УДК 616.718.05-001.5-089.844-036.22:579.61
DOI: 10.15587/2519-4798.2025.348416

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ПРОГНОЗУ КЛІНІЧНОГО РЕЗУЛЬТАТУ АУТОСПОНГІОЗНОЇ ОСТЕОПЛАСТИКИ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПЕРЕЛОМІВ З ДЕФЕКТАМИ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

В. О. Фіщенко, О. М. Литвинюк

The effectiveness of bone grafting depends not only on the size of the defect or the type of osteoplastic material used, but also on the microbial spectrum of the wound, the level of bacterial load, and the presence of biofilm.
Objective. *To assess the condition of wound microbiocenosis in gunshot fractures of long bones with bone tissue defects and its role in predicting the clinical outcome of autospongious osteoplasty.*
Materials and Methods. *This study analyzed the results of bacteriological examination of wound contents and clinical indicators of autospongious osteoplasty in 40 patients with gunshot fractures of long bones accompanied by bone tissue defects. Clinical outcomes were assessed using the modified Neer–Grantham–Shelton 100-point scale. Bacteriological testing was performed according to standard protocols. Statistical analysis was conducted using IBM SPSS Statistics 27.0.1, with a significance level set at $p \leq 0.05$.*
Results. *Excellent outcomes of autospongious osteoplasty were observed in 4 (10.0 %) patients, good in 11 (27.5 %), satisfactory in 17 (42.5 %), and poor in 8 (20.0 %). The analysis of the microbial species composition revealed significantly worse outcomes in cases of wound contamination with gram-negative flora ($\tau = -0.32$, $p = 0.004$), particularly members of the Enterobacteriaceae family ($\tau = -0.26$, $p = 0.02$), including Klebsiella pneumoniae ($\tau = -0.22$, $p = 0.04$), ESKAPE group pathogens ($\tau = -0{,}35$, $p = 0{,}002$). Conversely, identification of Bacillus species was associated with significantly higher odds of achieving excellent clinical outcomes (OR = 51.00, CI (3.22-808.36), $p = 0.001$).*
Conclusion. *Monitoring the state of the wound microbiocenosis in patients with gunshot fractures and bone tissue defects is of both diagnostic and prognostic value in determining the clinical success of autologous bone grafting.*
Keywords: *combat trauma, gunshot fractures, bone defects, osteoplasty, bone repair*

How to cite:
Fishchenko, V., Lytvyniuk, O. (2025). Microbiological predictors of clinical outcomes of autospongious osteoplasty in patients with gunshot fractures and bone tissue defects. ScienceRise: Medical Science, 4 (65), 40–45. http://doi.org/10.15587/2519-4798.2025.348416

© The Author(s) 2025
This is an open access article under the Creative Commons CC BY license

1. Вступ

У зв'язку з активними бойовими діями, які ведуться на території України, суттєво зросла кількість випадків тяжкої бойової травми, у тому числі вогнепальних переломів трубчастих кісток з дефектами кісткової тканини.

У переважної більшості поранених фіксують дефекти трубчастих кісток критичних розмірів [1–4]. За своїм визначенням зазначені дефекти нездатні до самостійної остеорепарації та є абсолютним показанням до хірургічного лікування [1, 5]. Ефективність остеопластики критичних дефектів трубчастих кісток часто обмежена, у зв'язку з високою часткою інфекційно-запальних ускладнень та повторних операцій [1, 3–5].

Для бойових вогнепальних поранень характерні масивна деструкція кісток, м'яких тканин, пошкодження нейроваскулярних структур та значне забруднення ран [6–9]. Як відзначають Кріштафор та ін. (2023) умови отримання травми, тривалість періоду евакуацією поранених, наявність зон первинного та вторинного некрозу навколо ранового каналу призводять до високої частоти інфікування ран [6]. Так, інфекційні ускладнення реєструють у 27–34% поранених на полі бою, на етапі спеціалізованої медичної допомоги частка ускладнень становить 35–50% [6, 10]. Летальність у пізні терміни після бойової травми внаслідок інфекційних ускладнень сягає 80% [6].

