

КЛІНІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПММА-ЦЕМЕНТУ В ЛІКУВАННІ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПЕРЕЛОМІВ ІЗ ДЕФЕКТАМИ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

В.О. Фіщенко, О.М. Литвинюк

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Мета дослідження – охарактеризувати клінічну ефективність використання ПММА-цементу в лікуванні пацієнтів із вогнепальними переломами трубчастих кісток, враховуючи анатомо-морфологічні характеристики кісткового дефекту.

Матеріал і методи. Проаналізовано результати лікування 39 поранених із вогнепальними переломами трубчастих кісток із кістковими дефектами, яким застосовували ПММА-цемент. Середній вік – $38,77 \pm 9,31$ років. Клінічні результати оцінювали з використанням шкали Neer-Grantham-Shelton. Аналізували розмір дефекту, його тип визначали за допомогою класифікацій дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок та за Tetsworth. Дослідження виконували з дотриманням біоетичних норм відповідно до принципів Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації (Сьомий перегляд, редакція 2013 року), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 рік), а також чинних національних і інституційних етичних стандартів, що підтверджено Комітетом з біоетики КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги», м. Вінниця (протокол №3 від 02.06.2025 року). Усі пацієнти належно поінформовані щодо мети дослідження та умов його проведення. Письмові інформовані згоди на участь у дослідженні отримано. Особисті дані обстежених знеособлені. Статистичну обробку даних виконували за допомогою програмного засобу IBM SPSS Statistics 27.0.1. Кількісні параметри наведено у форматі середнього вибіркового значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$). Категоріальні змінні представлено у вигляді абсолютної кількості випадків (n) та відповідного відсоткового значення (%). Для порівняння показників між незалежними групами застосовували непараметричний критерій Краскела-Уолліса, а для оцінки функціонального зв'язку між змінними – коефіцієнт рангової кореляції τ -Кендала. Прогностичну цінність досліджуваних характеристик кісткового дефекту щодо клінічного результату застосування ПММА-кісткового цементу визначали за допомогою моделі бінарної логістичної регресії, розраховуючи відношення шансів (OR) та 95 % довірчі інтервали (CI). Статистично значущими вважали відмінності встановлені при рівні ймовірності $p \leq 0,05$.

Результати. Середній результат лікування становив $74,51 \pm 14,24$ балів. В 11 (28,20 %) обстежених встановлено відмінні показники, у 14 (35,90 %) – хороші, у 9 (23,08 %) – задовільні, у 5 (12,82 %) – незадовільні. Фактором, пов'язаним із достовірно гіршими результатами, є більший розмір дефекту ($\tau = -0,48$, $p = 0,00002$), у тому числі понад 5 см ($\tau = -0,29$, $p = 0,009$), дефекти типу C2 ($\tau = -0,22$, $p = 0,05$), C3 ($\tau = -0,39$, $p = 0,0004$), D3 C ($\tau = -0,45$, $p = 0,00007$). Значущо кращі результати встановлено у пацієнтів із дефектами розмірами до 3 см ($\tau = +0,31$, $p = 0,006$), типу B3 ($\tau = +0,24$, $p = 0,03$), C1 ($\tau = +0,40$, $p = 0,0003$), D3 A ($\tau = +0,44$, $p = 0,00008$). Аналізуючи прогностичну цінність характеристик, вищі шанси формування незадовільних результатів доведено у пацієнтів із дефектами розміром понад 5 см (OR=2,79, CI (1,34-13,34), $p = 0,001$), типу C3 (OR=11,25, CI (1,32-95,73), $p = 0,02$), D3 C (OR=30,00, CI (2,44-368,83), $p = 0,002$). Натомість вищі шанси відмінних результатів встановлено у пацієнтів із дефектами типу C1 (OR=5,25, CI (1,12-24,67), $p = 0,03$), D3 A (OR=8,00, CI (1,56-40,92), $p = 0,006$).

Висновок. Доведено високу клінічну ефективність використання ПММА-цементу в лікуванні пацієнтів із вогнепальними переломами трубчастих кісток та доцільність аналізу анатомо-морфологічних характеристик кісткового дефекту при виборі оптимального методу лікування.

Ключові слова: бойова травма, вогнепальні переломи, кісткові дефекти, морфологія, предиктори.

Клінічна та експериментальна патологія 2025. Т.24, № 3 (93). С. 30-38

DOI 10.24061/1727-4338.XXIV.3.93.2025.05

E-mail: fishenko2221@gmail.com

CLINICAL EFFECTIVENESS OF PMMA CEMENT IN THE TREATMENT OF GUNSHOT-INDUCED LONG BONE FRACTURES WITH BONE DEFECTS

V. O. Fishchenko, O. M. Lytvyniuk

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Vinnytsya, Ukraine

Key words: combat trauma, gunshot fractures, bone defects, morphology, predictors.

Clinical and experimental pathology 2025. Vol. 24, № 3 (93). P. 30-38.

The aim – to characterize the clinical effectiveness of PMMA-cement in the treatment of patients with gunshot fractures of long bones, taking into account the anatomical and morphological characteristics of the bone defect.

Material and Methods. Treatment results of 39 patients with gunshot fractures of long bones, accompanied by bone defects, who received PMMA-cement were analyzed. Mean age was 38.77 ± 9.31 . Clinical outcomes were assessed using the Neer-Grantham-Shelton scale. The defect size and type were evaluated based on the classification of long bone defects in combat limb injuries and the Tetsworth classification. Statistical analysis was performed using SPSS Statistics 27.0.1; differences were considered significant at $p \leq 0.05$. The study was conducted in compliance with bioethical standards in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (Seventh Revision, 2013 edition), the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), as well as current national and institutional ethical standards, as confirmed by the Bioethics Committee of the Vinnytsia City Clinical Hospital of Emergency Medicine, Vinnytsia (protocol № 3 dated 02.06.2025). All patients were duly informed about the purpose of the study and the conditions of its conduct. Written informed consent to participate in the study was obtained. Personal data of the subjects were anonymized. Statistical data processing was performed using the IBM SPSS Statistics 27.0.1 software. Quantitative parameters are given in the format of the sample mean and standard deviation ($M \pm SD$). Categorical variables are presented as the absolute number of cases (n) and the corresponding percentage (%). To compare indicators between independent groups, the non-parametric Kruskal-Wallis test was used, and to assess the functional relationship between variables, the τ -Kendall rank correlation coefficient was used. The predictive value of the studied bone defect characteristics regarding the clinical outcome of the use of PMMA-bone cement was determined using a binary logistic regression model, calculating odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI). Differences established at a probability level of $p \leq 0.05$ were considered statistically significant.

