ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

УДК 616.717/.718-001.5-089.843:303.442.3](045)

DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202625-12

Застосування хірургічних технологій лікування постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок сучасної бойової травми. Повідомлення третє. Технології кісткового транспорту

С. О. Гур'єв [1], С. В. Гаріян [2], В. А. Кушнір [1], О. С. Цибульський [2]

[1] ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України», Київ
[2] Тернопільська обласна клінічна лікарня. Україна

Objective. To provide a full description of the indications for the use of bone transport technology in victims with long bone defects due to combat trauma. Methods. The current state of domestic and international treatment strategies, as well as research achievements regarding bone transport methods (antegrade, retrograde, and antegrade-retrograde) were reviewed. The medical histories of 62 patients with long bone defects who were successfully treated using bone transport technology were studied. Results. It was found out that antegrade bone transport is most often used for the surgical treatment of victims with such defects — 54.84 %. In the general array of victims who were treated with bone transport technology, patients aged 21–50 years prevail — 77.42 %. It should be noted that the use of this technology prevailed in cases of damage to the long bones of the lower limb - 96.78%. It can also be stated that the bone transport technology for the treatment of long bone defects is inherent in conditions of defect sizes from 5 to 15 cm. Conclusions. The use of bone transport technology in the surgical treatment of victims with long bone defects due to combat trauma to achieve a successful clinical and anatomical result requires a clear comprehensive formation of indications based on age, anatomical features, as well as assessment of the defect, the criteria being the age of the victim (up to 50 years) and the defect size of 5 cm or more. Each subtype of bone transport technology has a specific localization of defects for its successful use: antegrade bone transport for defects due to combat trauma of the forearm (100 %) and lower leg (56.82 %), retrograde — thigh (62.5 %), antegrade-retrograde — only on the lower leg.
Keywords. Long bones, defects, surgical treatment, bone transport technologies, combat injuries.

Мета. Надати повноцінну характеристику показів для застосування технології кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми. Методи. Розглянуто сучасний стан вітчизняних і міжнародних стратегій лікування, а також дослідницькі досягнення щодо способів транспортування кісток (антеградний, ретроградний та антеградно-ретроградний). Вивчено історії хвороби 62 пацієнтів із дефектами довгих кісток, яких успішно проліковано зі застосуванням технології кісткового транспорту. Результати. Виявлено, що для оперативного лікування постраждалих із такими дефектами найчастіше застосовується антеградний кістковий транспорт — 54,84 %. У загальному масиві постраждалих, яким було застосовано технологію кісткового транспорту, здебільшого хворі віком 21–50 років — 77,42 %. Зауважимо, що використання цієї технологія переважало в разі ураження довгих кісток нижніх кінцівок — 96,78 %. Також можна стверджувати, що технологія кісткового транспорту для лікування дефектів довгих кісток притаманна за умов розмірів дефектів від 5 до 15 см. Висновки. Застосування технології кісткового транспорту в хірургічному лікуванні постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми для досягнення успішного клініко-анатомічного результату потребує чіткого комплексного формування показів, заснованого на вікових, анатомічних ознаках, а також оцінюванні дефекту, критеріями є вік постраждалого (до 50 років) та розмір дефекту від 5 см та більше. Кожен підтип технології кісткового транспорту застосовується за певної локалізації дефектів для її успішного використання: антеградний кістковий транспорт за дефектів унаслідок бойової травми кісток передпліччя (100 %) та гомілки (56,82 %), ретроградний — стегна (62,5 %), антеградно-ретроградний — лише на гомілці.

Ключові слова. Довгі кістки, дефекти, хірургічне лікування, технології кісткового транспорту, бойові ушкодження

© Гур'єв С. О., Гаріян С. В., Кушнір В. А., Цибульський О. С., 2026

Вступ

Зростання кількості високоенергетичних і вибухових поранень під час війни призвело до збільшення числа травм із важкими наслідками. Вони потенційно можуть мати низку ускладнень, таких як інфекції кістки або тривалий період госпіталізації.

Вогнепальні переломи довгих кісток унаслідок бойової травми мають ділянки руйнування з утворенням декількох уламків, які можуть мігрувати, відшаровуючись від м'яких тканин. Тому технологія кісткового транспорту є вагомим способом лікування постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми, принципи якої допомагають скоротити час, необхідний для з'єднання кінців кісток із ділянкою дефекту і дають можливість ранньої кісткової пластики для ефективного вирішення проблем незрощення. Ця методика також стає більш поширеною серед хірургів-ортопедів, оскільки мінімізує необхідність у великих м'якотканинних та аутологічних кісткових трансплантатах. Окрім того, вона може адекватно контролювати інфекції та дає можливість одночасно відновлювати дефекти кісток і м'яких тканин.