Бойові вогнепальні поранення зазвичай характеризуються первинною контамінацією високовірулентною грамнегативною флорою, а подальше лікування, включно з багаторазовими хірургічними обробками та антибіотикотерапією, сприяє селекції полірезистентних штамів [6, 10–12]. Своєчасна ідентифікація патогенів, оцінка їх чутливості до антибіотиків та адекватна антимікробна терапія є критично важливими для попередження інфекційних ускладнень, збереження трансплантата та досягнення стабільної кісткової регенерації [11, 13, 14].

Таким чином, аналіз ролі мікробіологічних факторів у прогнозуванні клінічного результату

остеопластичних втручань при бойових вогнепальних переломах з дефектами кісткової тканини є актуальним напрямком сучасного наукового дискурсу.

Мета: оцінити стан мікробіоценозу ран при вогнепальних переломах трубчастих кісток з дефектами кісткової тканини та його роль у прогнозуванні клінічного результату аутоспонгіозної остеопластики.

2. Матеріали та методи

Здійснено аналіз клінічних результатів аутоспонгіозної остеопластики дефектів кісткової тканини 58 поранених з вогнепальними переломами трубчастих кісток, які перебували на стаціонарному лікуванні в травматологічному відділенні КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги» за період 2022-2023 років. Середній вік пацієнтів досліджуваної групи становив 39,1 ± 9,0 років. Вогнепальні переломи плечової кістки зафіксовано у 16 (27,6%) пацієнтів групи, ще у 16 (27,6%) – переломи кісток передпліччя, вогнепальні переломи стегнової кістки встановлено у 12 (20,7%) обстежених, поранення кісток гомілки – у 18 (31,0%).

Клінічні результати аутоспонгіозної остеопластики оцінювали з допомогою модифікованої 100–бальної шкали Neer–Grantham–Shelton [15]. Згідно методики опитувальника визначали інтенсивність больового синдрому, показники зрощення кісток, обсягу рухів, відновлення функціональної спроможності та працездатності, наявність деформацій. Оцінку сумарних клінічних показників виконували наступним чином: відмінний результат визначали за наявності значень 85–100 балів, хороший – 70–84 балів, задовільний – 55–70 балів, незадовільний – у випадку сумарних значень менше 55 балів.

Бактеріологічне дослідження вмісту ран виконано 47 пацієнтам групи. Збудники інфекційних хвороб виділено у 40 (85,1%) випадках, у 7 (14,9%) зразках – ріст мікрофлори був відсутнім. В подальшому для визначення ролі мікробіологічних факторів у прогнозуванні результату аутоспонгіозної остеопластики вогнепальних переломів з дефектами кісткової тканини аналізували клінічні показники 40 пацієнтів, у яких на підставі результатів бактеріологічного дослідження ідентифіковано збудників інфекційних хвороб.

Представлене дослідження виконано у відповідності до біоетичних норм та принципів Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації сьомого перегляду (редакція 2013 року), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 рік), чинних національних і інституційних етичних стандартів, а також затверджено комітетом з біоетики КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги» (протокол № 6 від 16.12.2025 року). Участь пацієнтів у дослідженні була добровільною, усі обстежені були поінформовані щодо мети та усіх етапів дослідження. Письмові інформовані згодами щодо участі у дослідженні отримано.

Статистичний аналіз даних виконували з використанням програмного засобу IBM SPSS Statistics 27.0.1. Кількісні показники представлено у вигляді M ± SD (середнє значення ± стандартне відхилення), категоріальні змінні – у вигляді n (%) (абсолютна кількість та відповідне відсоткове значення). Для порівняння показників незалежних груп, сформованих з урахуванням встановленого результату аутоспонгіозної остеопластики, використовували непараметричний критерій Краскела-Уолліса. Оцінку функціонального зв'язку між змінними здійснювали з допомогою коефіцієнта рангової кореляції τ-Кендала та шкали Чеддока [16], використаної для інтерпретації отриманих значень. Прогностичну цінність впливу мікробіологічної компоненти щодо клінічного результату аутологічної спонгіозної остеопластики визначали з використанням моделі бінарної логістичної регресії, розраховуючи відношення шансів (OR) та 95 % довірчих інтервалів (CI). Вірогідність безпомилкового прогнозу визначали при рівні ймовірності $p \leq 0,05$.