Results. Mean treatment score was 74.51 ± 14.24 points. Excellent outcomes were observed in 11 (28.20 %) patients, good in 14 (35.90%), satisfactory in 9 (23.08%), and poor in 5 (12.82%). Factors significantly associated with poorer outcomes included larger defect size ($\tau = -0.48$, $p = 0.00002$), particularly those over 5 cm ($\tau = -0.29$, $p = 0.009$), defects types C2 ($\tau = -0.22$, $p = 0.05$), C3 ($\tau = -0.39$, $p = 0.0004$), D3 C ($\tau = -0.45$, $p = 0.00007$). Significantly better outcomes were observed in patients with defects < 3 cm ($\tau = +0.31$, $p = 0.006$), types B3 ($\tau = +0.24$, $p = 0.03$), C1 ($\tau = +0.40$, $p = 0.0003$), D3 A ($\tau = +0.44$, $p = 0.00008$). A higher likelihood of poor outcomes was demonstrated in patients with defects > 5 cm (OR=2.79, CI (1.34-13.34), $p = 0.001$), types C3 (OR=11.25, CI (1.32-95.73), $p = 0.02$), D3 C (OR=30.00, CI (2.44-368.83), $p = 0.002$). Conversely, a higher likelihood of excellent outcomes was established in patients with type C1 (OR=5.25, CI (1.12-24.67), $p = 0.03$), D3 A (OR=8.00, CI (1.56-40.92), $p = 0.006$).

Conclusion. The high clinical effectiveness of PMMA-cement in treating patients with gunshot fractures of long bones has been confirmed, as well as the importance of analyzing the anatomical and morphological characteristics of the bone defect when choosing the optimal treatment strategy.

Вступ

Лікування поранених із вогнепальними переломами з дефектами кісткової тканини є одним із найбільш актуальних і складних викликів сучасної ортопедії та травматології. Первинні кісткові дефекти, спричинені високоенергетичною травмою, реєструють у 79,3-80 % випадків вогнепальних ушкоджень, зокрема у 48,7 % фіксують дефекти

діафізу розміром до 3 см, у 30,6 % – розмір кісткових дефектів перевищує 3 см. У 7,1 % випадків спостерігають вторинні дефекти кісткової тканини, зумовлені надмірною радикалізацією хірургічних втручань, у тому числі – повторними резекціями при інфекційних ускладненнях [1, 2]. Наявність масивних дефектів кісткової тканини при вогнепальних переломах довгих трубчастих кісток значно

ускладнює процес відновлення анатомічної цілісності сегмента та функціональної спроможності ураженої кінцівки. Лікування у подібних випадках спрямоване не лише на досягнення стабільної фіксації уламків, а й на ефективне заміщення втрачених ділянок кісткової тканини.

«Золотим стандартом» заміщення дефекту є аутологічна трансплантація губчастої кісткової тканини, зазвичай виділеної з ділянки клубової кістки пацієнта [3, 4]. Застосування аутоотрансплантата забезпечує високу клінічну результативність процедури завдяки його високим остеокондуктивним та остеоіндуктивним властивостям на фоні високої імунно- та гістосумісностей [4, 5]. Проте використання традиційних методик заміщення кісткових дефектів асоційоване і з низкою обмежень, зокрема обмеженою доступністю аутоспонгіозної тканини та ризиком розвитку ускладнень донорської ділянки [3-5].

Сучасні тенденції у реконструктивній ортопедії зосереджені на використанні синтетичних біоматеріалів, які можуть бути адаптовані до потреб конкретного хірургічного втручання. Зокрема, застосування кісткових цементів дає змогу ефективно заповнити дефект будь-якої форми, забезпечивши механічну стабільність в зоні імплантації [3, 5]. Головними вимогами до подібних біоматеріалів є їх біосумісність, безпечність, остеоіндуктивний потенціал та здатність до поступової деградації з наступним заміщенням кістковою тканиною [3, 5, 6].

В ортопедичній практиці найчастіше застосовують кісткові цements на основі поліметилметакрилату (ПММА), які відзначаються високою механічною міцністю, легкістю, простотою у застосуванні та широкими можливостями у моделюванні форми [6, 7]. ПММА-цемент є надійним матеріалом для фіксації компонентів ендопротезів, стабілізації патологічних переломів та вертебропластики [8-11]. Перевагами матеріалу є біосумісність, біоінертність, можливість ін'єкційного введення та легкість ініціації процесу полімеризації [5, 9, 10, 11]. Проте ПММА позбавлений остеоіндуктивних властивостей, не розкладається в організмі, його застосування пов'язано з ризиком формування фіброзного прошарку на межі «кістка-цемент», мікрорухомоті та потенційного ослаблення в зоні імплантації [5, 9]. Також відомими побічними ефектами ПММА є виділення токсичного мономеру, висока екзотермічність реакції полімеризації, що може викликати термічний некроз навколишніх тканин [7, 9, 10]. Крім того, дисбаланс фізико-механічних властивостей ПММА та кістки асоційований із вищим ризиком переломів у зоні імплантації [6].

Зважаючи на відомі недоліки традиційного ПММА, дослідники пропонують різні шляхи його модифікації. З метою посилення остеointegratorного потенціалу біоматеріалу та стимуляції клітинного росту рекомендують додавати біоактивні речовини, як-от кісткові морфогенетичні білки, мінералізований колаген, хітозан, куркумін [5, 6, 10].

Для запобігання інфекційних ускладнень ефективними є антимікробні композити із ванкоміцином, наночасточками срібла або цинку [12]. Дослідники пропонують варіанти зменшення екзотермічної реакції за рахунок охолодження або включення термочутливих наповнювачів, зокрема парафінових мікрокапсул, оксиду графену, алюмомагнієвих шаруватих подвійних гідроксидів [9, 13, 14]. Відомі способи підвищення механічної міцності ПММА шляхом додавання наповнювачів на основі апатиту, твердих металів або наноматеріалів (оксиду графену, карбоксильованих багатшарових вуглецевих нанотрубок) [9, 13, 14]. Ефективність використання зазначених біомодифікацій продемонстрована результатами численних досліджень *in vitro* та *in vivo* [5, 6, 9, 10].

