М. С. Опанасенко, Б. М. Конік, Л. І. Леванда, Л. О. Гриців, І. В. Ліскіна, В. Є. Іващенко
VTS — ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ХВОРОЇ ІЗ ЗЛОЯКІСНОЮ ПУХЛИНОЮ ЛЕГЕНЬ НА ТЛІ УСКЛАДНЕНОГО ПЕРЕБІГУ ЧЕРЕЗШКІРНОЇ ВЕРТЕБРОПЛАСТИКИ ВНАСЛІДОК ГЕМАНГІОМИ ХРЕБЦЯ: КЛІНІЧНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського Національної академії медичних наук України»

VTS — ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ХВОРОЇ ІЗ ЗЛОЯКІСНОЮ ПУХЛИНОЮ ЛЕГЕНЬ НА ТЛІ УСКЛАДНЕНОГО ПЕРЕБІГУ ЧЕРЕЗШКІРНОЇ ВЕРТЕБРОПЛАСТИКИ ВНАСЛІДОК ГЕМАНГІОМИ ХРЕБЦЯ: КЛІНІЧНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

М. С. Опанасенко, Б. М. Конік, Л. І. Леванда, Л. О. Гриців, І. В. Ліскіна, В. Є. Іващенко

Резюме

Черезшкірна вертебропластика — це малоінвазивна процедура, при якій кістковий цемент вводять черезшкірно безпосередньо в тіло зламаного хребця. Поліметилметакрилат є найбільш часто використовуваним матеріалом. Ця процедура проводиться під контролем рентгенологічних методів для точного розміщення голки та моніторингу після ін'єкції. До абсолютних протипоказань відносять місцеву та неліковану гематогенну інфекції. Ускладнення, що виникають після вертебропластики, класифікуються за трьома ступенями тяжкості. Серйозні ускладнення виникають, коли відбувається попадання цементу в паравертебральні вени, що потенційно може призвести до легеневої емболії, перфорації серця, церебральної емболії або навіть летального наслідку.

Представлено випадок лікування раку легені у хворої, у якої черезшкірна вертебропластика ускладнилась емболізацією непарної вени і легеневих артерій.

Лікування раку легень повинно грунтуватись на напрацьованих медичною спільнотою міжнародних стандартах, а в нетипових випадках підхід до вибору методів лікування має носити раціональний і безпечний для пацієнта характер. Не дивлячись на наявність емболіїї непарної вени та гілок легеневої артерії, застосування VTS резекції дозволило виконати оперативне втручання згідно вимог сучасних настанов лікування хворих з неопластичними процесами.

Ключові слова: черезшкірна вертебропластика, аденокарцинома легені, легенева емболія, VTS-хірургія.

Укр. пульмонол. журнал. 2026;34(3):51–55.

Опанасенко Микола Степанович
Керівник відділення торакальної хірургії та інвазивних методів діагностики ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України».
Доктор медичних наук, професор,
10, М. Амосова, 03038, м. Київ, Україна.
E-mail: opanasenko@ifp.kiev.ua
https://orcid.org/0000-0003-4071-2005

VTS - SURGICAL TREATMENT OF A PATIENT WITH MALIGNANT TUMOR OF THE LUNG IN THE BACKGROUND OF A COMPLICATED COURSE OF PERCUTANEOUS VERTEBRPLASTY AS A RESULT OF HEMANGIOMA OF THE VERTEBRAE: CLINICAL OBSERVATION

M. S. Opanasenko, B. M. Konik, L. I. Levanda, L.O. Hrytsiv, I. V. Liskina, V. E. Ivashchenko

Abstract

Percutaneous vertebroplasty is a minimally invasive procedure in which bone cement is injected percutaneously directly into the body of the fractured vertebra. Polymethyl methacrylate is the most commonly used. This procedure is performed under the guidance of x-ray techniques for precise needle placement and post-injection monitoring. Absolute contraindications include local infection and untreated hematogenous infection. Complications arising after vertebroplasty are classified according to three degrees of severity. Serious complications occur when cement enters the paravertebral veins, potentially leading to pulmonary embolism, cardiac perforation, cerebral embolism, or even death.

A clinical case of the treatment of lung cancer in a patient whose percutaneous vertebroplasty was complicated by embolization of an unpaired vein and pulmonary arteries.

Treatment of lung cancer should be based on international standards developed by the medical community, and in atypical cases, the approach to choosing treatment methods should be rational and safe for the patient. Despite the presence of embolism of the unpaired vein and branches of the pulmonary artery, the use of VTS resection made it possible to perform surgical intervention in accordance with the requirements of modern guidelines for the treatment of patients with neoplastic processes.

