

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202615-11>

Застосування хірургічних технологій лікування постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок сучасної бойової травми. Повідомлення 2. Технологія індукованої мембрани (технологія Masquelet)

С. О. Гур'єв¹, С. В. Гаріян², В. А. Кушнір¹, О. С. Цибульський²

¹ ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України», Київ

² Тернопільська обласна клінічна лікарня. Україна

Combat trauma, which, unfortunately, is now widespread in Ukraine as a result of the Ukrainian-Russian war, causes severe traumatic injuries to both military personnel and civilians. Objective. To provide a complete description of the indications for the use of induced membrane technology (Masquelet technology) in victims with long bone defects resulting from combat trauma. Methods. This study is based on an analysis of 51 cases of the use of the Masquelet technique in victims with long bone defects due to combat injuries. Connection criteria: the use of this particular technology is effective according to absolute or conditionally absolute indications, it was effective Masquelet. Results. It was established that the Masquelet technology was mainly used in victims with long bone defects aged 31–40 years (52.94 %). In addition, the Masquelet technology was most often used on the lower limb 64.70 %. There is a pattern in the use of the Masquelet technology depending on the localization of the long bone defect: in the proximal part of both the upper and lower limbs, this technology was used more often. The Masquelet technology was mainly used in victims with long bone defects measuring 5.0–9.99 cm (45.10 %). At the same time, the Masquelet technology was not used for long bone defects larger than 15 cm. Conclusions. The use of Masquelet technology is appropriate in victims with defects of long bones due to combat trauma in young and middle age, which is due to the age-dependent nature of bone tissue repair processes. There is an obvious dependence of the effectiveness and feasibility of using the induced membrane technology on the size of the defect. The most appropriate application is with a defect size of 5.0–9.99 cm and cavity defects, regardless of the localization of the defect. It is also necessary to take into account the results of a comprehensive analysis of clinical-epidemiological and clinical-anatomical features. Key words. Long bones, defects, sizes, surgical treatment, technology Masquelet, combat injuries.

Бойова травма, яка, на жаль, зараз є поширеною в Україні внаслідок російсько-української війни, призводить до тяжких травматичних уражень. Мета. Навести повноцінну характеристику показів щодо застосування технології індукованої мембрани (технологія Masquelet) у постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми. Методи. Дослідження ґрунтується на аналізі 51 випадку застосування технології Masquelet у пацієнтів із дефектами довгих кісток унаслідок бойових уражень. Критерії включення: використання саме цієї технології здійснене за абсолютними або умовно абсолютними показами, було ефективним. Результати. Виявлено, що технологія індукованої мембрани переважно використовувалася в постраждалих із дефектами довгих кісток віком 31–40 років (52,94 %), найчастіше на нижніх кінцівках — 64,70 %. Існує закономірність її застосування залежно від локалізації дефекту довгої кістки, а саме в проксимальному відділі як верхньої, так і нижньої кінцівки. Здебільшого Masquelet застосовано в постраждалих із дефектами розмірами 5,0–9,99 см (45,10 %) і не використовувалася за дефектів довгих кісток більше 15 см. Висновки. Застосування технології Masquelet доречне в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми в молодому та середньому віці, що обумовлено віковою залежністю репараційних процесів кісткової тканини. Існує вірогідна залежність ефективності та необхідності застосування технології індукованої мембрани від розміру дефекту. Найбільш доцільне використання — за розміру дефекту 5,0–9,99 см і кавітарних дефектах незалежно від локалізації. Також необхідно враховувати результати комплексного аналізу клініко-епідеміологічних і клініко-анатомічних ознак.

Ключові слова. Довгі кістки, дефекти, хірургічне лікування, технологія Masquelet, бойові ушкодження

Вступ

Бойова травма, яка на жаль є зараз поширеною в Україні внаслідок російсько-української війни, викликає тяжкі травматичні ураження як серед військових, так і мирного населення. До таких ушкоджень відносяться травми довгих кісток і виниклі через них дефекти цих кісток [1]. Лікування постраждалих із такими ураженнями потребує застосування медичних технологій, які раніше використовувалися не досить часто [2–5]. У попередній публікації ми довели, що одним з найпоширеніших способів лікування таких травм є технологія індукованої мембрани (Masquelet) [6]. На жаль, у відкритих і доступних оглядах й аналізах джерелах наукової інформації обмаль даних щодо характеристики застосування цієї технології залежно від клініко-епідеміологічних і клініко-нозологічних характеристик постраждалого, тому саме цей аспект проаналізовано в цьому дослідженні.