Актуальність теми дослідження доведено в наших попередніх повідомленнях — технологія кісткового транспорту в разі бойової травми застосовується у 54,35 % випадків [1], що висвітлено в багатьох вітчизняних і закордонних наукових працях [2–5]. Проте публікації стосовно зазначеної проблеми здебільшого порушують медико-технологічні аспекти. У відкритих і доступних огляду й аналізу даних джерел наукової інформації нами знайдено обмаль статей щодо клініко-організаційних аспектів застосування технології кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми, включно з верифікацією та обґрунтуванням показів до її виконання.

Мета: надати повноцінну характеристику показів для застосування технології кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми.

Матеріал і методи

Нами розглянуто сучасний стан вітчизняних і міжнародних стратегій лікування, а також дослідницькі досягнення щодо способів транспортування кісток (антеградний, ретроградний та антеградно-ретроградний).

Пошук літератури проводився із використанням PubMed, Web of Science, Google Scholar, включаючи оригінальні дослідження, огляди, клінічні випадки, метааналізи тощо, діапазон склав 2016–2025 роки. Обсяг знайденої літератури — 430 статей. Критерії включення: роботи, пов'язані з технологією транспортування кісток. Критерії виключення: статті з дубльованим вмістом, із тим самим типом дослідження, але без суттєвих змін. Загалом до дослідження було включено 16 робіт українською та англійською мовами.

Дослідження схвалене локальним комітетом із біоетики (протокол № 3 від 02.04.2026 р.) ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України» установи відповідно до ICH GCP, Гельсінської декларації прав людини та біомедицини, а також чинного законодавства України. Усі залучені пацієнти були ознайомлені з планом та умовами проведення роботи, надали письмову згоду.

Здійснено розподіл масиву вивчення за ознаками підтипу технології кісткового транспорту, а саме: антеградного, ретроградного та антеградно-ретроградного. Проаналізовано застосування конкретних підтипів кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми залежно від їхнього віку, анатомічної локалізації та розміру дефекту і проведено порівняльний аналіз. Здійснено повноцінний параметричний (ранговий) та непараметричний методи статистичного аналізу, а також використано елементи фрактального.

Для вивчення особливостей ураження та стану дефектів довгих кісток проаналізовано анамнез, рентгенометричну динаміку змін, результати лікування залежно від локалізації та розміру ушкодження.

Результати

Зауважимо, що практично 90 % випадків, які розглядалися у цьому дослідженні (зважаючи на особливості кісткового транспорту) — діафізи кісток. Першочергово нами проведено розподіл загального масиву постраждалих із дефектами довгих кісток, яким було застосовано технологію кісткового транспорту за її підтипом (табл. 1).

Таблиця 1

Аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою підтипу технології

Підтип технології кісткового транспорту	Питома вага (%)	Ранг
Антеградний	54,84	1
Ретроградний	38,71	2
Антеградно-ретроградний	6,45	3
Усього	100,00	—

Під час аналізу показників таблиці 1 виявлено, що в загальному масиві постраждалих із дефектами довгих кісток скелета найчастіше застосовувався антеградний кістковий транспорт для хірургічного лікування — 54,84 % (перше рангове місце). Ретроградний — для лікування кісткових дефектів використовувався в постраждалих із бойовою травмою в 38,71 %, а найменше застосовувалося поєднання ретро- та антеградного кісткового транспорту — 6,45 %. Співвідношення показників питомої ваги максимального до мінімального становить 8,5, що вказує на високу дисипацію розподілу та опосередковано — на його вірогідність. Отже, для лікування дефектів довгих кісток скелета в постраждалих унаслідок бойової травми методом вибору залишається антеградний кістковий транспорт.

Із метою встановлення впливу вікової ознаки на застосування технології кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми проведено розподіл масиву пацієнтів, а результати аналізу наведено в таблиці 2.

У ході дослідження встановлено, що в загальному масиві постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойових дій, яким для хірургічного лікування застосовано технологію кісткового транспорту переважають хворі віком 41–50 років — 37,10 % (перше рангове місце), на другому — особи віком 21–30 років (29,03 %), а найменша питома вага припадає на постраждалих вікової категорії старше 60 років — 3,23 %. Підсумовуючи зазначимо, що загалом ця технологія використовувалася переважно в пацієнтів віком 21–50 років — 77,42 %. Співвідношення показників питомої ваги максимального до мінімального становить 11,49, що вказує на високу дисипацію й опосередковано — на вірогідність такого розподілу.