Key words: percutaneous vertebroplasty, lung adenocarcinoma, pulmonary embolism, VTS surgery

Ukr. Pulmonol. J. 2026;34(3):51–55.

Opanasenko Nikolay Stepanovich
Head of the Thoracic Surgery and Invasive Methods of Diagnostics SO "National sceintific center of phthisiology, pulmonology, and allergology named after F. G. Yanovsky NAMS of Ukraine"
Doctor medicine, Professor,
10 Mykola Amosova str., Kyiv, 03038, Ukraine
E-mail: opanasenko@ifp.kiev.ua
https://orcid.org/0000-0003-4071-2005

Вступ

Під дією навіть незначних навантажень відбувається сплощення тіла хребця (втрата його висоти). Щорічно більше 1,500,000 людей страждають від компресійних переломів хребта на фоні остеопорозу. Ці переломи викликають наростання кіфозу, вираженого больового синдрому і досить часто погіршують якість життя.

Черезшкірна вертебропластика (ЧВ) відновлює міцність зламаної кістки, тим самим ліквідовуючи больовий синдром. Більше 80 % пацієнтів відразу після вертебропластики відзначають зникнення болю. Вперше ЧВ була виконана у Франції в 1984 році нейрохірургом P. Galibert і нейрорадіологом H. Deramond для лікування агресивної гемангіоми.

www.search.crossref.org
DOI: 10.31215/2306-4927-2026-34-3-51-55

ЧВ — це малоінвазивна процедура, при якій кістковий цемент вводять черезшкірно безпосередньо в тіло зламаного хребця. Хоча доступні різні типи кісткового цементу, поліметилметакрилат (ПММА) є найбільш часто використовуваним і вважається надійним стабілізуючим агентом для вертебропластики [1]. Деякі фактори росту, такі як кісткові морфогенетичні білки, пройшли доклінічні випробування для подібних застосувань, що свідчить про потенційну альтернативу ПММА в майбутньому [2-4].

Показання до ЧВ [1–5]: компресійні переломи (через остеопороз, травми), гемангіоми (доброякісні пухлини), метастази в хребцях.

Процедура ЧВ: під рентген-наглядом (флюорографії, хоча іноді використовується комп'ютерна томографія) нейрохірург вводить голку в тіло хребця та впорскує

в'язкий кістковий цемент (поліметилметакрилат), який застигає за 10-15 хвилин, стабілізуючи структуру.

Переваги ЧВ: відсутність розрізів (лише прокол), швидке знеболення (понад 80 % пацієнтів відчувають полегшення одразу), мінімальний ризик ускладнень, коротка реабілітація (1–2 доби).

Післяопераційний період: дозволяється вставати протягом кількох годин після втручання; спеціальний корсет зазвичай не потрібен.

Практика ЧВ широко поширена при лікуванні поперекового та грудного відділів хребта. В той час, як ЧВ шийного відділу виконується найбільш досвідченими лікарями через менший розмір тіл хребців і ніжок. До **абсолютних протипоказань** ЧВ відносять місцеву та неліковану гематогенну інфекції [1].

Ускладнення, що виникають після ЧВ, класифікують за трьома ступенями тяжкості. Серед легких ускладнень спостерігаються випадки тимчасового загострення болю та епізоди артеріальної гіпотензії. До помірних ускладнень відносять такі випадки, як інфекції та просочування цементу у форамінальний, епідуральний або дуральний простір. Серйозні ускладнення виникають, коли відбувається попадання цементу в паравертебральні вени, а оскільки венозна система хребта безклапанна, то цемент може мігрувати проксимально і досягати легеневого кровообігу, що в свою чергу потенційно може призвести до легеневої емболії, перфорації серця, церебральної емболії або навіть летального наслідку [7]. Такі фактори, як кортикальна деструкція хребця, наявність м'якотканинних масс в епідуральному просторі, ураження з підвищеною васкуляризованністю та значна деструкція хребців разом сприяють підвищеній ймовірності виникнення ускладнень. Як наслідок, частота ускладнень помітно вища при неопластичному враженні хребця на відміну від остеопоротичного процесу [8, 9].

Є. Г. Педаченко [10] повідомляє про 12 випадків (3,5 %) розповсюдження кісткового цементу в паравертебральні вени, що виникало при застосуванні і швидкому введенні рідкого кісткового цементу під високим тиском.