3. Результати дослідження

Середній клінічний результат аутоспонгіозної остеопластики 40 обстежених, у яких при первинному зверненні, на підставі мікробіологічного дослідження вмісту ран, ідентифіковано збудників інфекційних хвороб, відповідав задовільним значенням – 65,2 ± 15,8 балів. Відмінні показники встановлено у 4 (10,0%) поранених, хороші – у 11 (27,5%), задовільні – у 17 (42,5%) пацієнтів, незадовільні – у 8 (20,0%).

Серед культур, виділених з ран, переважали представники грамнегативної мікрофлори, які зафіксовано у 29 (72,5%) випадках (табл. 1). У видовому складі грамнегативної мікрофлори бойових ран переважали мікроорганізми родини *Enterobacteriaceae*, які виділено у 18 (45,0%) випадках росту, у 11 (27,5%) зразках ідентифіковано неферментуючі палички.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика результатів мікробіологічного дослідження бойових ран обстежених хворих

Мікробіологічний компонент	Клінічні результати лікування				p
	відмінні (n = 4)	хороші (n = 11)	задовільні (n = 17)	незадовільні (n = 8)	
Грамнегативні мікроорганізми	0 (0,0%)	8 (72,7%)	14 (82,4%)	7 (87,5%)	0,008*
Грампозитивні мікроорганізми	4 (100,0%)	3 (27,3%)	3 (17,6%)	1 (12,5%)	0,008*
рід Bacillus	3 (75,0%)	1 (9,1%)	1 (5,9%)	0 (0,0%)	0,001*
Мікроорганізми групи ESKAPE	0 (0,0%)	5 (45,5%)	12 (70,6%)	6 (75,0%)	0,04*

*Примітка: * – доведено статистично значущу відмінність показників при p≤0,05. Відсоткові значення округлені до десятих, у зв'язку з чим сума підгруп може не дорівнювати 100%*

Мікроорганізми родини *Enterobacteriaceae* належали у 8 (20,0%) випадках до роду *Enterobacter*, у 7 (17,5%) випадках – до роду *Klebsiella*, у 2 (5,0%) випадках до роду *Proteus*, ще у 1 (2,5%) випадку до роду *Escherichia*. Серед виділених мікроорганізмів роду *Enterobacter* – у 6 (15,0%) зразках висіяно *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae* у 1 (2,5%), у 1 (2,5%) випадку збудники не було типовано. Усі виділені мікроорганізмів роду *Klebsiella* належали до виду *Klebsiella pneumoniae*. Серед виділених із вогнепальних ран мікроорганізмів роду *Proteus* у 1 (2,5%) випадку ідентифіковано *Proteus mirabilis*, у 1 (2,5%) спостереженні збудники не було типовано. Ідентифікованим представником роду *Escherichia* була *Escherichia coli*.

Грамнегативні неферментуючі палички у 6 (15,0%) випадках належали до роду *Acinetobacter*, у 5 (12,5%) – до роду *Pseudomonas*. Серед представників роду *Acinetobacter*, *Acinetobacter baumannii* зафіксовано у 4 (10,0%) випадках, у 2 (5,0%) випадках збудники не типовані. Представників роду *Pseudomonas* у 4 (10,0%) випадках ідентифіковано як *Pseudomonas aeruginosa*, у 1 (2,5%) випадку типування виконати не вдалося.

Грампозитивні мікроорганізми ідентифіковано у 11 (27,5%) випадках. Грампозитивні коки, які виділено у 6 (15,0%) випадках, належали у переважній більшості спостережень – 5 (12,5%) до роду *Staphylococcus*, ще у 1 (2,5%) випадку – до роду *Streptococcus*. Серед виділених із вогнепальних ран представників роду *Staphylococcus*, у 3 (7,5%) випадках збудників ідентифіковано як *Staphylococcus aureus*, у 2 (5,0%) – як *Staphylococcus haemolyticus*. Представника роду *Streptococcus*, виділеного при мікробіологічному дослідженні бойової рани, ідентифіковано як *Streptococcus viridans*. Грампозитивні палички, представлені бактеріями роду *Bacillus*, зафіксовано у 5 (12,5%) посівах: у 4 (10,0%) випадках виділено *Bacillus cereus*, у 1 (2,5%) випадку типувати збудника не вдалося.

Графічно результати бактеріологічного дослідження ран відображено на рис. 1.