Мета: навести повноцінну характеристику показів щодо застосування технології індукованої мембрани (Masquelet) у постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми.

Матеріал і методи

Дослідження ґрунтується на ретроспективному аналізі 51 випадку використання технології Masquelet у постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойових уражень. Критерії включення: застосування саме цієї технології було здійснено за абсолютними або умовно абсолютними показами й виявилось ефективним.

Постраждалі проходили лікування в цивільних закладах охорони здоров'я. Вивчено й проаналізовано використання технології Masquelet залежно від клініко-епідеміологічної ознаки «вік» та клініко-анатомічної ознаки «ушкодження» (локалізація та розмір дефекту). Це обумовлено впливом зазначених показників на регенераторні та репаративні можливості кістки та м'яких тканин. Аналіз проведено в описовому й інтегральному аспектах. Використано параметричні (ранговий) та непараметричні (поліхоричний аналіз) методи статистики зі застосуванням законів формальної логіки та фрактального аналізу.

Програмно-методологічне забезпечення дослідження відповідає вимогам і критеріям доказової медицини.

Роботу було проведено відповідно до вимог і критеріїв доказової медицини з дотриманням умов Гельсінської декларації і схвалено комісією

з біоетики ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України» (протокол № 1 від 12.01.2026 року)

Результати

Для досягнення мети нашого дослідження було проведено аналіз масиву постраждалих за ознакою віку, при цьому застосовано декадний принцип вікової градації (рис. 1).

Зазначимо, що більше половини постраждалих, яких лікували за технологією Masquelet, складають особи віком 31–40 років. Проведений ранговий аналіз дозволив отримати дані, що наведено в таблиці 1.

Під час аналізу показників виявлено, що існують групи постраждалих, в яких технологія Masquelet не застосовувалася — до 20 років та старше 60 років. Відомо про значну дисипацію розподілу за віковими групами, коефіцієнт співвідношення максимального до мінімального показників складає 6,8, що опосередковано вказує на вірогідність розподілу та залежність використання технології Masquelet від вікової ознаки.

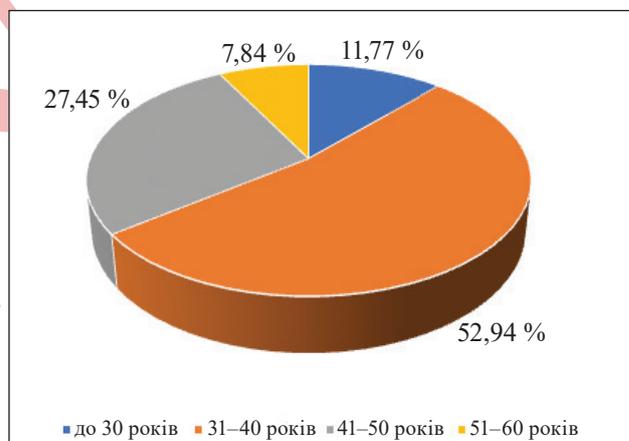


Рис. 1. Вікова характеристика масиву постраждалих

Таблиця 1
Ранговий аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою віку

Вік (роки)	Питома вага (%)	Ранг
До 20	0	5
21–30	11,77	3
31–40	52,94	1
41–50	27,45	2
51–60	7,84	4
Більше 60	0	5
Усього	100,00	—

Також нами було проведено розподіл масиву за ознакою локалізації дефекту, результати наведено в таблиці 2.