А. І. Попов [11] зафіксував лише 2 (0,36 %) випадки емболізації паравертебрального венозного сплетення. При цьому про поширення кісткового цементу в систему легеневих артерій і вен мова не йшла.

С. М. Лисенко та співавт. [12] повідомляють про 52 (50,5 %) випадки (із 103 оперованих) екстракорпорального поширення кісткового цементу. У 1 пацієнта цемент було виявлено в непарній вені, а у 2 пацієнтів — в гілках легеневої артерії. В 26,4 % спостерігалась потрапляння цементу у венозні сплетіння, пов'язані з базілярнохребцевою веною, що вірогідно відображає особливості та інтенсивність венозного відтоку.

О. А. Яворський та співавт. [13] дійшли висновку, що кількість випадків екстравертебрального розповсюдження цементу, які проявлялись клінічно та були виявлені під час комп'ютерної томографії, значно перевищувала дані рентгенографії: 8,7 % та 4,7 % випадків ускладнень відповідно. Єдиний випадок емболії дрібних гілок легеневої артерії був виявлений випадково під час післяопераційного дослідження грудного відділу хребта.

Мета. Привести клінічний приклад лікування раку легені у хворої, у якої ЧВ ускладнилась емболізацією непарної вени і легеневих артерій.

Хвора Л., 66 років знаходилась на лікування в 2-му хірургічному відділенні ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України». Пацієнтка була госпіталізована із скаргами на незначне кровохаркання, що тривало 3 дні, і виникало на фоні підвищення артеріального тиску. В ургентному порядку хворій було виконано комп'ютерну томографію органів грудної порожнини (КТОГП) (рис. 1–4), яка дозволило діагностувати утворення в нижній частці правої легені і наявність рентгенконтрастного вмісту в непарній вені і гілках правої легеневої артерії, а також в тілі хребця. З анамнезу стало відомо, що 2,5 роки тому хворій виконували малоінвазивне втручання на грудному відділі хребта з приводу доброякісного утворення (гемангіома тіла хребця) з використанням ЧВ. Тоді післяопераційний період ускладнився емболізацією непарної вени і гілок правої легеневої артерії.

Також з анамнезу стало відомо, що хвора 15 років тому перенесла правобічну мастектомію та адьювантну хіміотерапію з приводу раку молочної залози. Із супутньої патології діагностовано ішемічну хворобу серця і гіпертонічну хворобу 2 ст.

При фібробронхоскопії джерело кровохаркання не виявлено. Хвора дообстежена: проведено EBUS TBBL та верифіковано первинну аденокарциному нижньої частки правої легені, IA ст.

Згідно стандартів хірургічного лікування раку легень хворій було показане виконання нижньої лобектомії з медіастинальною лімфодисекцією. Однак, враховуючи наявність цементу в місці відходження сегментарних артерій до нижньої частки правої легені (рис. 3), провести типову лобектомію не було можливості через високий ризик кровотечі з кукс гілок легеневої артерії. Тому прийнято рішення виконати VTS (через три відеопорти по 1 см довжиною без мініторакотомії) сублобарну резекцію нижньої частки правої легені (відступивши від видимого краю пухлини не менше 3-х см) з медіастинальною лімфодисекцією. Із-за наявності кісткового цементу в висхідному відділі непарної вени (рис. 2) інтраопераційно було перев'язано останню на рівні дуги для попередження поширення емболів і тромбів в систему легеневої артерії (рис. 5).

Післяопераційний період перебігав без ускладнень. Дренажі видалено на 3-тю добу. Кровохаркання не було.

Патогістологічне дослідження: візуально виявлено периферичне утворення, орієнтовно 1,2 см в діаметрі, неправильної «зірчастої» форми. Мікроскопічно - розростання аденокарциноми, переважно папілярного гістологічного типу. Ділянки ацинарних розростань та наявні ділянки з муцинозним компонентом. Добре розвинений стромальний компонент пухлини. Біфуркаційні лімфатичні вузли — реактивні зміни, антракоз, макрофагальна реакція. Клітковина верхнього середостіння з лімфовузлами — реактивні зміни, антракоз, макрофагальна реакція. Результат імуногістохімічного дослідження (блок № 896 4/26): Антитіла Master Diagnostica: CK7 Ab-2 (Clone OVTL