У загальному масиві постраждалих, яким було проведено кістковий транспорт із метою хірургічного лікування дефектів, здійснено розподіл масиву постраждалих за ознакою «локалізація ушкодження», а результати наведено в таблиці 3.

Під час аналізу показників таблиці 3 можна дійти висновку, що технологію кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток скелета внаслідок бойових дій здебільшого застосовували на гомілці — 83,26 %, у 5,7 разів менше — на стегновій кістці; загалом її використовували в 96,78 % випадків у разі ураження нижньої кінцівки, верхньої — лише 3,22 %, причому лише на передпліччі. Отже, у підсумку, технологія кісткового транспорту доцільніша за дефектів довгих кісток нижніх кінцівок. Співвідношення показників питомої ваги максимального до мінімального становить 25,55, що вказує на дуже високу дисипацію та опосередковано на вірогідність такого розподілу.

Для встановлення залежності застосування технології кісткового транспорту відповідно до розміру кісткового дефекту в постраждалих унаслідок бойових дій, нами проведено розподіл масиву хворих, яким було її застосовано за розміром кісткового дефекту, а результати цього аналізу наведено в таблиці 4.

Виявлено, що найчастіше технологія кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойових дій застосовувалася за розмірів від 5 до 10 см — 38,71 % (перше рангове місце). Друге, із трохи меншим показником питомої ваги (37,10 %), — дефекти розміром 10,0–14,99 см.

Таблиця 2

Аналіз розподілу масиву постраждалих за віковою ознакою

Вік (роки)	Питома вага (%)	Ранг
До 20	8,06	4
21–30	29,03	2
31–40	11,29	3
41–50	37,10	1
51–60	11,29	3
Більше 60	3,23	5
Усього	100,00	—

Таблиця 3

Аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою «локалізація ушкодження»

Локалізація дефекту	Питома вага (%)	Ранг
Плече	0	4
Передпліччя	3,22	3
Стегно	14,52	2
Гомілка	82,26	1
Усього	100,00	—

Таблиця 4

Аналіз розподілу масиву постраждалих за розміром дефекту

Розмір дефекту (см)	Питома вага (%)	Ранг
2,5–4,99	3,22	4
5,0–9,99	38,71	1
10,0–14,99	37,10	2
Більше 15,00	20,97	3
Усього	100,00	—

Звертає на себе увагу досить низький показник питомої ваги використання технології кісткового транспорту за умов дефектів до 5 см — 3,22 %. Ураховуючи наведені дані, можна стверджувати, що технологія кісткового транспорту для оперативного лікування уражень довгих кісток у постраждалих унаслідок бойових дій притаманна за умов розмірів дефектів від 5 до 15 см.

Із метою встановлення взаємозв'язку застосування підтипів кісткового транспорту від ушкодженого сегмента нами проведено розподіл масиву дослідження в групах «підтип технологій кісткового транспорту» за ознакою «сегмент кінцівки». Результати цього аналізу наведено в таблиці 5.

Аналізуючи дані таблиці 5 встановлено, що у постраждалих із дефектами довгих кісток передпліччя в 100 % застосовувалася лише технологія антеградного кісткового транспорту; для стегнової кістки здебільшого використовували ретроградний кістковий транспорт — 62,50 %, а антеградний — у 37,5 %. За кісткових дефектів гомілки, на відміну від стегнової кістки, перевага частіше надавалася антеградному кістковому транспорту — в 1,56 раза. Крім того, звертає на себе увагу той факт, що в разі кісткових дефектів гомілки в 6,82 % випадків застосовувалося поєднання технологій антеградного та ретроградного кісткового транспорту. Отже, ураховуючи такі дані, можна дійти висновку, що кістковим дефектам визначених сегментів притаманні певні підвиди кісткового транспорту.

З іншого боку, проведено розподіл масиву дослідження в групах «ушкоджений сегмент кінцівки» за ознакою застосованої технології кісткового транспорту (табл. 6).

У результаті аналізу даних таблиці 6 виявлено, що технологія антеградного кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми найчастіше застосовувалася на гомілці — у 86,21 % випадків, на стегні та передпліччі у 8,3 раза і у 25 разів рідше відповідно.

Ретроградний кістковий транспорт для хірургічного лікування дефектів довгих кісток також здебільшого використовувався за дефектів гомілки (76,19 %), а стегна — у 23,81 %, що у 3 рази менше; зауважимо на передпліччі ця технологія взагалі не застосовувалася.