Виявили, що найчастіше Masquelet застосовували на нижній кінцівці — 64,70 %. Крім того, встановлено закономірність використання цієї технології залежно від локалізації дефекту довгої кістки: у проксимальному відділі як верхньої, так і нижньої кінцівки її застосовували частіше. На передпліччі Masquelet — в 1,3 рази частіше ніж на плечі, на гомілці — у 1,8 рази частіше, ніж на стегні. Переважно технологія Masquelet використовувалася на гомілці — 41,17 % (перше рангове місце), а найменше — на плечі (15,69 %). Коефіцієнт співвідношення максимального до мінімального показників становить 2,6, що вказує на помірну дисипацію розподілу масиву й опосередковано може свідчити про достатню вірогідність та об'єктивність цього розподілу.

Іншою важливою клініко-анатомічною характеристикою масиву постраждалих, яким було застосовано технологію Masquelet для лікування дефектів довгих кісток, є ознака «розмір дефекту» (табл. 3).

У групі пацієнтів із дефектами довгих кісток, яким було задіяно технологію Masquelet здебільшого розмір дефектів склав 5,0–9,99 см — 45,10 % (перше рангове місце). Зазначимо, що цю технологію не використовували за умов дефектів < 15 см, за < 10 см — лише в 7,84 %.

Таблиця 2

Ранговий аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою «локалізація ушкодження»

Локалізація дефекту	Питома вага (%)	Ранг
Плече	15,69	1
Передпліччя	19,61	2
Стегно	23,53	3
Гомілка	41,17	4
Усього	100,00	—

Таблиця 3

Ранговий аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою «розмір ушкодження»

Розмір дефекту (см)	Питома вага (%)	Ранг
2,5–4,99	23,53	2
5,0–9,99	45,10	1
10,0–14,99	7,84	3
Більше 15,00	0	4
Кавітарний	23,53	2
Усього	100,00	—

Звертає на себе увагу висока питома вага постраждалих, яким виконано втручання цим способом, із кавітарними дефектами й ушкодженнями розмірами до 5 см — по 23,53 %. Ураховуючи зазначене, можна стверджувати, що технологія Masquelet використовується найчастіше за дефектів довгих кісток до 10 см.

Із метою встановлення зв'язку взаємовпливу вікової ознаки та розміру дефекту в постраждалих із дефектами довгих кісток, у яких було застосовано технологію Masquelet, нами проведено розподіл масиву дослідження у вікових групах за ознакою «розмір дефекту» і виконано ранговий аналіз, результати якого наведено в таблиці 4.

Дані таблиці 4 вказують на неспівпадіння рангових місць у вікових групах за ознакою «розмір дефекту». Водночас звертає на себе увагу той факт, що перше місце посідають пацієнти до 30 і старше 51 року, у яких кісткові дефекти розміром 2,5–4,99 см. У постраждалих від 31 року до 50 років — 5,0–9,99 см.

У віковій групі травмованих до 30 років, лікували в такий спосіб здебільшого дефекти розміром до 5 см (66,67 %) та кавітарні (33,33 %). У масиві вікової групи 31–40 років за питомою вагою переважають дефекти розміром 5,0–9,99 см (55,56 %), а найменше — до 5 см.

У пацієнтів віком 41–50 років також переважали ушкодження розміром 5,0–9,99 см, на другому ранговому місці знаходилися постраждалі з кавітарними дефектами (28,57 %), а найменша питома вага припадає на кісткові, розмір яких до 5 см (14,29 %).

У хворих унаслідок бойової травми, яким лікували за Masquelet, здебільшого дефекти склали від 2,5–4,99 см, інші розміри у статистично значущому обсязі не були виявлені. Такий розподіл обумовлений у першу чергу віковою активністю.

Коефіцієнт співвідношення максимального до мінімального показників у віковій групі до 30 років становить 2,0, що вказує на помірну дисипацію розподілу, у віковій групі 31–40 років — 7,5, свідчить про дуже високий її рівень, а у 41–50 — 4,0, — високий рівень, тобто найбільший вірогідний взаємозв'язок існує у вікових групах 31–40 та 41–50 років.

З іншого боку, для досягнення мети дослідження проведено розподіл постраждалих у групах «розмір дефекту» за віковою ознакою. Результати аналізу наведено в таблиці 5.