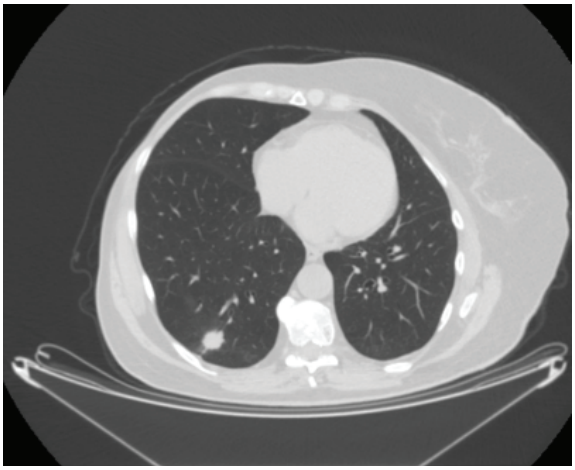


Рис. 1. КТ ОГП: пухлина нижньої частки правої легені

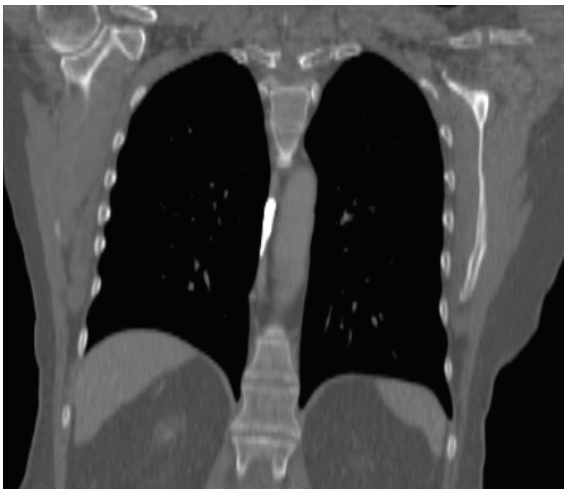


Рис. 2. КТ ОГП: емболізація непарної вени кістковим цементом



Рис. 3. КТ ОГП: емболізація кістковим цементом гілок правої легеневої артерії на рівні відходження сегментарних артерій до нижньої частки легені

12/30) (RTU) — дифузна позитивна реакція клітин пухлини; TTF-1 Ab-1 (Clone SPT24) (RTU) — дифузна позитивна реакція ядер клітин пухлини; Napsin A (Clone BS10) (RTU) — вогнищева позитивна реакція клітин пухлини; MUC-2 (Clone Ccp58) (RTU) — вогнищева позитивна реакція клітин пухлини. PD-L1 (clone CAL10) Master Diagnostica: Кількість клітин пухлини в матеріалі: >100. Інтервал експресії PD-L1: вогнищево 1–5 %. Експресія в імунокомпетентних клітинах: присутня.

