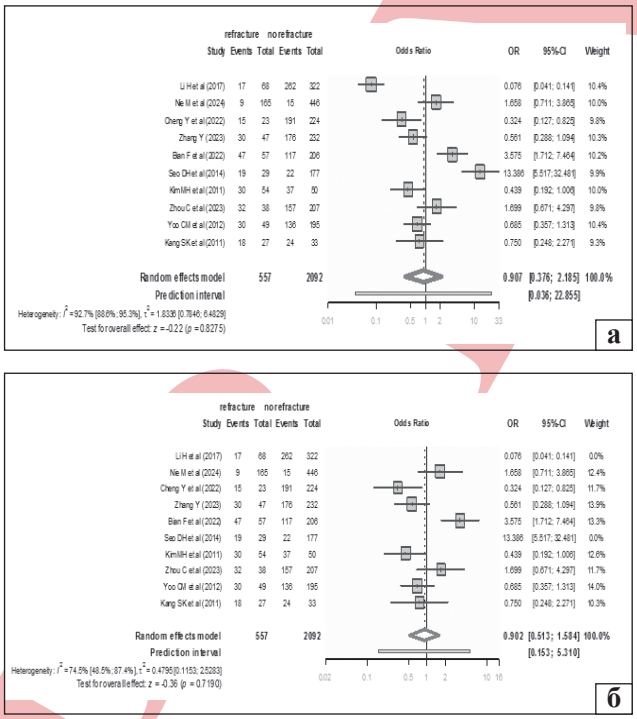


Рис. 12. Лісова діаграма зв'язку ушкодження T–L з'єднання у первинному переломі з новими переломами хребта: а) результати метааналізу; б) результати метааналізу після видалення статистичних викидів

Первісна гетерогенність була дуже високою (I^2 = 92,7 %; τ^2 = 1,8336; H = 3,69), зі статистичними викидами у працях H. Li та D. H. Seo зі співавт. Після їх виключення гетерогенність знизилась, але залишалась високою (I^2 = 74,5 %; τ^2 = 0,4795; H = 1,98), а скоригований ефект залишився статистично незначущим.

Для показників, об'єднаний ефект яких виявився значущим, нами додатково оцінено профіль доказовості за підходом GRADE (табл. 5).

Обговорення

Порівняння нашого метааналізу з попередніми систематичними оглядами демонструє як стійку конвергенцію результатів, так і принципові відмінності, що мають клінічне значення. Насамперед, усі роботи підтверджують ключову роль низької МЩКТ у формуванні ризику НКПХ після вертебропластики. У нашому дослідженні ефект був помірним (d ≈ –0,55) і залишався стабільним у чутливих аналізах, що узгоджується з даними G. Zhai і співавт. (SMD ≈ –0,41) й частково з результатами C. Dai зі співавт. (WMD ≈ –0,38). Отже, своєчасна діагностика й агресивна корекція

остеопорозу залишаються безальтернативною ланкою профілактики нових переломів [35, 36].

Помітним чинником виявився і витік кісткового цементу. У нашому аналізі він майже подвоював імовірність перелому (OR ≈ 1,92), що практично співпадає з метааналізом C. Dai та співавт. [36] (OR ≈ 2,05) і підтримує висновки попереднього огляду K. Mao зі співавт. [37]. Актуальне дослідження Y. Wu і співавт. деталізувало анатомічні передумови витоку цементу, а саме порушення кіркового шару та вакуум-щілини, підкреслюючи важливість нейтралізації саме цих факторів під час втручання [38].

Особливий внесок нашої роботи полягає в кількісному оцінюванні впливу відсутності антиостеопоротичної терапії. Ми показали, що ігнорування медикаментозної підтримки майже вдвічі збільшує ризик нового перелому, тоді як більшість попередніх оглядів лише описували цей зв'язок без статистичної верифікації [36, 37]. Цей результат висуває АОТ у першу ланку стратегій вторинної профілактики.