Аналізуючи показники таблиці 5 виявили, що лише розміри від 2,5–4,99 см зафіксовано у всіх вікових групах постраждалих, причому найчастіше до 30 і старше 51 року — по 33,33 %.

Розміри дефектів довгих кісток 5,0–9,99 см виявлено в осіб лише вікових груп 31–40, 41–50 років, причому у віці 31–40 років їх більше майже у 2 рази. Технологію Masquelet застосовано в постраждалих із дефектами довгих кісток 10–14,99 см лише віком 31–40 років. За кавітарних дефектів довгих кісток лікування в такий спосіб, як правило, відбувалося у віковій групі 31–40 років (50,00 %), а менше в осіб до 30 років (16,67 %).

Поліхоричний аналіз даних таблиці 5 довів, що в постраждалих, яким проведено оперативне лікування за технологією Masquelet із приводу дефектів довгих кісток унаслідок бойової травми, між ознакою «вік» та «розмір дефекту» існує позитивний ($\phi^2 = 0,5628$), дуже сильний ($C = 0,6001$), та вірогідний зв'язок ($\chi^2 = 28,71$). Отже зазначені положення знаходяться в межах поля вірогідності.

Таблиця 4

Ранговий аналіз розподілу масиву постраждалих за розміром дефекту у вікових групах

Розмір дефекту, см	Вік постраждалих, роки							
	до 30		31–40		41–50		51–60	
	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг	питома вага (%)	ранг
2,5–4,99	66,67	1	7,41	4	14,29	3	100	1
5,0–9,99	0	3	55,56	1	57,14	1	0	2
10,0–14,99	0	3	14,81	3	0	4	0	2
Кавітарний	33,33	2	22,22	2	28,57	2	0	2
Усього	100	—	100	—	100	—	100	—

Таблиця 5

Ранговий аналіз розподілу масиву постраждалих за віком у групах за розміром дефекту

Розмір дефекту (см)	Вік пацієнтів, роки				Усього
	до 30	31–40	41–50	51–60	
2,5–4,99	33,33	16,67	16,67	33,33	100
5,0–9,99	0	65,22	34,78	0	100
10,0–14,99	0	100	0	0	100
Кавітарний	16,67	50	33,33	0	100

Таблиця 6

Інтегральний аналіз у групах «локалізація дефекту» за розміром дефекту

Розмір дефекту, см	Локалізація							
	плече		передпліччя		стегно		гомілка	
	питома вага (%)	ранг						
2,5–4,99	25,00	2	40,00	2	16,67	2	19,05	3
5,0–9,99	75,00	1	60,00	1	49,99	1	23,81	2
10,0–14,99	0	3	0	3	16,67	2	9,52	4
Кавітарний	0	3	0	3	16,67	2	47,62	1
Усього	100	—	100	—	100	—	100	—

Таблиця 7

Інтегральний аналіз у групах «розмір дефекту» за локалізацією дефекту

Розмір дефекту (см)	Локалізація дефекту				Усього
	плече	передпліччя	стегно	гомілка	
2,5–4,99	16,67	33,33	16,67	33,33	100
5,0–9,99	26,09	26,09	26,09	21,73	100
10,0–14,99	0	0	50,00	50,00	100
Кавітарний	0	0	16,67	83,33	100

Для визначення клініко-анатомічної структури дефектів довгих кісток, за яких застосовано технологію Masquelet, нами здійснено інтегральний аналіз за ознаками розміру та локалізації дефекту, результати якого наведено в таблицях 6–7.

Під час рангового аналізу даних таблиці 6 встановлено, що існує співпадіння рангових місць лише на сегментах верхньої кінцівки, на нижній кінцівці воно відсутнє.

У групі постраждалих із дефектом плеча технологію Masquelet застосовано переважно за умов розміру 5,0–9,99 см у 75,00 %, а 25,00 % — 2,5–4,99 см. Кавітарні та дефекти < 10 см у нашому дослідженні в статистично значущому обсязі не фіксувалися. У постраждалих із дефектом передпліччя зберігається ідентичний розподіл, але ураження розміром 5,0–9,99 складають 60,00 %.