Поєднання видів кісткового транспорту (антеградного та ретроградного) в нашому дослідженні спостерігалося за дефектів кісток гомілки, а в інших сегментах у статистично значущому обсязі не зустрічалося.

Ураховуючи вищенаведені дані, можна дійти висновку, що використання технологій кісткового транспорту для оперативного лікування кісткових дефектів у постраждалих унаслідок бойової травми є характерним за дефектів кісток гомілки.

Таблиця 5

Аналіз розподілу масиву дослідження за ознакою «сегмент кінцівки» у групах за підтипом технології кісткового транспорту

Підтип	Сегмент кінцівки					
	передпліччя		стегно		гомілка	
	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг
Антеградна	100,00	1	37,5	2	56,82	1
Ретроградна	0	2	62,5	1	36,36	2
Антеградно-ретроградна	0	2	0	3	6,82	3
Усього	100,00	—	100,00	—	100,00	—

Таблиця 6

Аналіз розподілу масиву дослідження за підтипом технології кісткового транспорту в групах сегмента кінцівки

Сегмент	Підтип технології кісткового транспорту					
	антеградна		ретроградна		антеградно-ретроградна	
	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг
Передпліччя	3,45	3	0	3	0	2
Стегно	10,34	2	23,81	2	0	2
Гомілка	86,21	1	76,19	1	100,00	1
Усього	100,00	—	100,00	—	100,00	—

Для встановлення вірогідності даних таблиці 6 проведено поліхоричний аналіз, виявлено, що між ознаками «підтип технології кісткового транспорту» та «локалізація дефекту» існує позитивний (φ^2 = 0,0571), помірний (C = 0,2325), та вірогідний зв'язок (χ^2 = 3,03), але ступінь вірогідності вказує і на вплив інших чинників.

Із дидактичною метою наводимо клінічні приклади застосування підтипів технології кісткового транспорту в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойових ушкоджень.

Клінічний випадок № 1

Застосування антеградного кісткового транспорту за дефектів довгих кісток. Постраждалий 48 років отримав ізольоване поранення (мінно-вибухова травма). Багатоуламковий перелом кісток правої гомілки в нижній третині з дефектом м'яких тканин та ушкодженням зовнішньої великогомілкової артерії. Турнікетний синдром — 4 години. Госпіталізований на етапне лікування на 4 добу з моменту поранення (рис. 1), одразу виконано дебридмент рани та ревізійне відновлення кровообігу, діагностовано кістковий дефект розміром 12,5 см.

Наступним етапом проведено менеджмент м'яких тканин, VAC-терапію та аутодермопластику (рис. 2).

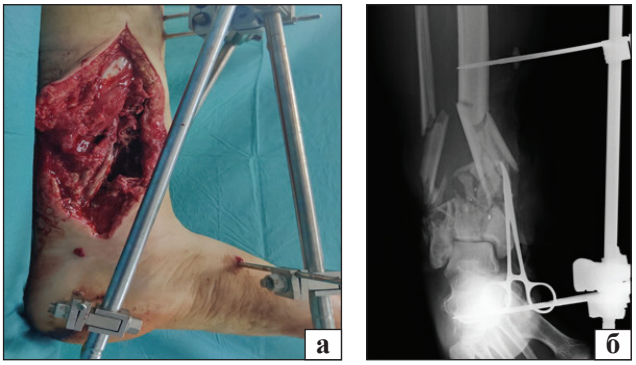


Рис. 1. Фотовідбитки: а) травми під час госпіталізації, б) рентгенограми на момент госпіталізації

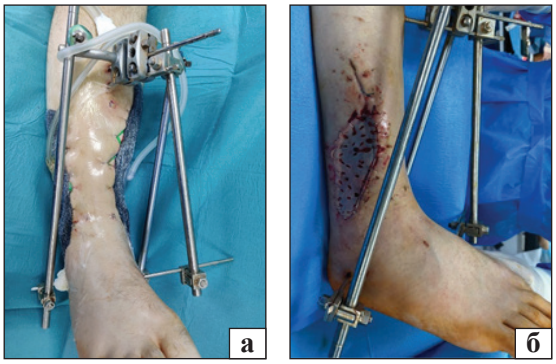


Рис. 2. Загальний вигляд після менеджменту рани — VAC-терапія (а), після аутодермопластики (б)

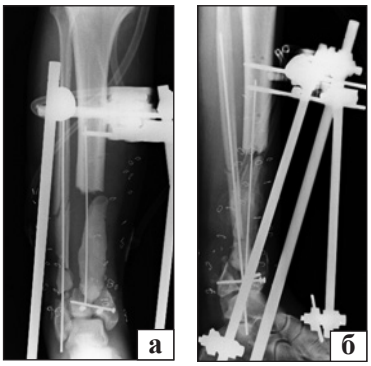


Рис. 3. Фотовідбитки рентгенограм на 15-ту добу пряма (а), бокова проєкції (б)