В умовах сьогодення вивчення клінічної ефективності застосування ПММА-цементу при бойових пораненнях, які зазвичай супроводжуються масивними дефектами кістки, ушкодженнями м'яких тканин та високим мікробним забрудненням рани, є особливо актуальним. Дослідження результатів застосування ПММА-цементу у пацієнтів із вогнепальними переломами з дефектами кісткової тканини, залежно від особливостей локалізації, розмірів пошкодження, загального стану пацієнта, є важливим кроком до вдосконалення хірургічних стратегій та створення більш ефективних методів реконструктивного лікування.

Мета роботи

охарактеризувати клінічну ефективність використання ПММА-цементу в лікуванні пацієнтів із вогнепальними переломами довгих трубчастих кісток, враховуючи анатомо-морфологічні характеристики кісткового дефекту.

Матеріал і методи дослідження

У наведеному ретроспективному дослідженні представлено клінічні результати лікування 39 поранених із вогнепальними переломами трубчастих кісток із дефектами кісткової тканини, яким із метою остеопластики застосовували ПММА-цемент. Усі пацієнти перебували на стаціонарному лікуванні в травматологічному відділенні КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги» за період 2022-2023 років. Середній вік обстежених – 38,77±9,31 років. Вогнепальні переломи плечової кістки з дефектами кісткової тканини встановлено у 5 (12,82 %) обстежених, пошкодження кісток передпліччя – у 7 (17,95 %) пацієнтів, у 7 (17,95 %) поранених діагностовано вогнепальні переломи стегнової кістки, у 21 (53,85 %) хворого зафіксовано поранення кісток гомілки.

Клінічні результати застосування ПММА-цементу оцінювали з використанням модифікованої 100-бальної шкали оцінки результатів лікування хворих із переломами кісток Neer-Grantham-Shelton [15]. Інтерпретацію сумарних показників здійснювали у такий спосіб: за наявності значень 85-100 балів результат лікування визначали як відмінний, 70-84 балів – хороший, 55-70 балів – задовільний, менше 55 балів – незадовільний. Для

характеристики типу пошкодження використовували класифікацію дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок [16], класифікацію кісткових дефектів за Tetsworth [17], а також оцінювали абсолютні значення розміру кісткового дефекту.

Дослідження виконували з дотриманням біоетичних норм відповідно до принципів Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації (Сьомий перегляд, редакція 2013 року), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 рік), а також чинних національних і інституційних етичних стандартів, що підтверджено Комітетом з біоетики КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги», м. Вінниця (протокол №3 від 02.06.2025 року). Усі пацієнти належно поінформовані щодо мети дослідження та умов його проведення. Письмові інформовані згоди на участь у дослідженні отримано. Особисті дані обстежених знеособлені.

Статистичну обробку даних виконували за допомогою програмного засобу IBM SPSS Statistics 27.0.1. Кількісні параметри наведено у форматі середнього вибіркового значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$). Категоріальні змінні представлено у вигляді абсолютної кількості випадків (n) та відповідного відсоткового значення (%). Для порівняння показників між незалежними групами застосовували непараметричний критерій Краскела-Уолліса, а для оцінки функціонального зв'язку між змінними – коефіцієнт рангової кореляції τ -Кендала. Прогностичну цінність досліджуваних характеристик кісткового дефекту щодо клінічного результату застосовування ПММА-кісткового цементу визначали за допомогою моделі бінарної логістичної регресії, розраховуючи відношення шансів (OR) та 95 % довірчі інтервали (CI). Статистично значущими вважали відмінності, встановлені при рівні ймовірності $p \leq 0,05$.

Представлене дослідження виконане у

відповідності до плану науково-дослідних робіт Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова та є фрагментом теми науково-дослідної роботи кафедри травматології та ортопедії: «Удосконалення методів діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів з травмами та захворюваннями опорно-рухового апарату», державний реєстраційний номер 0123U102765.

Результати та їх обговорення

Середній клінічний результат використання ПММА-кісткового цементу, визначений у віддаленому післяопераційному періоді, в загальній вибірці становив $74,51 \pm 14,24$ бала та відповідав хорошему значенням. Відмінні результати лікування встановлено в 11 (28,20 %) обстежених, хороші – у 14 (35,90 %) хворих, у 9 (23,08 %) пацієнтів зафіксовано задовільні значення, у 5 (12,82 %) осіб клінічні показники визначали як незадовільні.

Аналізуючи розмір дефекту трубчастої кістки пацієнтів із вогнепальними переломами з дефектами кісткової тканини, яким застосовували ПММА-кістковий цемент, встановлено, що середній показник у загальній вибірці становив $5,72 \pm 2,55$ см. В обстежених із відмінними результатами лікування середній розмір дефекту становив $3,82 \pm 1,47$ см, у хворих із хорошими показниками – $5,57 \pm 1,79$ см, $6,11 \pm 2,42$ см – із задовільними значеннями, найвищі значення показника зафіксовано в осіб з незадовільними результатами – $9,60 \pm 2,30$ см, відмінність статистично значуща ($p=0,001$) (табл. 1). Окрім того, між величиною кісткового дефекту та результатами використання ПММА-кісткового цементу доведено наявність зворотного помірного кореляційного зв'язку ($\tau=-0,48$, $p=0,00002$), що засвідчує про формування достовірно гірших клінічних результатів лікування у поранених із більшими розмірами дефекту (рис. 1).