Щодо демографічних змінних, жіноча стать асоціювалася майжем зі 30 % зростанням ризику, що співпало з підрахунками C. Dai, хоча в огляді G. Zhai статистичної значущості не досягнуто. Віковий показник продемонстрував невеликий, але відтворюваний вплив: у нашому об'єднанні ефектів середньозважена різниця становила близько 2–3 років, що практично дорівнює результатам C. Dai, тоді як огляд G. Zhai, обмежений вибіркою до 2017 р., не виявив сигнального ефекту .

Цікавим є й той факт, що ні обсяг цементу, ні індекс маси тіла не продемонстрували достовірного зв'язку з частотою нових переломів ані у нашому, ані в попередніх оглядах. Це дає підстави відмовитися від необґрунтованих спроб коригувати саме ці параметри задля зниження ризику.

Методологічно наше дослідження вирізняється ширшим залученням майже 7000 пацієнтів із різних регіонів та використанням сучасних статистичних підходів (Sidik–Jonkman, Paule–Mandel, прогнозні інтервали, GRADE), тоді як більшість попередників застосовували класичну модель DerSimonian–Laird без градації впевненості доказів. Це забезпечує вищу зовнішню валідність і практичну придатність наших висновків.

Обмеження

По-перше, переважна більшість включених нами досліджень мали ретроспективний когортний дизайн (19 з 20), що обмежує доказовість висновків через потенційний ризик систематичних помилок. По-друге, спостерігалася значна гетерогенність результатів між дослідженнями щодо таких чинників, як вік, МЩКТ і витік цементу ($I^2 > 70$ %), що свідчить про варіабельність методологій, характеристик популяцій та інтерпретації результатів у різних спостереженнях. Хоча було проведено чутливі аналізи з виключенням статистичних викидів, залишкова гетерогенність зберігалася. По-третє, деякі потенційно значущі фактори ризику мали недостатнє число включених досліджень (% відновлення висоти хребця, % відновлення КК, КК), що обмежує достовірність висновків щодо них.

Зазначимо, що більшість досліджень, використаних для аналізу (91 % випадків (18 із 20 спостережень)) розглядали азійську популяцію. Це є суттєвим з огляду на те, що для оцінювання МЩКТ обов'язково враховують расу, бо у представників цієї популяції нижче ризик розвитку остеопорозу порівняно з європейською расою.

Висновки

Систематичний огляд і метааналіз 20 публікацій засвідчили, що найвагомішими предикторами нових компресійних переломів хребців після пункційної вертебропластики є відсутність антиостеопоротичної терапії, витік кісткового цементу та низька мінеральна щільність кісткової тканини за першими двома із цих чинників шанси нового перелому підвищуються приблизно вдвічі, при чому якість доказів за GRADE оцінена як помірна. Жіноча стать збільшує ймовірність приблизно на третину, а старший вік має статистично значущий, але слабкий ефект; для них рівень упевненості залишається низьким. Натомість обсяг цементу, величина та корекція кіфозу, відновлення висоти хребця, індекс маси тіла, маса тіла й ураження T–L з'єднання не виявили суттєвого зв'язку з новими переломами.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Перспективою майбутніх досліджень буде створення уніфікованої системи лікування, профілактики та прогнозування НКПХ після ПВП, а також впровадження в протоколи лікування таких хворих у лікарнях України.

Інформація про фінансування. Дослідження проведено в межах здійснення науково-дослідної роботи ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» «Розробити прогнозування та вдосконалити лікування нових компресійних переломів хребців грудного та поперекового відділів хребта в пацієнтів з дифузним остеопорозом після вертебропластики» (№ держреєстрації 0123U1042019).

Внесок авторів. Попов А. І. — розробка концепції дослідження, участь у зборі даних, аналіз результатів; Молодюк М. В. — збір даних, аналіз результатів, оформлення рукопису; Куценко В. О. — розробка концепції дослідження,

PREPRINT

участь у зборі даних; Нессонова М. М. — статистична обробка цифрових даних та опис показників. Усі автори брали участь у написанні статті та схвалили остаточний рукопис.