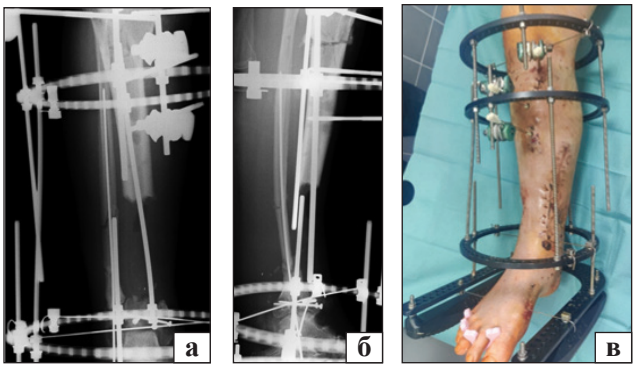


Рис. 4. Фотовідбиток рентгенограми постраждалого через 3 місяці (а, б), зовнішній вигляд кінцівки (в)

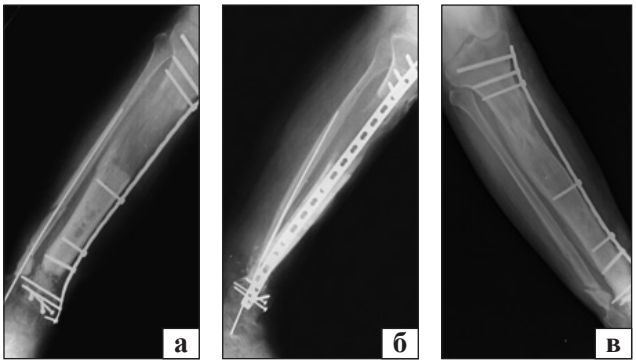


Рис. 5. Фотовідбиток рентгенограми постраждалого через 9 місяців (а, б) та через 18 місяців (в)

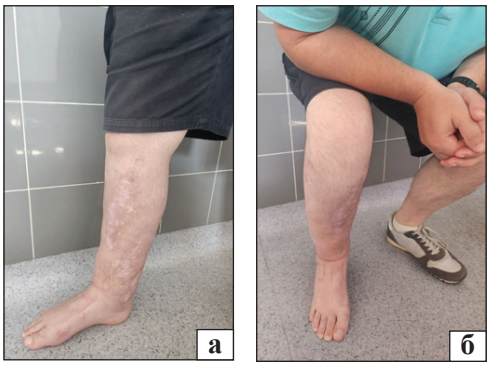


Рис. 6. Фотовідбиток ушкодженої кінцівки через 18 міс.

На 15-ту добу здійснено встановлення цементного спейсера (рис. 3).

Через 3 міс. після поранення проведено корекцію транспортного фрагмента, видалення цементного спейсера та замінено метод фіксації на кільцевий апарат зовнішньої фіксації (АЗФ) (рис. 4).

Через 9 міс. із моменту поранення виконано конверсію кільцевого АЗФ на LPC-пластину (рис. 5).

Через 18 міс. постраждалий під час огляду продемонстрував задовільний результат лікування (рис. 6).

Клінічний випадок № 2

Застосування ретроградного кісткового транспорту. Постраждалий 32 роки, госпіталізований до ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України» через 3 міс. після етапного лікування з дефектами м'яких і кісткових тканин 7,3 см, рана з ознаками інфікування (рис. 7 а, б); виконано дебридмент рани, встановлення цементного спейсера.

Через 2 тижні проведено повторну обробку рани, заміну спейсера та виконано пластику ротаційним м'язовим клаптем (рис. 8) після чого постраждалий відправлений на амбулаторне лікування.

Через 5 тижнів з моменту госпіталізації або 4 місяці від поранення виявлено критичний кістковий дефект 8,4 см, проблемні м'які тканини й інфекційний процес (рис. 9 а). Вирішено встановити кільцевий АЗФ замість стрижневого (рис. 9, б), провести ретроградний кістковий транспорт у відкриту рану та використати «легкий» клапоть для закриття.