Таблиця 1

Характеристика клінічних результатів використання ПММА-кісткового цементу, враховуючи тип пошкодження

Тип травми	Клінічні результати лікування				p
	відмінні (n=11)	хороші (n=14)	задовільні (n=9)	незадовільні (n=5)	
Абсолютний розмір дефекту					
M±SD	3,82±1,47	5,57±1,79	6,11±2,42	9,60±2,30	0,001*
< 3 см	3 (27,27 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0,04*
3-5 см	6 (54,55 %)	9 (64,29 %)	6 (66,67 %)	0 (0,00 %)	0,08
> 5 см	2 (18,18 %)	5 (35,71 %)	3 (33,33 %)	5 (100,00 %)	0,02*
Тип пошкодження згідно класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок					
B3	2 (18,18 %)	1 (7,14 %)	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0,42
C-тип	9 (81,82 %)	13 (92,86 %)	9 (100,00 %)	5 (100,00 %)	0,42
C1	7 (63,64 %)	6 (42,86 %)	1 (11,11 %)	0 (0,00 %)	0,03*
C2	2 (18,18 %)	5 (35,71 %)	6 (66,67 %)	2 (40,00 %)	0,18
C3	0 (0,00 %)	2 (14,29 %)	2 (22,22 %)	3 (60,00 %)	0,04*
Тип кісткового дефекту згідно класифікації Tetsworth					
D3 A	8 (72,73 %)	5 (35,71 %)	2 (22,22 %)	0 (0,00 %)	0,02*
D3 B	3 (27,27 %)	7 (50,00 %)	5 (55,56 %)	1 (20,00 %)	0,40
D3 C	0 (0,00 %)	2 (14,29 %)	2 (22,22 %)	4 (80,00 %)	0,003*

Примітка. * – статистично значущі відмінності показників, $p \leq 0,05$

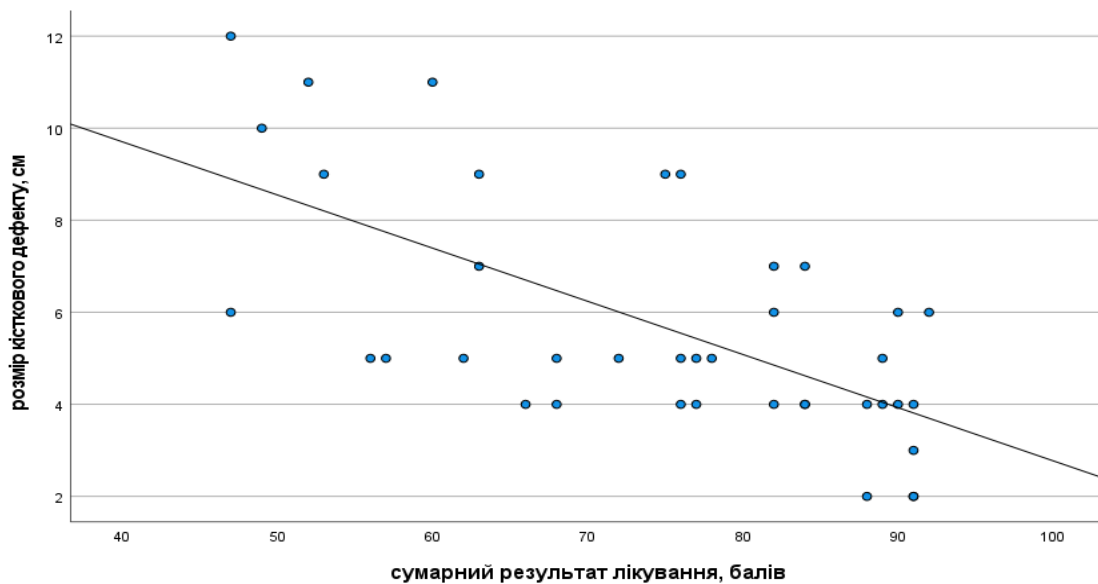


Рис. 1. Діаграма розсіювання сумарних результатів лікування залежно від розміру кісткового дефекту

Дефекти кісткової тканини розміром до 3 см встановлено у 3 (7,69 % від 39) обстежених групи, всі з яких мали відмінні результати лікування – 3 (27,27 % від 11), у пацієнтів решти груп подібні ознаки не спостерігали, відмінність частотних показників статистично значуща ($p=0,001$). У пацієнтів з кістковими дефектами розмірами до 3 см встановлено значущо кращі клінічні результати використання ПММА-кісткового цементу у віддаленому післяопераційному періоді ($\tau=+0,31$, $p=0,006$).

Кісткові дефекти розміром 3-5 см встановлено у 21 (53,85 % від 39) пацієнта групи, зокрема у більшості хворих із відмінними, хорошими та задовільними клінічними показниками – 6 (54,55 % від 11), 9 (64,29 % від 14) та 6 (66,67 % від 9) відповідно, відмінність статистично незначуща ($p=0,08$). Достовірний кореляційний зв'язок з віддаленими клінічними результатами використання ПММА-кісткового цементу не доведено ($\tau=+0,12$, $p=0,27$).

У 15 (38,46 % від 39) хворих групи зафіксовано кісткові дефекти розміром більше 5 см. Масивні дефекти встановлено у всіх пацієнтів з незадовільними результатами лікування – 5 (100,00 % від 5). Окрім того, кісткові дефекти розміром понад 5 см визначено у 2 (18,18 % від 11) хворих з відмінними показниками, 5 (35,71 % від 14) осіб з хорошими значеннями та 3 (33,33 % від 9) обстежених з задовільними результатами використання ПММА-кісткового цементу. При порівнянні частотних характеристик у сформованих групах доведено їх достовірну відмінність ($p=0,02$). В обстежених із масивними кістковими дефектами розміром понад 5 см доведено формування достовірно гірших клінічних результатів лікування у віддаленому післяопераційному періоді, що підтверджено зворотнім слабким кореляційним зв'язком між ознаками ($\tau=-0,29$, $p=0,009$).

Додатково оцінювали клінічні результати використання ПММА-кісткового цементу, враховуючи тип пошкодження відповідно до

класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок. Кісткові дефекти типу В, зокрема дефекти кістки, для яких характерний обмежений контакт фрагментів з анатомічним вкороченням, спостерігали у 3 (7,69 % від 39) пацієнтів групи. Тип В3 кісткового дефекту встановлено у 2 (18,18 % від 11) осіб із відмінними результатами лікування та в 1 (7,14 % від 14) обстеженого з хорошими показниками, у обстежених решти груп подібні ознаки не спостерігали, відмінність частотних характеристик статистично незначуща ($p=0,42$). Однак, у пацієнтів із кістковими дефектами типу В3 доведено формування значущо кращих клінічних результатів використання ПММА-кісткового цементу у віддаленому післяопераційному періоді, що підтверджено прямим слабким кореляційним зв'язком ($\tau=+0,24$, $p=0,03$).