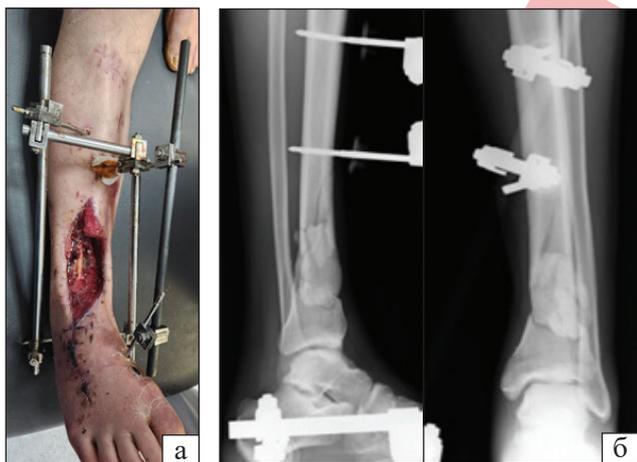


Рис. 2. Фото травми під час госпіталізації (а); фотовідбиток рентгенограми хворого на момент госпіталізації (б)

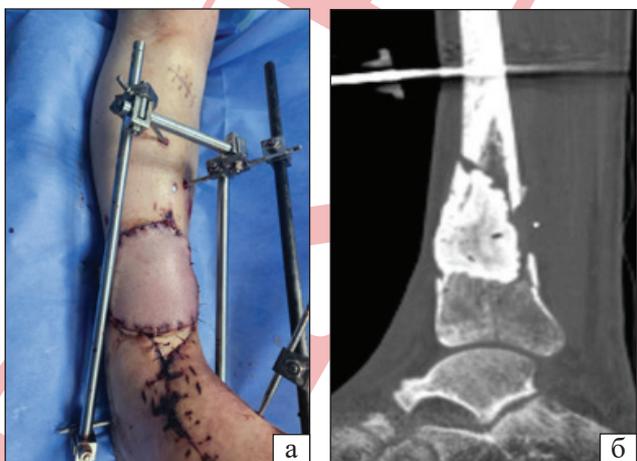


Рис. 3. Закриття дефекту м'яких тканин (а); фотовідбиток рентгенограми після встановлення цементного спейсера (б)

У групі постраждалих із дефектами стегнової кістки на першому ранговому місці — 5,0–9,99 см (49,99 %), а інші мають однакову питому вагу — по 16,67 %. На гомілці найбільша питома вага припадає на кавітарні дефекти — 47,62 %, а найменша — 10–14,99 см.

Результати розподілу масиву постраждалих за розміром дефекту за ознакою локалізація дефекту наведено в таблиці 7.

Під час розгляду даних таблиці 7 виявлено, що технологія Masquelet у постраждалих із дефектами довгих кісток розмірами 2,5–4,99 см здебільшого використовувалася на дистальних сегментах передпліччя та гомілки — по 33,33 %, а на плечі та стегні по 16,67 %.

Найбільша питома вага дефектів довгих кісток розміром 5,0–9,99 см майже рівномірно розподілена за всіма сегментами по 26,09 %, окрім гомілки (21,73 %).

Кавітарні та дефекти розміром 10,0–14,99 см на верхній кінцівці в статистично значущому обсязі в нашому дослідженні не зустрічалися. Дефекти розміром 10,0–14,99 см на нижній кінцівці рівномірно розподілено по 50,00 %, а кавітарні переважають на гомілці в 5 разів.

Для встановлення вірогідності даних таблиці 7 проведено поліхоричний аналіз, виявлено, що між ознаками «розмір дефекту» та «локалізація дефекту» існує позитивний ($\phi^2 = 0,4353$), сильний ($C = 0,5507$), та вірогідний зв'язок ($\chi^2 = 22,20$). Отже зазначені положення знаходяться в межах поля вірогідності.

Із дидактичної точки зору наводимо клінічний приклад застосування технології Masquelet у постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойових ушкоджень.

Клінічний приклад

Постраждалий 38 р., мінно-вибухова травма, відкритий перелом гомілки з дефектом кісток і м'яких тканин (рис. 2).