Список літератури

1. Yu, F., & Xia, W. (2019). The epidemiology of osteoporosis, associated fragility fractures, and management gap in China. *Archives of osteoporosis, 14*(1), 32. https://doi.org/10,1007/s11657-018-0549-y
2. Noriega, D., Marcia, S., Theumann, N., Blondel, B., Simon, A., Hassel, F., Maestretti, G., Petit, A., Weidle, P. A., Mandly, A. G., Kaya, J., Touta, A., Fuentes, S., & Pflugmacher, R. (2019). A prospective, international, randomized, noninferiority study comparing an implantable titanium vertebral augmentation device versus balloon kyphoplasty in the reduction of vertebral compression fractures (SAKOS study). *The spine journal, 19*(11), 1782–1795. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2019.07.009.
3. Ballane, G., Cauley, J. A., Luckey, M. M., & El-Hajj Fuleihan, G. (2017). Worldwide prevalence and incidence of osteoporotic vertebral fractures. *Osteoporosis international, 28*(5), 1531–1542. https://doi.org/10.1007/s00198-017-3909-3
4. O'Neill, T. W., Felsenberg, D., Varlow, J., Cooper, C., Kanis, J. A., & Silman, A. J. (1996). The prevalence of vertebral deformity in European men and women: The European vertebral osteoporosis study. *Journal of bone and mineral research, 11*(7), 1010–1018. https://doi.org/10.1002/jbmr.5650110719.
5. Alexandru, D., & So, W. (2012). Evaluation and management of vertebral compression fractures. *The permanente journal,* 16, 46–51. https://doi.org/10,7812/TPP/12-037
6. Beall, D. (2018). Review of vertebral augmentation: An updated meta-analysis of the effectiveness. *International Journal of spine surgery*, 12, 295–321. https://doi.org/10,14444/5036
7. Galibert P, Deramond H, Rosat P, & Le Gars D. (1987). Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie*; 33, 166–168. [in French]
8. Fusco, A. (2019). Benefits and harms of percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: A Cochrane review summary with commentary. *American journal of physical medicine & rehabilitation, 98*(12), 1151–1152. https://doi.org/10,1097/PHM.0000000000001274
9. Zhang, Y., Shi, L., Tang, P., & Zhang, L. (2017). Comparison of the efficacy between two micro-operative therapies of old patients with osteoporotic vertebral compression fracture: A network meta-analysis. *Journal of cellular biochemistry, 118*(10), 3205–3212. https://doi.org/10,1002/jcb.25966
10. Wan, X., Wang, W., Liu, J., & Tong, T. (2014). Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range. *BMC Medical research methodology, 14*(1). https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-135
11. Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A., & Ebert, D. D. (2021). Pooling effect sizes. Doing Meta-Analysis with R, 93–138. https://doi.org/10.1201/9781003107347-6
12. Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A., & Ebert, D. D. (2021). Between-study heterogeneity. Doing Meta-Analysis with R, 139–172. https://doi.org/10.1201/9781003107347-7.
13. Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2021). Introduction to meta-analysis. https://doi.org/10.1002/9781119558378
14. Spineli, L. M., & Pandis, N. (2020). Prediction interval in random effects meta analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 157*(4), 586–588. https://doi.org/10,1016/j.ajodo.2019.12.011
15. Zhang, Z.-L., Yang, J.-S., Hao, D.-J., Liu, T.-J., & Jing, Q.-M. (2021). Risk factors for new vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *Clinical interventions in aging*, 16, 1193–1200, https://doi.org/10,2147/CIA.S312623
16. Park, S., Choi, S. S., Kim, H., Byun, S. Y., & Lee, C. H. (2023). Risk factors for new vertebral compression fracture after vertebroplasty and efficacy of osteoporosis treatment: A STROBE-compliant retrospective study. *Medicine, 102*(47), e35042. https://doi.org/10,1097/MD.0000000000035042