Кісткові дефекти типу С діагностовано у 36 (92,31 % від 39) обстежених групи. Тип С дефекту трубчастої кістки встановлено у 9 (81,82 % від 11) пацієнтів із відмінними результатами використання ПММА-кісткового цементу, 13 (92,86 % від 14) хворих із хорошими значеннями, а також у всіх пацієнтів із задовільними та незадовільними показниками лікування – 9 (100,0 % від 9) та 5 (100,0 % від 5) відповідно.

Сегментарні дефекти без вкорочення – типу С1 – встановлено у 14 (35,90 % від 39) пацієнтів групи, зокрема у 7 (63,64 % від 11) хворих із відмінними результатами використання ПММА-кісткового цементу, 6 (42,86 % від 14) пацієнтів із хорошими показниками та 1 (11,11 % від 9) обстеженого із задовільними значеннями. При порівнянні досліджуваних частотних характеристик у сформованих групах доведено їх достовірну відмінність ($p=0,03$). Окрім того, у пацієнтів досліджуваної групи з кістковими дефектами типу С1 доведено достовірно кращі клінічні результати лікування, що підтверджено прямим помірним кореляційним зв'язком між досліджуваними ознаками ($\tau=+0,40$, $p=0,0003$).

Сегментарні дефекти з укороченням типу С2 встановлено у 15 (38,46 % від 39) хворих групи. Кісткові дефекти типу С2 зафіксовано у 2 (18,18 % від 11) хворих із відмінними значеннями, 5 (35,71 % від 14) обстежених із хорошими результатами, 6 (66,67 % від 9) осіб із задовільними значеннями та у 2 (40,00 % від 5) пацієнтів із незадовільними клінічними показниками використання ПММА-кісткового цементу, відмінність статистично незначуща ($p=0,18$). Однак наявність кісткових дефектів типу С2 асоційована з розвитком гірших клінічних результатів лікування у віддаленому періоді ($\tau=-0,22$, $p=0,05$).

Субтотальні кісткові дефекти встановлено у 7 (17,95 % від 39) хворих групи. Тип С3 кісткового дефекту спостерігали у більшості пацієнтів із незадовільними результатами лікування – 3 (60,00 % від 5), а також 2 (14,29 % від 14) обстежених із хорошими клінічними показниками та 2 (22,22 % від 9) хворих із задовільними значеннями, відмінність частотних характеристик статистично значуща ($p=0,04$). Окрім того, у пацієнтів із субтотальними кістковими дефектами доведено достовірно гірші результати використання ПММА-кісткового цементу, що підтверджено наявністю зворотного помірною кореляційного зв'язку між ознаками ($\tau=-0,39$, $p=0,0004$).

Характеризуючи величину кісткового дефекту згідно класифікації Tetsworth, тип D3 А встановлено у 15 (38,46 % від 39) пацієнтів групи. Помірні кісткові дефекти розміром від 2 до 4 см визначено у переважної більшості пацієнтів із відмінними результатами використання ПММА-кісткового цементу – 8 (72,73 % від 11), 5 (35,71 % від 14) обстежених із хорошими показниками та 2 (22,22 % від 9) осіб із задовільними значеннями, відмінність встановлених частотних характеристик достовірна ($p=0,02$). До того ж, достовірно кращі результати лікування доведено у обстежених із кістковими дефектами типу D3 А, що підтверджено наявністю прямого кореляційного зв'язку помірної сили між показниками ($\tau=+0,44$, $p=0,00008$).

Великі кісткові дефекти розміром від 4 до 8 см встановлено у 16 (41,03 % від 39) пацієнтів групи. Тип D3 В кісткового дефекту зафіксовано у 3 (27,27 % від 11) пацієнтів із відмінними показниками лікування, більшості хворих із хорошими та задовільними значеннями – 7 (50,00 % від 14) та 5 (55,56 % від 9) відповідно, а також 1 (20,00 % від 5) обстеженого з незадовільними результатами використання ПММА-кісткового цементу, відмінність статистично значуща ($p=0,02$). Достовірний кореляційний зв'язок з клінічними результатами лікування відсутній ($\tau=-0,07$, $p=0,53$).

Масивні кісткові дефекти, розміром понад 8 см визначено у 8 (20,51 % від 39) пацієнтів групи. Тип D3 С кісткового дефекту зафіксовано у 2 (14,29 % від 14) пацієнтів із хорошими клінічними показниками, 2 (22,22 % від 9) – із задовільними результатами лікування та більшості обстежених – 4 (80,00 % від 5) із незадовільними значеннями, відмінність статистично значуща ($p=0,003$). Наявність масивних кісткових дефектів типу D3 С у обстежених

асоційована з достовірно гіршими результатами використання ПММА-кісткового цементу у віддаленому післяопераційному періоді, що підтверджено зворотнім помірним кореляційним зв'язком між досліджуваними ознаками ($\tau=-0,45$, $p=0,00007$).

Наступним етапом була оцінка прогностичної цінності розглянутих анатомо-морфологічних характеристик пошкодження у визначенні клінічного результату використання ПММА-кісткового цементу.

Достовірно вищі шанси формування незадовільних результатів використання ПММА-кісткового цементу доведено у пацієнтів із кістковими дефектами розміром понад 5 см ($OR=2,79$, $CI (1,34-13,34)$, $p=0,001$) (табл. 2).

У пацієнтів із сегментарними кістковими дефектами без укорочення – типу С1, встановленими у відповідності до класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок, доведено достовірно вищі шанси формування відмінних результатів використання ПММА-кісткового цементу у віддаленому післяопераційному періоді ($OR=5,25$, $CI (1,12-24,67)$, $p=0,03$). Наявність субтотального кісткового дефекту типу С3 у поранених асоційована з достовірно вищими шансами розвитку незадовільних клінічних показників у віддаленому періоді після використання ПММА-кісткового цементу ($OR=11,25$, $CI (1,32-95,73)$, $p=0,02$).

У пацієнтів із кістковими дефектами типу D3 А, визначеними відповідно до класифікації Tetsworth, доведено достовірно вищі шанси формування відмінних клінічних результатів використання ПММА-кісткового цементу у віддаленому післяопераційному періоді ($OR=8,00$, $CI (1,56-40,92)$, $p=0,006$). Достовірно вищі шанси розвитку незадовільних клінічних результатів використання ПММА-кісткового цементу доведено у обстежених із кістковими дефектами типу D3 С ($OR=30,00$, $CI (2,44-368,83)$, $p=0,002$).