На 7-му добу виконано: дебридмент, корекцію АЗФ, встановлено цементний спейсер, рану закрито клаптом (рис. 3).

Через 2 тижні, на другому етапі лікування, було застосовано Masquelet Technique. Здійснено фіксацію пластиною, кісткову пластику СКТ (рис. 4).

Обговорення

Під час дослідження виявлено, що ефективне застосування технології індукованої мембрани (Masquelet) залежить від результатів комплексної оцінки постраждалих за клініко-епідеміологічними ознаками (вік) та клініко-анатомічними характеристиками дефекту кістки (розмір і локалізація).

На таку залежність опосередковано вказували деякі закордонні науковці, але це стосувалося лише розміру дефекту, причому в разі травм мирного часу [7–9]. Нами встановлено вірогідну доцільність застосування методу індукованої мембрани в осіб віком до 40 років, що з нашої точки зору пов'язано з потужністю й інтенсивністю репаративних процесів кістки в людини. У відкритих і доступних огляду й аналізу джерелах інформації нами не знайдено даних щодо цілеспрямованого вивчення використання технології Masquelet у постраждалих із дефектами довгих кісток у віковому аспекті саме внаслідок сучасних бойових ушкоджень.

Виявлено, що найчастіше технологія Masquelet застосовується за дефектів довгих кісток розміром від 5,0 до 9,99 см, а також 2,5–4,99 см. Досить рідко така технологія використовується за наявності дефекту 10–14,99 см і взагалі не вживається в разі дефектів більше 15 см. Такі результати загалом корелюють із даними світових джерел наукової інформації стосовно травми мирного

часу [10–12], але варто зауважити, що стосовно бойової травми така інформація практично відсутня. Останнім часом з'явилися вітчизняні публікації на цю тему, але вони стосуються здебільшого описових характеристик явища [5, 13].

На нашу думку, перевагою цього дослідження є те, що проведено комплексний аналіз застосування технології Masquelet за ознаками віку та розміру дефекту, що дозволило встановити залежність її використання від них. Результати дослідження вказують на те, що залучення такої технології за великих і кавітарних дефектів доцільно у віці 31–50 років. Також доведено залежність ефективного використання Masquelet від клініко-анатомічних ознак дефекту, причому найбільше її, незалежно від локалізації (за виключенням гомілки), потребували дефекти розміром 5,0–9,99 см, а на гомілці — кавітарні дефекти. Такі дані у світових джерелах наукової інформації в статистично значущому обсязі нами не знайдено [14, 15]. Ми вважаємо, що це об'єктивно пов'язано з обмеженнями застосування методу внаслідок детермінованості потужності репаративних процесів кісткової тканини.

Загалом необхідно зауважити, що для вирішення питання ефективного використання технології Masquelet у постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми необхідно та доцільно враховувати результати інтегрального аналізу клініко-епідеміологічних і клініко-анатомічних ознак ушкодження.

Висновки

Застосування технології індукованої мембрани (Masquelet) доцільне в постраждалих із дефектами довгих кісток унаслідок бойової травми в молодому та середньому віці, що обумовлено віковою залежністю репаративних процесів кісткової тканини.

Існує вірогідна залежність ефективності та доцільності використання технології індукованої мембрани від розміру дефекту, найбільш необхідне застосування — за розмірів 5,0–9,99 см та кавітарних незалежно від самої локалізації дефекту.

Для ефективного й адекватного застосування технології індукованої мембрани (Masquelet) необхідно враховувати результати комплексного аналізу клініко-епідеміологічних і клініко-анатомічних ознак.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується провести аналіз застосування



Рис. 4. Зовнішній вигляд ушкодженої кінцівки (а); фотовідбитки рентгенограми після кісткової пластики СКТ (б)



Рис. 5. Фотовідбитки рентгенограми хворого. Через 3 міс. постраждалий мав змогу виконувати повне безболісне осьове навантаження. Зафіксовано інтеграцію кістково-го трансплантата

інших технологій 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 напрямку та мети дослідження, загальне керівництво; Кушнір В. А. — аналіз матеріалів дослідження, формування списку літератури; Гаріян С. В. — написання основного тексту дослідження, висновки; Цибульський О. С. — збір матеріалів дослідження.