17. Bian, F., Bian, G., Zhao, L., Huang, S., Fang, J., & An, Y. (2022). Risk factors for recollapse of new vertebral compression fractures after percutaneous kyphoplasty in geriatric patients: Establishment of a nomogram. *BMC Musculoskeletal disorders*, 23, 458. https://doi.org/10,1186/s12891-022-05409-3
18. Chen, Z., Wu, Y., Ning, S., Ma, T., & Wu, Z. (2019). Risk factors of secondary vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty: A retrospective study of 650 patients. *Medical science monitor*, 25, 9255–9261. https://doi.org/10,12659/MSM.915312
19. Li, H., Yang, D.-L., Ma, L., Wang, H., Ding, W.-Y., & Yang, S.-D. (2017). Risk factors associated with adjacent vertebral compression fracture following percutaneous vertebroplasty after menopause: A retrospective study. *Medical science monitor,* 23, 5271–5276. https://doi.org/10,12659/MSM.907364
20. Hu, L., Sun, H., Wang, H., Cai, J., Tao, Y., Feng, X., & Wang, Y. (2019). Cement injection and postoperative vertebral fractures during vertebroplasty. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 14, 228. https://doi.org/10,1186/s13018-019-1273-z
21. Zhou, C., Huang, S., Liao, Y., Chen, H., Zhang, Y., Li, H., Zhu, Z., & Wang, Y. (2023). Correlation analysis of larger side bone cement volume/vertebral body volume ratio with adjacent vertebral compression fractures during vertebroplasty. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1072087. https://doi.org/10,3389/fendo.2023.1072087
22. Nie, M., Chen, Z., Shi, L., Cao, H., & Xu, L. (2024). Prediction of new vertebral compression fracture within 3 years after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: Establishment and validation of a nomogram prediction model. *PLOS ONE, 19*(5), e0303385. https://doi.org/10,1371/journal.pone.0303385
23. Cheng, Y., Cheng, X., & Wu, H. (2022). Risk factors of new vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty. *Frontiers in endocrinology*, 13, 964578. https://doi.org/10,3389/fendo.2022.964578
24. Seo, D.-H., Oh, S.-H., Yoon, K. W., Ko, J. H., Kim, Y. J., & Lee, J. Y. (2014). Risk factors of new adjacent compression fracture after percutaneous vertebroplasty: Effectiveness of bisphosphonate in osteoporotic or osteopenic elderly patients. *Korean journal of neurotrauma, 10*(2), 86–91. https://doi.org/10,13004/kjnt.2014.10,2.86
25. Arima, K., Abe, Y., Nishimura, T., Okabe, T., Tomita, Y., Mizukami, S., Kanagae, M., & Aoyagi, K. (2017). Association of vertebral compression fractures with physical performance measures among community-dwelling Japanese women aged 40 years and older. *BMC musculoskeletal disorders*, 18, 188. https://doi.org/10,1186/s12891-017-1531-3
26. Lu, L., Liu, Y., Nazierhan, S., Sun, Z., Aikeremu, D., Alimasi, W., Xu, K., Niyazi, W., & Wang, H. (2020). Expression changes of IL-17 in zoledronic acid combined with PVP technology in the treatment of postmenopausal osteoporotic vertebral compression fracture and its predictive value of relapse. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions, 20*(4), 563–569.
27. Zhang, Y., Sun, J. J., Zhang, Z., Huang, F., Lv, J., & Zhu, Q. (2023). Risk factors for new vertebral compression fracture after percutaneous vertebral augmentation: A retrospective study. *Medical science monitor*, 29, e940134. https://doi.org/10,12659/MSM.940134
28. Cai, S., Liu, W., Cai, X., Xu, C., Hu, Z., Quan, X., Deng, Y., Yao, H., Chen, B., Li, W., Yin, C., & Xu, Q. (2024). Predicting osteoporotic fractures post-vertebroplasty: A machine learning approach with a web-based calculator. *BMC surgery*, 24, 142.