Отримані нами результати засвідчують про високу клінічну ефективність застосування ПММА-кісткового цементу в системі лікування пацієнтів із вогнепальними переломами трубчастих кісток із дефектами кісткової тканини. Середній показник клінічного результату у віддаленому післяопераційному періоді становив $74,51 \pm 14,24$ балів та відповідав хорошему рівню. У 28,20 % пацієнтів вдалося досягнути відмінних результатів, натомість у 12,82 % випадків клінічні показники визначали як незадовільні, що вказує на варіативність ефективності запропонованого методу остеопластики та доцільність подальшого аналізу факторів прогнозу, зокрема характеристик ушкодження.

Ключовим фактором прогнозування клінічного результату використання ПММА-кісткового цементу при вогнепальних переломах трубчастих кісток із дефектами кісткової тканини вважаємо розмір кісткового дефекту. Встановлено значущо гірші результати лікування у пацієнтів із більшими розмірами дефекту ($\tau=-0,48$, $p=0,00002$). Зокрема, у пацієнтів із відмінними результатами середній розмір дефекту становив $3,82 \pm 1,47$ см, тоді як у хворих із

незадовільними клінічними показниками – $9,60 \pm 2,30$ см ($p=0,001$). Наявність кісткових дефектів розміром до 3 см асоційована з формуванням кращих результатів лікування ($\tau=+0,31$, $p=0,006$), натомість у випадку дефектів розміром понад 5 см доведено значущо гірші результати використання ПММА-кісткового цементу ($\tau=-0,29$, $p=0,009$) та вищі шанси формування незадовільних клінічних результатів у віддаленому періоді ($OR=2,79$, CI (1,34-13,34), $p=0,001$).

Аналізуючи тип кісткового дефекту за класифікацією бойових травм кінцівок, у пацієнтів з сегментарними дефектами без укорочення типу C1

доведено формування кращих результатів лікування ($\tau=+0,40$, $p=0,0003$) та значущо вищі шанси розвитку відмінних клінічних показників ($OR=5,25$, CI (1,12-24,67), $p=0,03$). Натомість наявність субтотальних кісткових дефектів типу C3, пов'язана з розвитком гірших результатів лікування ($\tau=-0,39$, $p=0,0004$) та вищими шансами формування незадовільних клінічних показників ($OR=11,25$, CI (1,32-95,73), $p=0,02$). Значущо гірші результати використання ПММА-кісткового цементу доведено у пацієнтів з сегментарними кістковими дефектами з укороченням типу C2 ($\tau=-0,22$, $p=0,05$).

Таблиця 2

Прогностична цінність характеристик пошкодження щодо клінічних результатів використання ПММА-кісткового цементу

Тип травми	Клінічні результати лікування			
	відмінні	хороші	задовільні	незадовільні
<i>Абсолютний розмір дефекту</i>				
< 3 см	$p=0,004$	$p=0,09$	$p=0,20$	$p=0,35$
3-5 см	$p=0,96$	$p=0,33$	$p=0,37$	$p=0,003$
> 5 см	$p=0,09$	$p=0,79$	$p=0,72$	$p=0,001$ $OR=2,79$ CI (1,34-13,34)
<i>Тип пошкодження згідно класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок</i>				
B3	$p=0,15$	$p=0,92$	$p=0,20$	$p=0,35$
C-тип	$p=0,15$	$p=0,92$	$p=0,20$	$p=0,35$
C1	$p=0,03$ $OR=5,25$ CI (1,12-24,67)	$p=0,50$	$p=0,058$ $OR=0,16$ CI (0,02-1,59)	$p=0,03$
C2	$p=0,09$	$p=0,79$	$p=0,049$ $OR=4,67$ CI (0,90-24,17)	$p=0,94$
C3	$p=0,02$	$p=0,65$	0,71	$p=0,02$ $OR=11,25$ CI (1,32-95,73)
<i>Тип кісткового дефекту за Tetsworth</i>				
D3 A	$p=0,006$ $OR=8,00$ CI (1,56-40,92)	$p=0,79$	$p=0,24$	$p=0,02$
D3 B	$p=0,27$	$p=0,40$	$p=0,32$	$p=0,29$
D3 C	$p=0,01$	$p=0,46$	$p=0,89$	$p=0,002$ $OR=30,00$ CI (2,44-368,83)

Встановлено й високу прогностичну цінність характеристик кісткового дефекту за Tetsworth у визначенні клінічного результату використання ПММА-кісткового цементу. Зокрема, наявність дефектів типу D3 A розміром 2-4 см асоційована з кращими результатами лікування ($\tau=+0,44$, $p=0,00008$) та значущо вищими шансами формування відмінних клінічних показників ($OR=8,00$, CI (1,56-40,92), $p=0,006$). У пацієнтів із дефектами типу D3 C розміром понад 8 см доведено гірші результати використання ПММА-кісткового цементу ($\tau=-0,45$, $p=0,00007$) та вищий ризик розвитку незадовільних значень ($OR=30,00$, CI (2,44-368,83), $p=0,002$).

Отже, анатомо-морфологічні характеристики кісткового дефекту мають визначальний вплив на прогноз використання ПММА-кісткового цементу.

Висновки

1. Доведено високу клінічну ефективність використання ПММА-цементу в лікуванні пацієнтів із вогнепальними переломами довгих трубчастих кісток, враховуючи анатомо-морфологічні характеристики кісткового дефекту.

2. При виборі оптимального методу заміщення кісткового дефекту використання ПММА-кісткового цементу рекомендуємо за наявності таких критеріїв:

- кісткові дефекти розмірами до 3 см ($\tau=+0,31$, $p=0,006$);

- кісткові дефекти типу B3 ($\tau=+0,24$, $p=0,03$), типу C1 ($OR=5,25$, CI (1,12-24,67), $p=0,03$), визначені відповідно до класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок;

- кісткові дефекти типу D3 A ($OR=8,00$, CI (1,56-

40,92), $p=0,006$), встановлені відповідно до класифікації Tetsworth.

3. Застосування ПММА-кісткового цементу не рекомендуємо у таких випадках:

- кісткові дефекти розміром понад 5 см (OR=2,79, CI (1,34-13,34), $p=0,001$);
- кісткові дефекти типу C2 ($\tau=-0,22$, $p=0,05$), типу C3 ($\tau=-0,39$, $p=0,0004$), (OR=11,25, CI (1,32-95,73), $p=0,02$), відповідно до класифікації дефектів довгих кісток при бойовій травмі кінцівок;
- кісткові дефекти типу D3 C (OR=30,00, CI (2,44-368,83), $p=0,002$) відповідно до класифікації Tetsworth.