Список літератури

1. Khomenko, I. P., Korol, S. O., Khalik, S. V., Shapovalov, V. Y., Yenin, R. V., Herasimenko, O. S., & Tertyshnyi, S. V. (2021). Clinical and epidemiological analysis of the structure of combat surgical injury during antiterrorist operation / Joint forces operation. *Ukrainian journal of military medicine*, 2(2), 5–13. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2\(2\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2(2)-005)
2. Trutyak, I., Los, D., Medzyn, V., Trunkvalter, V., & Zukovsky, V. (2022). Treatment of combat surgical trauma of the limbs in the conditions of modern war. *Proceeding of the Shevchenko Scientific Society. Medical sciences*, 69(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2022.02.16>
3. 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>
4. Fu, J., Wang, X., Wang, S., Chen, Z., Shen, J., Li, Z., & Xie, Z. (2023). Induced membrane technique combined with a retrograde intramedullary nail for the treatment of infected bone defects of the ankle. *Scientific reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34014-0>
5. Hrytsai, M., Kolov, H., Sabadosh, V., Vyderko, R., Polovy, 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>
6. 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>
7. Gindraux, F., Rondot, T., De Billy, B., Zwetyenga, N., Fricain, J., Pagnon, A., & Obert, L. (2017). Similarities between induced membrane and amniotic membrane: Novelty for bone repair. *Placenta*, 59, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2017.06.340>
8. Hsu, C., Chen, S., Chan, S., & Yu, Y. (2020). The induced membrane technique for the management of segmental tibial defect or Nonunion: A systematic review and meta-analysis. *BioMed research international*, 2020(1). <https://doi.org/10.1155/2020/5893642>
9. Alford, A. I., Nicolaou, D., Hake, M., & McBride-Gagy, S. (2021). Masquelet's induced membrane technique: Review of current concepts and future directions. *Journal of orthopaedic research*, 39(4), 707–718. <https://doi.org/10.1002/jor.24978>
10. Wu, J., Bao, Q., Wang, S., Zhou, P., & Xu, S. (2025). Mechanisms of the Masquelet technique to promote bone defect repair and its influencing factors. *Chinese journal of traumatology*, 28(3), 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2024.04.003>
11. Rohilla, R., Sharma, P. K., Wadhvani, 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>
12. Musa, R. A., Shah, D. U., Makwana, V. R., Hadiya, A. K., Shah, P. K., & Bhavsar, N. M. (2021). Masquelet's induced membrane technique for the reconstruction of post-traumatic, open-grade distal femur fracture with bone defect. *Journal of orthopaedics, trauma and rehabilitation*. <https://doi.org/10.1177/2210491721992525>
13. 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>
14. Pederiva, D., De Luca, L., Faldini, C., & Vergano, L. B. (2025). Masquelet's induced membrane technique in the upper limb: A systematic review of the current outcomes. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 26(1). <https://doi.org/10.1186/s10195-024-00815-w>
15. El Farhaoui, A., Benalia, K., Lachkar, A., Abdeljaouad, N., & Yacoubi, H. (2022). The induced membrane technique: A therapeutic option for managing bone defects in the upper extremity: Case series for 7 patients. *Annals of medicine & surgery*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104533>

Стаття надійшла до редакції 20.01.2026	Отримано після рецензування 20.02.2026	Прийнято до друку 22.02.2026
---	---	---------------------------------

APPLICATION OF SURGICAL TECHNOLOGIES FOR THE TREATMENT OF VICTIMS WITH LONG BONE DEFECTS DUE TO MODERN COMBAT TRAUMA. MESSAGE 2. INDUCED MEMBRANE TECHNOLOGY (MASQUELET TECHNIQUE)

S. Guryev¹, S. Hariyan², V. Kushnir¹, O. Tsybulsky²

¹ SI «Ukrainian Scientific and Practical Center for Emergency Care and Disaster Medicine of the 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 Tsybulskyi: tsybulsky.oleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-5310-3621>