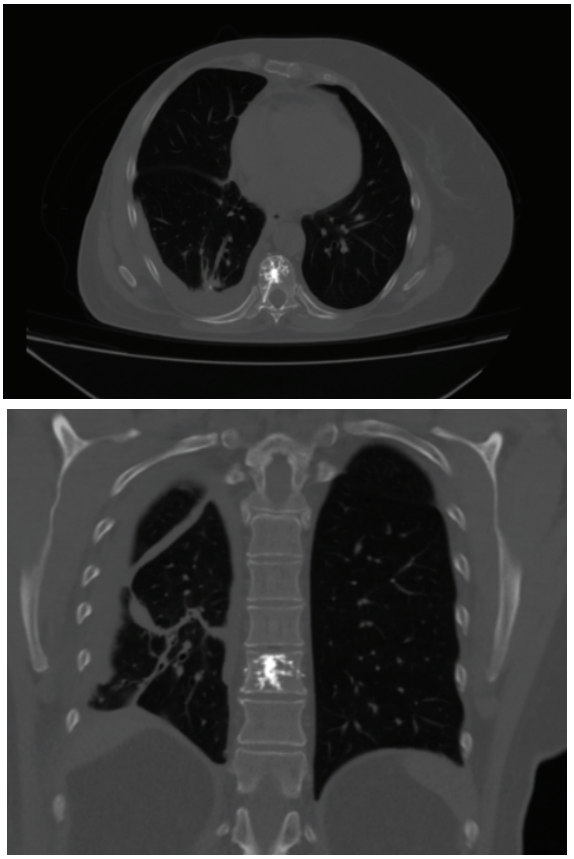


Рис. 4. КТ ОГП: наявність цементу в тілі хребця

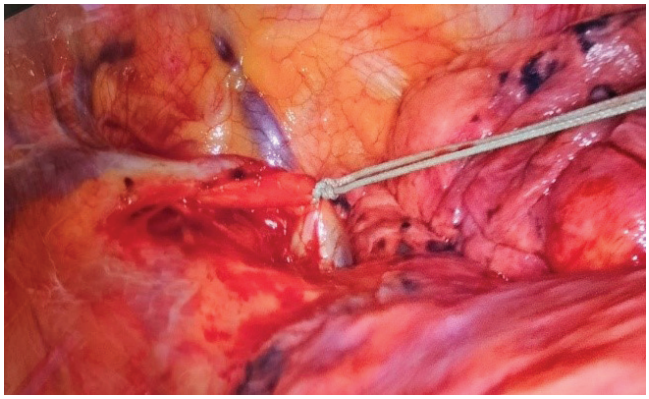


Рис. 5. Перев'язка непарної вени на рівні дуги

Оцінка: позитивна експресія. Патологогістологічний висновок (діагноз): муцинозна аденокарцинома, переважно папілярного гістологічного типу. Імунофенотип пухлини відповідає первинній муцинозній аденокарциномі легені, переважно папілярного гістологічного типу. PD-L1 — позитивна.

Рентгенологічно легеня розправилась (рис. 6) і хвора в задовільному стані була виписана із стаціонару через 7 діб.

Хворій було рекомендовано спостереження у онколога та консультація кардіолога для корекції артеріального тиску, адже іншого пояснення кровохарканню, з яким пацієнтка звернулась до закладу, окрім як поява його внаслідок травматизації гілок легеневої артерії в місці локалізації кісткового цементу на фоні підвищеного артеріального тиску, знайдено не було.

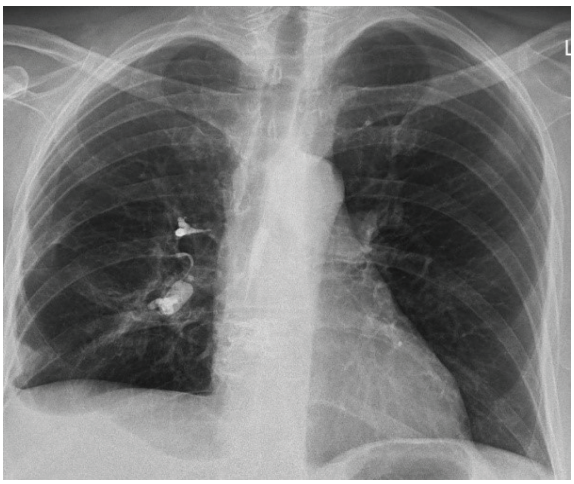


Рис. 6. Оглядова рентгенограма грудної клітки через 4 доби після операції (стрілками помічено наявність цементу в сегментарних артеріях)

Обговорення

Витік цементу з венозної системи та емболія гілок легеневої артерії частіше спостерігається в межах перивертебрального венозного сплетіння порівняно з сусідніми міжхребцевими дисками або навколишніми м'якими тканинами. Венозна сітка хребта складається з трьох основних взаємопов'язаних систем: внутрішнього венозного сплетення, зовнішнього венозного сплетення та базівертебральної системи. Беручи початок у передній третині тіла хребця, базівертебральні вени сходяться до задньої поверхні, де вони впадають у передню частину внутрішнього венозного сплетення. У передній частині ці базівертебральні вени зливаються із зовнішнім сплетенням. Базівертебральна вена, розташована на дорсальній поверхні тіла хребця, знаходиться по центру між ніжками. Передня частина внутрішнього венозного сплетення впадає в сегментарні вени, які виходять із спинномозкового каналу через отвір, розташований між нервовим корінцем і медіальною частиною ніжок. Таким чином існує прямий венозний зв'язок, що з'єднує кістковий мозок хребця із форамінальним простором [14].

Вважається, що причиною цементної емболії після ЧВ є три механізми: недостатня полімеризація поліметилметакрилату під час його ін'єкції, неправильне розташування голки під час ін'єкції цементу та перенаповнення тіла хребця цементом, що призводить до міграції цементу у венозну систему [15]. Якщо цемент недостатньо полімеризований під час введення, він може залишатися частково рідким або мати напівтверду консистенцію. Це збільшує ризик витоку з тіла хребця, дозволяючи цементу потрапити в навколишні кровоносні судини, що призводить до потенційних ускладнень (емболія) [16].

Єдиною ознакою, за якою можна передбачити розвиток цементної емболії легеневої артерії, є флюороскопічний доказ витоку цементу в непарну або порожнисту вену під час вертебропластики. Кістковий цемент рухається в напрямку хребетного венозного сплетіння, яке з'єднане з непарною системою, за допомогою якої він досягає нижньої порожнистої вени, правих камер серця і, нарешті, системи легеневої артерії, що може призвести до потенційно смертельної легеневої емболії [17, 18].