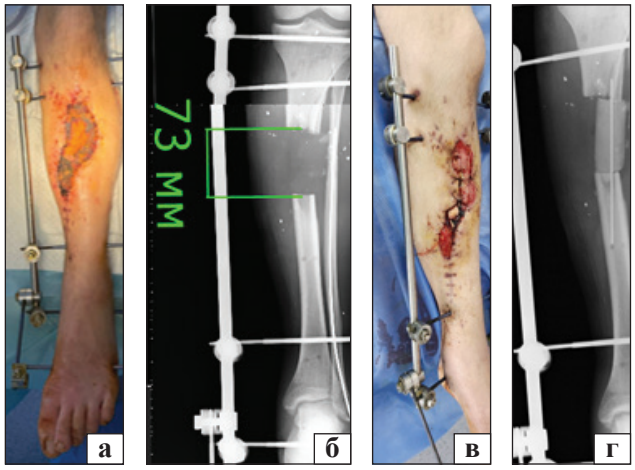


Рис. 7. Фотовідбитки ушкодженої кінцівки (а) та рентгенограма під час госпіталізації (б). Фото після дебридменту та встановлення спейсера (в) та рентгенограма (г)

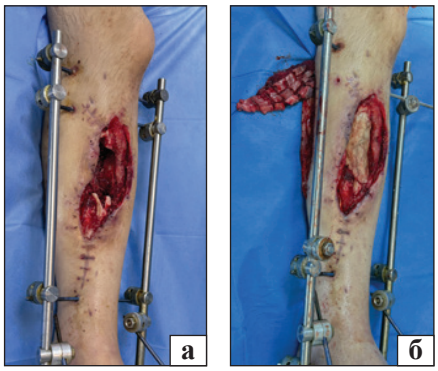


Рис. 8. Фотовідбиток через 2 тижні з моменту лікування (а, б)

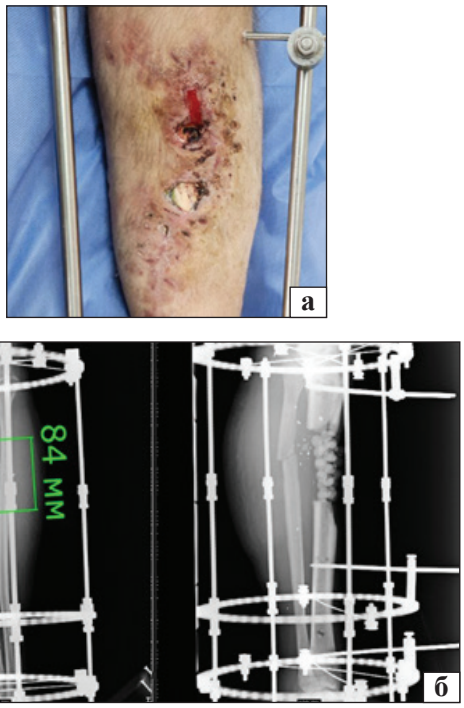


Рис 9. Фотовідбиток рани через 5 тижнів (а), рентгенограма після заміни АЗФ на кільцевий (б)

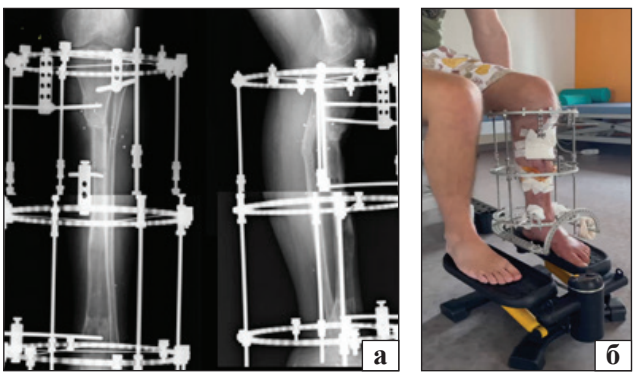


Рис. 10. Фотовідбитки рентгенограми через рік (а), кінцівок пацієнта під час функціонального навантаження (б)

На рис. 10 наведено рентгенограму ушкодженої кінцівки через рік після травми, через 1–2 міс. буде знято АЗФ.

Обговорення

У результаті проведеного дослідження встановлено, що серед підтипів технологій кісткового транспорту переважно застосовується антеградний (54,84 %), на другому місці ретроградний (38,71 %) і досить рідко антеградно-ретроградний (6,45 %). Загалом такі показники відповідають даним світової наукової літератури [6–8]. Виявлено, що технологія кісткового транспорту найбільш успішно виконувалася в постраждалих із дефектами довгих кісток віком до 50 років (77,42 %), і це може бути пояснено достатнім паторегенераторним потенціалом кісткової тканини в цьому віці. Зауважимо, що переважно технологія кісткового транспорту застосовується в постраждалих із дефектами довгих кісток, які виникли внаслідок бойової травми на гомілці, значно менше — на стегновій кістці та дуже рідко — на передпліччі (3,22 %), зовсім не використовувалася за дефектів плечової кістки. Із нашої точки зору, це обумовлено двома чинниками: особливостями як анатомічної структури кісток, так і хірургічного виконання. Така інформація щодо лікування бойової травми в значному обсязі є унікальною.