Перспективи подальших досліджень

Доведена залежність клінічної ефективності від анатомо-морфологічних характеристик ушкодження розкриває низку напрямів для подальшої наукової роботи. Отримані дані можуть слугувати підґрунтям для створення прогностичних моделей та алгоритмів стратифікації ризиків при виборі оптимального методу заміщення кісткового дефекту та плануванні лікування з використанням ПММА-кісткового цементу. Доцільним є аналіз ефективності композитів ПММА з остеокондуктивними або остеоіндуктивними матеріалами, залежно від розміру кісткового дефекту, його локалізації та типу, особливо у випадках коли, «чистий» ПММА недостатньо ефективний. Перспективним є дослідження ефективності застосування ПММА при кісткових дефектах пухлинного або інфекційного генезу.

Список літератури

1. Король СО. Кісткова пластика в системі спеціалізованого лікування поранених з бойовими травмами кінцівок. Травма. 2018;19(1):20-6. doi: 10.22141/1608-1706.1.19.2018.126659
2. Родіонов АВ, Носівець ДС, Бєць ВГ, Воронєць ВВ, Денисюк МА. Хірургічне лікування дефектів кісток кінцівок унаслідок вогнепальних поранень. Ортопедія, травматологія та протезування. 2024;4:76-81. doi: 10.15674/0030-59872024476-81
3. Richter RF, Vater C, Korn M, Ahlfeld T, Rauner M, Pradel W, et al. Treatment of critical bone defects using calcium phosphate cement and mesoporous bioactive glass providing spatiotemporal drug delivery. *Bioact Mater*. 2023;28:402-19. doi: 10.1016/j.bioactmat.2023.06.001
4. Wei S, Ma JX, Xu L, Gu XS, Ma XL. Biodegradable materials for bone defect repair. *Mil Med Res* [Internet]. 2020[cited 2025 Oct 11];7(1):54. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7653714/pdf/40779_2020_Article_280.pdf doi: 10.1186/s40779-020-00280-6
5. Xia Y, Wang H, Li Y, Fu C. Engineered bone cement trigger bone defect regeneration. *Front Mater* [Internet]. 2022[cited 2025 Oct 15];9:929618. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2022.929618/full> doi: 10.3389/fmats.2022.929618
6. Gong Y, Zhang B, Yan L. Preliminary Review of Modified Polymethyl Methacrylate and Calcium-Based Bone Cement for Improving Properties in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Front Mater* [Internet]. 2022[cited 2025 Oct 15];9:912713. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2022.912713/full> doi: 10.3389/fmats.2022.912713
7. Singhatanadgit W, Sungkhaphan P, Thavornnyutikarn B, Kitpakomsanti S, Young A, Janvikul W. In Vitro Osteo-

Immunological Responses of Bioactive Calcium Phosphate-Containing Urethane Dimethacrylate-Based Composites: A Potential Alternative to Poly(methyl methacrylate) Bone Cement. *ACS Materials Au*. 2024;4(6):612-27. doi: 10.1021/acsmaterialsau.4c00037

8. Ardelean AI, Mârza SM, Marica R, Dragomir MF, Rusu-Moldovan AO, Moldovan M, et al. Evaluation of Biocomposite Cements for Bone Defect Repair in Rat Models. *Life (Basel)* [Internet]. 2024[cited 2025 Oct 11];14(9):1097. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11432940/pdf/life-14-01097.pdf> doi: 10.3390/life14091097
9. Ramanathan S, Lin YC, Thirumurugan S, Hu CC, Duann YF, Chung RJ. Poly(methyl methacrylate) in Orthopedics: Strategies, Challenges, and Prospects in Bone Tissue Engineering. *Polymers* [Internet]. 2024[cited 2025 Oct 17];16(3):367. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/3/367> doi: 10.3390/polym16030367
10. Boschetto F, Honma T, Adachi T, Kanamura N, Zhu W, Yamamoto T, et al. Development and evaluation of osteogenic PMMA bone cement composite incorporating curcumin for bone repairing. *Materials Today Chemistry* [Internet]. 2023[cited 2025 Oct 11];27:101307. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468519422005365> doi: 10.1016/j.mtchem.2022.101307
11. Берладір ХВ, Говорун ТП, Олешко ОМ. Біомедичні матеріали: від історії до сьогодення. Суми; 2022. 222 с.
12. Wekwejt M, Chen S, Kaczmarek-Szczepańska B, Nadolska M, Lukowicz K, Pałubicka A, et al. Nanosilver-Loaded PMMA Bone Cement Doped with Different Bioactive Glasses-Evaluation of Cytocompatibility, Antibacterial Activity, and Mechanical Properties. *Biomater Sci*. 2021;9(8):3112-26. doi: 10.1039/d1bm00079a
13. Paz E, Ballesteros Y, Abenojar J, Del Real JC, Dunne NJ. Graphene oxide and graphene reinforced PMMA bone cements: Evaluation of thermal properties and biocompatibility. *Mater (Basel)* [Internet]. 2019[cited 2025 Oct 17];12(19):3146. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/19/3146> doi: 10.3390/ma12193146
14. Wang Y, Shen S, Hu T, Williams GR, Bian Y, Feng B, et al. Layered Double Hydroxide Modified Bone Cement Promoting Osseointegration via Multiple Osteogenic Signal Pathways. *ACS Nano*. 2021;15(6):9732-45. doi: 10.1021/acsnano.1c00461
15. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52(6):1077-89.
16. Burianov O, Kvasha V, Sobolevskiy Y, Yarmoliuk Y, Klapchuk Y, Los D, et al. Methodological principles of diagnosis verification and treatment tactics determination in combat limb injuries with bone defects. Ортопедія, травматологія та протезування. 2023;4:5-13. doi: 10.15674/0030-5987202345-13
17. Tetsworth KD, Burnand HG, Hohmann E, Glatt V. Classification of bone defects: an extension of the Orthopaedic Trauma Association open fracture classification. *J Orthop Trauma*. 2021;35(2):71-6. doi: 10.1097/bot.0000000000001896