Симптоматична емболія легеневої артерії після ЧВ може проявлятися через міграцію цементу або клітин жиру та кісткового мозку. Більшість випадків, пов'язаних із радіологічно визначеною міграцією ПММА в легеневі судини, не демонструють жодних симптомів. Слід відмітити, що випадки емболії жировою тканиною, як правило, зустрічаються частіше емболії ПММА [19]. Для клінічних ознак цементної емболії легеневої артерії характерно: раптовий початок задишки, тахіпное, тахікардія, ціаноз, біль в грудях, кашель, кровохаркання та потовиділення після вертебропластики. Незважаючи на початкову відсутність симптомів у багатьох випадках, багато цементних емболій випадково ідентифікуються під час наступних оцінок візуалізації [18]. Важливо розпочати раннє виявлення та швидке лікування навіть за відсутності клінічних ознак. У разі появи респіраторних симптомів після ЧВ необхідна ретельна оцінка потенційної цементної емболії легеневої артерії [17, 18]. В тих випадках, коли цемент досягає правого шлуночка, але виявляється занадто довгим і твердим, щоб пройти через легеневу артерію, він може застрягти в серці та спричинити перфорацію серця — рідкісне ускладнення вертебропластики (лише один випадок описаний у літературі). Цей випадок був летальним через гемоперикард і тампонаду серця [2, 20]. Також повідомлялося про випадки церебральних емболів. В дослідженнях вони пояснювалися жировими емболами, які виникли внаслідок підвищеного інтрамедулярного тиску під час процесу цементації [2, 21].

Висновок

Лікування раку легень повинно грунтуватись на напрацьованих медичною спільнотою міжнародних стандартах, а в нетипових випадках підхід до вибору методів лікування має носити раціональний і безпечний для пацієнта характер. Не дивлячись на наявність емболіїї непарної вени та гілок легеневої артерії, застосування VTS резекції дозволило виконати оперативне втручання згідно вимог сучасних настанов лікування хворих з неопластичними процесами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Beall DP, Brook AL, Chambers MR, et al. Vertebral Augmentation: The Comprehensive Guide to Vertebroplasty, Kyphoplasty and Implant Augmentation. Thieme. 2020. 300 p. DOI: 10.1055/b000000226.
2. Bai B, Yin Z, Xu Q, Lew M, et al. Histological changes of an injectable rhBMP-2/calcium phosphate cement in vertebroplasty of rhesus monkey. Spine. 2009;34:1887–1892. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b0e579.
3. Vukicevic S, Oppermann H, Verbanac D, et al. The clinical use of bone morphogenetic proteins revisited: A novel biocompatible carrier device OSTEOGROW for bone healing. Int. Orthop. 2014;38:635–647. DOI: 10.1007/s00264-013-2201-1.
4. Grgurevic L, Erjavec I, Gupta M, et al. Autologous blood coagulum containing rhBMP6 induces new bone formation to promote anterior lumbar interbody fusion (ALIF) and posterolateral lumbar fusion (PLF) of spine in sheep. Bone. 2020;138:115448. DOI: 10.1016/j.bone.2020.115448.

REFERENCE

1. Beall DP, Brook AL, Chambers MR, et al. Vertebral Augmentation: The Comprehensive Guide to Vertebroplasty, Kyphoplasty and Implant Augmentation. Thieme. 2020; 300 p. DOI: 10.1055/b000000226.
2. Bai B, Yin Z, Xu Q, Lew M, et al. Histological changes of an injectable rhBMP-2/calcium phosphate cement in vertebroplasty of rhesus monkey. Spine. 2009;34:1887–1892. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b0e579.
3. Vukicevic S, Oppermann H, Verbanac D, et al. The clinical use of bone morphogenetic proteins revisited: A novel biocompatible carrier device OSTEOGROW for bone healing. Int. Orthop. 2014;38: 635–647. DOI: 10.1007/s00264-013-2201-1.
4. Grgurevic L, Erjavec I, Gupta M, et al. Autologous blood coagulum containing rhBMP6 induces new bone formation to promote anterior lumbar interbody fusion (ALIF) and posterolateral lumbar fusion (PLF) of spine in sheep. Bone. 2020;138:115448. DOI: 10.1016/j.bone.2020.115448.