Нами проведено аналіз застосування технологій кісткового транспорту в постраждалих із різними розмірами дефекту довгих кісток унаслідок бойової травми та встановлено, що така технологія використовується в 75,81 % із досить великими дефектами від 5 до 15 см, причому практично однакова за 5–9,99 см (38,71 %) та 10–14,99 см (37,10 %). У разі великих дефектів кісток — більше 15 см — у 20,97 % і дуже рідко — 3,22 % — застосовувалася технологія кісткового транспорту за дефектів до 5 см.

Таким чином, можна стверджувати, що технологія кісткового транспорту є методом вибору хірургічного лікування великих і дуже великих дефектів довгих кісток унаслідок бойових ушкоджень. Таке положення містилося в роботах низки науковців [10–15], але цифри співвідношень у значущому обсязі не наводилися.

У метаналізі K. Aktuglu і співавт., який складався з 27 статей, виявили середній показник загоєння кістки 90,2 %, що демонструє задовільний рівень функціональних результатів для пацієнтів із дефектами великогомілкової кістки критичного розміру, яких лікували за допомогою методів кісткового транспорту [9].

У своєму метааналізі H. Wen і співавт. довели, що використання методів кісткового транспорту для лікування кісткових дефектів має такі переваги: коротший термін зовнішньої фіксації, швидший загальний час загоєння, меншу кількість ускладнень і покращену функцію кінцівок [16].

Успішне застосування технологій кісткового транспорту загалом і кожного підтипу цієї технології під час хірургічного лікування дефектів довгих кісток унаслідок бойової травми потребує дотримання досить чітких критеріїв і показів до його виконання.

Висновки

Застосування технології кісткового транспорту в хірургічному лікуванні постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми для досягнення успішного клініко-анатомічного результату потребує чіткого комплексного формування показів, заснованого на вікових, анатомічних ознаках, а також оцінюванні дефекту.

Показами та критеріями для успішного застосування технології кісткового транспорту є вік постраждалого до 50 років і розмір дефекту від 5 см і більше.

Кожен підтип технології кісткового транспорту має певну локалізацію дефектів для успішного використання такої технології. Антеградний кістковий транспорт за дефектів унаслідок бойової травми кісток передпліччя (100 %) та гомілки (56,82 %), ретроградний — стегна (62,5 %), антеградно-ретроградний — лише на гомілці.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується провести аналіз застосування інших технології хірургічного лікування кісткових дефектів унаслідок сучасної бойової травми.

Інформація про фінансування. Жодної вигоди у будь-якій формі не було і не буде отримано.

Внесок авторів. Гур'єв С. О. — обґрунтування напряму та мети дослідження, загальне керівництво; Гаріян С. В. — написання основного тексту дослідження, висновки; Кушнір В. А. — аналіз матеріалів дослідження, формування списку літератури; Цибульський О. С. — збір матеріалів дослідження.

Список літератури

1. Guryev, S., Hariyan, S., Kushnir, V., & Tsybulsky, O. (2025). Application of surgical technologies for the treatment of victims with long bone defects due to modern combat trauma. *Orthopaedics traumatology and prosthetics,* (4), 25–30. https://doi.org/10.15674/0030-59872025425-30
2. Yang, N., Ma, T., Liu, L., Xu, Y., Li, Z., Zhang, K., Wang, Q., & Huang, Q. (2023). Shortening/re-lengthening and nailing versus bone transport for the treatment of segmental femoral bone defects. *Scientific reports, 13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-40588-6