References

1. Korol SO. Kistkova plastyka v systemi spetsializovanoho likuvannia poranenykh z boiovykh travmamy kintsivok [Bone grafting in the system of specialized treatment of victims with battle limb injuries]. *Trauma*. 2018;19(1):20-6. doi: 10.22141/1608-1706.1.19.2018.126659 (in Ukrainian)
2. Rodionov AV, Nosivets DS, Bets VG, Voronets VV, Denysiuk MA. Khirurhichne likuvannia defektiv kistok kintsivok u naslidok vohnepal'nykh poranen' [Surgical treatment of bone defects of the extremities after gunshot injuries]. *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 2024;4:76-81. doi: 10.15674/0030-59872024476-81 (in Ukrainian)
3. Richter RF, Vater C, Korn M, Ahlfeld T, Rauner M, Pradel W, et al. Treatment of critical bone defects using calcium phosphate cement and mesoporous bioactive glass providing spatiotemporal drug

- delivery. Bioact Mater. 2023;28:402-19. doi: 10.1016/j.bioactmat.2023.06.001
4. Wei S, Ma JX, Xu L, Gu XS, Ma XL. Biodegradable materials for bone defect repair. Mil Med Res [Internet]. 2020[cited 2025 Oct 11];7(1):54. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7653714/pdf/40779_2020_Article_280.pdf doi: 10.1186/s40779-020-00280-6
 5. Xia Y, Wang H, Li Y, Fu C. Engineered bone cement trigger bone defect regeneration. Front Mater [Internet]. 2022[cited 2025 Oct 15];9:929618. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2022.929618/full> doi: 10.3389/fmats.2022.929618
 6. Gong Y, Zhang B, Yan L. Preliminary Review of Modified Polymethyl Methacrylate and Calcium-Based Bone Cement for Improving Properties in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. Front Mater [Internet]. 2022[cited 2025 Oct 15];9:912713. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2022.912713/full> doi: 10.3389/fmats.2022.912713
 7. Singhatanadgit W, Sungkhaphan P, Thavornnyutikarn B, Kitpakomsanti S, Young A, Janvikul W. In Vitro Osteo-Immunological Responses of Bioactive Calcium Phosphate-Containing Urethane Dimethacrylate-Based Composites: A Potential Alternative to Poly(methyl methacrylate) Bone Cement. ACS Materials Au. 2024;4(6):612-27. doi: 10.1021/acsmaterialsau.4c00037
 8. Ardelean AI, Mârza SM, Marica R, Dragomir MF, Rusu-Moldovan AO, Moldovan M, et al. Evaluation of Biocomposite Cements for Bone Defect Repair in Rat Models. Life (Basel) [Internet]. 2024[cited 2025 Oct 11];14(9):1097. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11432940/pdf/life-14-01097.pdf> doi: 10.3390/life14091097
 9. Ramanathan S, Lin YC, Thirumurugan S, Hu CC, Duann YF, Chung RJ. Poly(methyl methacrylate) in Orthopedics: Strategies, Challenges, and Prospects in Bone Tissue Engineering. Polymers [Internet]. 2024[cited 2025 Oct 17];16(3):367. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/3/367> doi: 10.3390/polym16030367
 10. Boschetto F, Honma T, Adachi T, Kanamura N, Zhu W, Yamamoto T, et al. Development and evaluation of osteogenic PMMA bone cement composite incorporating curcumin for bone repairing. Materials Today Chemistry [Internet]. 2023[cited 2025 Oct 11];27:101307. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468519422005365> doi: 10.1016/j.mtchem.2022.101307
 11. Berladir KhV, Hovorun TP, Oleshko OM. Biomedychni materialy: vid istorii do s'ohodennia [Biomedical materials: from history to the present]. Sumy; 2022. 222 p. (in Ukrainian)
 12. Wekwejt M, Chen S, Kaczmarek-Szczepańska B, Nadolska M, Łukowicz K, Pałubicka A, et al. Nanosilver-Loaded PMMA Bone Cement Doped with Different Bioactive Glasses-Evaluation of Cytocompatibility, Antibacterial Activity, and Mechanical Properties. Biomater Sci. 2021;9(8):3112-26. doi: 10.1039/d1bm00079a
 13. Paz E, Ballesteros Y, Abenojar J, Del Real JC, Dunne NJ. Graphene oxide and graphene reinforced PMMA bone cements: Evaluation of thermal properties and biocompatibility. Mater (Basel) [Internet]. 2019[cited 2025 Oct 17];12(19):3146. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/19/3146> doi: 10.3390/ma12193146
 14. Wang Y, Shen S, Hu T, Williams GR, Bian Y, Feng B, et al. Layered Double Hydroxide Modified Bone Cement Promoting Osseointegration via Multiple Osteogenic Signal Pathways. ACS Nano. 2021;15(6):9732-45. doi: 10.1021/acsnano.1c00461
 15. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. J Bone Joint Surg Am. 1970;52(6):1077-89.
 16. Burianov O, Kvasha V, Sobolevskiy Y, Yarmoliuk Y, Klapchuk Y, Los D, et al. Methodological principles of diagnosis verification and treatment tactics determination in combat limb injuries with bone defects. Orthopedics, Traumatology and Prosthetics. 2023;4:5-13. doi: 10.15674/0030-5987202345-13
 17. Tetsworth KD, Burnand HG, Hohmann E, Glatt V. Classification of bone defects: an extension of the Orthopaedic Trauma Association open fracture classification. J Orthop Trauma. 2021;35(2):71-6. doi: 10.1097/bot.0000000000001896

Відомості про авторів:

Фіщенко В. О. – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри травматології та ортопедії Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова, м. Вінниця, Україна.

E-mail: fishenko2221@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9811-7861>

Литвинюк О. М. – аспірант кафедри травматології та ортопедії Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова, м. Вінниця, Україна.

E-mail: md.lytvyniuk@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8447-7803>.

Information about the authors:

Fishchenko V. O. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedic, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine.

E-mail: fishenko2221@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9811-7861>

Lytvyniuk O. M. — Postgraduate Student, Department of Traumatology and Orthopedic, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine.

E-mail: md.lytvyniuk@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8447-7803>

Дата першого надходження рукопису до видання: 18.07.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 29.07.2025

Дата публікації: 30.09.2025

© В.О. Фіщенко, О.М. Литвинюк