5. Carli D, Venmans A, Lodder P, et al. Vertebroplasty versus Active Control Intervention for Chronic Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: The VERTOS V Randomized Controlled Trial. Radiology. 2023;308:e222535. DOI: 10.1148/radiol.222535.
6. Gu YF, Li YD, Wu CG, Sun ZK, He CJ. Safety and efficacy of percutaneous vertebroplasty and interventional tumor removal for metastatic spinal tumors and malignant vertebral compression fractures. AJR Am. J. Roentgenol. 2014;202:W298–W305. DOI: 10.2214/AJR.12.10497.
7. Al-Nakshabandi NA. Percutaneous vertebroplasty complications. Ann. Saudi Med. 2011;31:294–297. DOI: 10.4103/0256-4947.81542.
8. Laredo JD, Hamze B. Complications of percutaneous vertebroplasty and their prevention. Semin. Ultrasound CT MR. 2005;26:65–80. DOI: 10.1053/j.sult.2005.02.003.
9. Cavka M, Delimar D, Rezan R, et al. Complications of Percutaneous Vertebroplasty: A Pictorial Review Medicina (Kaunas). 2023;59(9):1536. DOI: 10.3390/medicina59091536.
10. Педаченко ЄГ, Дзяк ЛА, Овчаренко ДВ. Ускладнення та незадовільні результати застосування пункційної вертебропластики у хворих з неускладненими переломами хребців на фоні критичного остеопорозу. апорожский мед журнал. 2012;5(74): 41-45. http://www.irbis-buv.gov.ua/cgiin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Zmzh_2012_5_14.
11. Попов АІ, Молодюк МВ. Аналіз результатів пункційної вертебропластики компресійних переломів тіл хребців грудного та поперекового відділів хребта на фоні остеопорозу. Ортопедія, травматологія та протезування. 2024;1:13-18. DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024113-18.
12. Лисенко СМ, Ілюк РЮ, Литвиненко АЛ, та співавт. Екстракорпоральне поширення кісткового цементу після перкутанної кіфопластики. Клінічна хірургія. 2019;86(1):44-48. DOI: 10.26779/2522-1396.2019.01.44.
13. Яворський ОА, Ломакін АМ, Свєтлицький ВП. Ускладнення пункційної вертебропластики. Pain Medicine Journal. 2019;4 (1/1). https://doi.org/10.31636/pmjua.t2.11.
14. Venmans A, Klazen CA, van Rooij WJ, et al. Postprocedural CT for perivertebral cement leakage in percutaneous vertebroplasty is not necessary--results from VERTOS II. Neuroradiology. 2011;53:19–22. DOI: 10.1007/s00234-010-0705-6.
15. Kao FC, Tu YK, Lai PL, et al. Inferior vena cava syndrome following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Spine. 2008;33:E329–E333. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816f6a10.
16. Mo L, Wu Z, Liang D, et al. Influence of bone cement distribution on outcomes following percutaneous vertebroplasty: A retrospective matched-cohort study. J. Int. Med. Res. 2021;49:3000605211022287. DOI: 10.1177/03000605211022287.
17. Zhao Z, Qin D, Zhao W. Asymptomatic cement leakage into inferior vena cava. QJM. 2022;115:49–50. DOI: 10.1093/qjmed/hcab285.
18. Toru Ü, Coşkun T, Acat M, et al. Pulmonary Cement Embolism following Percutaneous Vertebroplasty. Case Rep. Pulmonol. 2014;2014:851573. DOI: 10.1155/2014/851573.
19. Hsieh MK, Kao FC, Chiu PY, et al. Risk factors of neurological deficit and pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty. J. Orthop. Surg. Res. 2019;14:406. DOI: 10.1186/s13018-019-1459-4.
20. Kim SY, Seo JB, Do KH, et al. Cardiac perforation caused by acrylic cement: A rare complication of percutaneous vertebroplasty. Am. J. Roentgenol. 2005;185:1245–1247. DOI: 10.2214/AJR.04.1443.
21. Edmonds CR, Barbut D, Hager D, Sharrock NE. Intraoperative cerebral arterial embolization during total hip

arthroplasty. Anesthesiology. 2000;93:315–318. DOI: 10.1097/00000542-200008000-00006.