3. Hrytsai, M., Kolov, H., Sabadosh, V., Vyderko, R., Polovyi, A., & Hutsailiuk, V. (2024). Main surgical methods of critical tibial bone defects replacement (Literature review). *Terra orthopaedica, (1*(120)), 42–49. https://doi.org/10.37647/2786-7595-2024-120-1-42-49
4. Rohilla, R., Sharma, P. K., Wadhwani, J., Das, J., Singh, R., & Beniwal, D. (2021). Prospective randomized comparison of bone transport versus Masquelet technique in infected gap nonunion of tibia. *Archives of orthopaedic and trauma surgery, 142*(8), 1923–1932. https://doi.org/10.1007/s00402-021-03935-8
5. Burianov, O., Kvasha, V., Yarmoliuk, Y., & Pasenko, M. (2025). Modern technologies for replacing bone tissue defects (bone transport, Masquelet): Literature review and meta-analysis. *Trauma, 26*(6), 453–463. https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.26.2025.1060
6. Roh, J., Oh, C., Oh, J., Kyung, H., Park, B., Min, W., Kim, J., & Cho, C. (2008). Bone transport over the intramedullary nail for defects of long bone. *Journal of the Korean fracture society, 21*(1), 37. https://doi.org/10.12671/jkfs.2008.21.1.37
7. Li, Z., Liu, J., Li, C., Wu, M., Li, Y., Cui, Y., Xiong, W., Yang, F., & Liu, B. (2023). Advances in the application of bone transport techniques in the treatment of bone Nonunion and bone defects. *Orthopaedic surgery, 15*(12), 3046–3054. https://doi.org/10.1111/os.13936
8. Lu, Y., Wang, Q., Ren, C., Li, M., Li, Z., Zhang, K., Huang, Q., & Ma, T. (2023). Proximal versus distal bone transport for the management of large segmental tibial defect: A clinical case series. *Scientific reports, 13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-31098-6
9. Aktuglu, K., Erol, K., & Vahabi, A. (2019). Ilizarov bone transport and treatment of critical-sized tibial bone defects: A narrative review. *Journal of orthopaedics and traumatology, 20*(1). https://doi.org/10.1186/s10195-019-0527-1
10. Wang, Q., Ma, T., Li, Z., Zhang, K., & Huang, Q. (2024). Bone transport combined with sequential nailing technique for the management of large segmental bone defects after trauma. *Frontiers in surgery,* 11. https://doi.org/10.3389/fsurg.2024.1302325
11. Haines, N. M., Lack, W. D., Seymour, R. B., & Bosse, M. J. (2016). Defining the lower limit of a "Critical bone defect" in open Diaphyseal tibial fractures. *Journal of orthopaedic trauma, 30*(5), e158–e163. https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000531
12. Yushan, M., Ren, P., Abula, A., Alike, Y., Abulaiti, A., Ma, C., & Yusufu, A. (2020). Bifocal or trifocal (double-level) bone transport using unilateral rail system in the treatment of large tibial defects caused by infection: A retrospective study. *Orthopaedic surgery, 12*(1), 184–193. https://doi.org/10.1111/os.12604
13. Oh, C.-W. (2021). Advanced technique of bone transport to solve the segmental bone defect in long bone. *International journal of allied health sciences, 5*(4), 2276. https://doi.org/10.31436/ijahs.v5i4.696
14. Summers, S., & Krkovic, M. (2020). Bone transport with magnetic intramedullary nails in long bone defects. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology, 31*(6), 1243–1252. https://doi.org/10.1007/s00590-020-02854-5
15. Gupta, G. K., Majhee, A. K., Rani, S., Shekhar, S., Prasad, P., & Chauhan, G. (2022). A comparative study between bone transport technique using Ilizarov/LRS fixator and induced membrane (Masquelet) technique in management of bone defects in the long bones of lower limb. *Journal of family medicine and primary care, 11*(7), 3660–3666. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_2447_21
16. Wen, H., Zhu, S., Li, C., & Xu, Y. (2020). Bone transport versus acute shortening for the management of infected tibial bone defects: A meta-analysis. B*MC musculoskeletal disorders, 21*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-020-3114-y

Стаття надійшла до редакції	Отримано після рецензування	Прийнято до друку
09.04.2026	20.04.2026	23.04.2026

APPLICATION OF SURGICAL TECHNOLOGIES FOR THE TREATMENT OF VICTIMS WITH DEFECTS OF LONG BONES DUE TO MODERN COMBAT TRAUMA. REPORT THREE. BONE TRANSPORT TECHNOLOGIES

S. O. Guryev [1], S. V. Hariyan [2], V. A. Kushnir [1], O. S. Tsybulsky [2]

[1] DZ «Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine Ministry of Health of Ukraine», Kyiv
[2] Ternopil Regional Clinical Hospital. Ukraine

✉ Sergiy Guryev, MD, DMedSci, Prof.: gurevsergej1959@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-0191-945X
✉ Serhiy Hariyan, MD, PhD: drhariyan@gmail.com; https://orcid.org/0009-0006-2662-5756
✉ Vitalii Kushnir, MD, DMedSci: kv78@i.ua; https://orcid.org/0000-0003-4569-7246
✉ Oleksandr Tsybulsky: tsybulsky.oleksandr@gmail.com; https://orcid.org/0009-0009-5310-3621