PREPRINT

https://doi.org/10,1186/s12893-024-02427-x
29. Kim, M.-H., Lee, A. S., Min, S.-H., & Yoon, S.-H. (2011). Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. *Asian spine journal, 5*(3), 180–187. https://doi.org/10,4184/asj.2011.5.3.180
30. Yoo, C. M., Park, K. B., Hwang, S. H., Kang, D. H., Jung, J. M., & Park, I. S. (2012). The analysis of patterns and risk factors of newly developed vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty. *Journal of Korean neurosurgical society, 52*(4), 339–345. https://doi.org/10,3340/jkns.2012.52.4.339
31. Kang, S.-K., Lee, C.-W., Park, N.-K., Kang, T.-W., Lim, J.-W., Cha, K.-Y., & Kim, J.-H. (2011). Predictive risk factors for refracture after percutaneous vertebroplasty. *Annals of rehabilitation medicine, 35*(6), 844–851. https://doi.org/10,5535/arm.2011.35.6.844
32. Guo, X., Zhu, N., Zhang, H., & Dingjun, H. (2023). Vertebral refracture after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures with and without brace wearing: A retrospective study of 300 patients. *Frontiers in surgery,* 9, 1056729. https://doi.org/10,3389/fsurg.2023.1056729
33. Schwarz, F., Burckhart, M., Lawson McLean, A., Kalff, R., & Waschke, A. (2018). Risk factors for adjacent fractures after cement-augmented thoracolumbar pedicle screw instrumentation. *International journal of spine surgery, 12*(5), 565–570, https://doi.org/10,14444/5069
34. Popov, A., & Moloduk, M. (2024). Analysis of the results of percutaneous vertebroplasty of compression fractures of bodies of chest and lumbar vertebrae on the background of osteoporosis. *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (1), 13–18. https://doi.org/10,15674/0030-59872024113-18
35. Zhai, G., Li, A., Liu, B., Lv, D., Zhang, J., Sheng, W., Yang, G., & Gao, Y. (2021). A meta-analysis of the secondary fractures for osteoporotic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty. *Medicine, 100*(16), e25396. https://doi.org/10,1097/MD.0000000000025396
36. Dai, C., Liang, G., Zhang, Y., Dong, Y., & Zhou, X. (2022). Risk factors of vertebral re-fracture after PVP or PKP for osteoporotic vertebral compression fractures, especially in Eastern Asia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 17, 161. https://doi.org/10,1186/s13018-022-03038-z
37. Mao, W., Dong, F., Huang, G., He, P., Chen, H., Qin, S., & Li, A. (2021). Risk factors for secondary fractures to percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: A systematic review. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 16, 644. https://doi.org/10,1186/s13018-021-02722-w
38. Wu, Y., Zhou, Z., Lu, G., Ye, L., Lao, A., Ouyang, S., Song, Z., & Zhang, Z. (2025). Risk factors for cement leakage after percutaneous vertebral augmentation for osteoporotic vertebral compression fractures: A meta-analysis. *International journal of surgery*, 111, 1231–1243. https://doi.org/10,1097/JS9.0000000000001895

Стаття надійшла до редакції	Отримано після рецензування	Прийнято до друку
06.06.2025	18.06.2025	03.07.2025

RISK FACTORS FOR RECURRENT VERTEBRAL COMPRESSION FRACTURES AFTER PERCUTANEOUS VERTEBROPLASTY IN OSTEOPOROTIC PATIENTS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

A. I. Popov [1], M. V. Moloduk [1], V. O. Kutsenko [1], M. M. Nessonova [2]

[1] Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv
[2] Private higher educational institution «Kharkiv International Medical University». Ukraine

✉ Andrii Popov, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: aipopovdoc@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-9006-7721
✉ Mykyta Moloduk, MD: NikitaMoloduk@gmail.com; https://orcid.org/0009-0005-0058-424X
✉ Volodymyr Kutsenko, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: kutsvlad1956@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-7924-6553
✉ Maryna Nessonova, PhD in Technology: m.nessonova@khimu.edu.ua; https://orcid.org/0000-0001-7729-317X

PREVIEW