5. Carli D, Venmans A, Lodder P, et al. Vertebroplasty versus Active Control Intervention for Chronic Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: The VERTOS V Randomized Controlled Trial. Radiology. 2023;308:e222535. DOI: 10.1148/radiol.222535.
6. Gu YF, Li YD, Wu CG, Sun ZK, He CJ. Safety and efficacy of percutaneous vertebroplasty and interventional tumor removal for metastatic spinal tumors and malignant vertebral compression fractures. AJR Am. J. Roentgenol. 2014;202:W298–W305. DOI: 10.2214/AJR.12.10497.
7. Al-Nakshabandi NA. Percutaneous vertebroplasty complications. Ann. Saudi Med. 2011;31:294–297. DOI: 10.4103/0256-4947.81542.
8. Laredo JD, Hamze B. Complications of percutaneous vertebroplasty and their prevention. Semin. Ultrasound CT MR. 2005;26:65–80. DOI: 10.1053/j.sult.2005.02.003.

9. Cavka M, Delimar D, Rezan R, et al. Complications of Percutaneous Vertebroplasty: A Pictorial Review Medicina (Kaunas). 2023;59(9):1536. DOI: 10.3390/medicina59091536.
10. Pedachenko E.G., Dzyak L.A., Ovcharenko D.V. Complications and unsatisfactory results of puncture vertebroplasty in patients with uncomplicated vertebral fractures against the background of critical osteoporosis. Zaporozhye Med J. 2012;5(74):41-45. http://www.irbis-buv.gov.ua/cgiin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=& S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Zmzh_2012_5_14.
11. Popov A.I., Molodiuk M.V. Analysis of the results of puncture vertebroplasty of compression fractures of the vertebral bodies of the thoracic and lumbar spine against the background of osteoporosis. Orthopedics, traumatology and prosthetics. 2024; 1:13-18. DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024113-18.
12. Lysenko S. M., Ilyuk R. Yu., Lytvynenko A. L., Klymenko O. V., Ashikhmin A. V., Shuba V. Y., Vozniak O. M. Extracorporeal distribution of bone cement after percutaneous kyphoplasty. Clinical surgery. 2019;86(1): 44-48. DOI: 10.26779/2522-1396.2019.01.44.
13. Yavorskyi O.A., Lomakin A.M., Svetlytskyi V.P. Complications of puncture vertebroplasty. Journal of Pain Medicine. 2019; 1/1(4): https://doi.org/10.31636/pmjua.t2.11.
14. Venmans A, Klazen CA, van Rooij WJ, et al. Postprocedural CT for perivertebral cement leakage in percutaneous vertebroplasty is not necessary--results from VERTOS II. Neuroradiology. 2011; 53: 19–22. DOI: 10.1007/s00234-010-0705-6.
15. Kao FC, Tu YK, Lai PL, et al. Inferior vena cava syndrome following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Spine. 2008; 33: E329–E333. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816f6a10.
16. Mo L, Wu Z, Liang D, et al. Influence of bone cement distribution on outcomes following percutaneous vertebroplasty: A retrospective matched-cohort study. J. Int. Med. Res. 2021; 49: 3000605211022287. DOI: 10.1177/03000605211022287.
17. Zhao Z, Qin D, Zhao W. Asymptomatic cement leakage into inferior vena cava. QJM. 2022; 115: 49–50. DOI: 10.1093/qjmed/hcab285.
18. Toru Ü, Coşkun T, Acat M, et al. Pulmonary Cement Embolism following Percutaneous Vertebroplasty. Case Rep. Pulmonol. 2014; 2014: 851573. DOI: 10.1155/2014/851573.
19. Hsieh MK, Kao FC, Chiu PY, et al. Risk factors of neurological deficit and pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty. J. Orthop. Surg. Res. 2019; 14: 406. DOI: 10.1186/s13018-019-1459-4.
20. Kim SY, Seo JB, Do KH, et al. Cardiac perforation caused by acrylic cement: A rare complication of percutaneous vertebroplasty. Am. J. Roentgenol. 2005; 185: 1245–1247. DOI: 10.2214/AJR.04.1443. 21. Edmonds CR, Barbut D, Hager D, Sharrock NE. Intraoperative cerebral arterial embolization during total hip arthroplasty. Anesthesiology. 2000; 93: 315–318. DOI: 10.1097/00000542-200008000- 00006.

Декларація етики. Під час збору, аналізу та оприлюднення данних забезпечено конфіденціальність пацієнтів, які надали добровільну письмову згоду на використання їх даних у науковій публікації.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Стаття підготовлена згідно з планом науково-дослідної роботи відділення торакальної хірургії і інвазивних методів діагностики Державної установи «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України»: «Розробити алгоритм хірургічного лікування дітей, хворих на туберкульоз легень і плеври», № держреєстрації 0125U000547

Received / Надійшла до редакції : 28.11.2025 р.

Revised/ Після доопрацювання: 03.02.2026 р.

Accepted/ Прийнято до друку: 25.02.2026 р