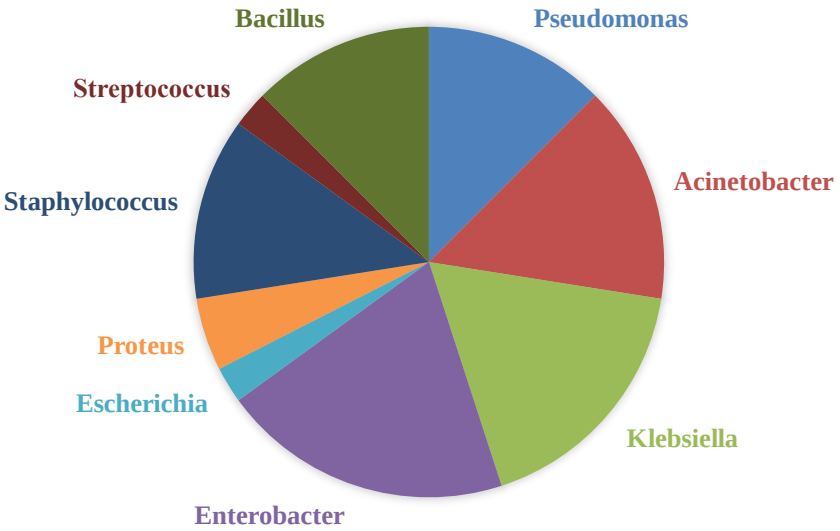

Рис. 1. Секторна діаграма результатів бактеріологічного дослідження ран обстежених хворих

Наступним етапом аналізували особливості видового складу мікрофлори ран обстежених з урахуванням клінічного результату лікування. При аналізі та інтерпретації враховували лише статистично значущі відмінності та кореляційні зв'язки ($p \leq 0,05$).

Представники грамнегативної флори встановлено у переважної більшості пацієнтів з незадовільними, задовільними та хорошими результатами лікування – 7 (87,5%), 14 (82,4%) та 8 (72,7%) відповідно, у обстежених з відмінними клінічними значеннями вказаних збудників при мікробіологічному дослідженні вмісту ран не ідентифіковано, відмінність показників статистично значуща ($p = 0,008$). Доведено достовірно гірші клінічні результати аутологічної кісткової трансплантації у віддаленому післяопераційному періоді при контамінації вогнепальних поранень грамнегативною мікрофлорою ($\tau = –0,32$, $p = 0,004$).

Варто відмітити, що ідентифікація мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae* асоційована з достовірно гіршими клінічними результатами лікування у віддаленому післяопераційному періоді, що підтверджено наявністю зворотного слабкого кореляційного зв'язку між досліджуваними характеристиками ($\tau = –0,26$, $p = 0,02$). Мікроорганізми родини *Enterobacteriaceae* зафіксовано у 5 (45,5%) пацієнтів з хорошими результатами, 8 (47,1%) осіб з задовільними показниками та більшості обстежених з незадовільними результатами лікування – 5 (62,5%).

Окрім того, у пацієнтів з ран, яких виділено *Klebsiella pneumoniae*, доведено розвиток достовірно гірших результатів аутоспонгіозної остеопластики у віддаленому післяопераційному періоді ($\tau = –0,22$, $p = 0,04$). Слід відмітити, що *Klebsiella pneumoniae* ідентифіковано в ранах 1 (9,1%) пацієнта з хорошими результатами, 4 (23,5%) поранених з задовільними

показниками та 2 (25,0%) осіб з незадовільними клінічними результатами.

Грампозитивні мікроорганізми були виділені при мікробіологічному дослідженні ран усіх 4 (100,0%) хворих з відмінними клінічними результатами, 3 (27,3%) обстежених з хорошими показниками, 3 (17,6%) пацієнтів з задовільними значеннями та 1 (12,5%) хворого з незадовільними результатами лікування, відмінність статистично значуща (p = 0,008). Ідентифікація представників грампозитивної мікрофлори при мікробіологічному дослідженні бойових ран пов'язана з достовірно кращими клінічними результатами аутологічної кісткової трансплантації (τ = +0,32, p = 0,004).

Бактерії роду *Bacillus* зафіксовано у переважної більшості пацієнтів з відмінними результатами лікування – 3 (75,0%), 1 (9,1%) хворого з хорошими клінічними показниками та 1 (5,9%) обстеженого з задовільними значеннями, відмінність частотних характеристик статистично значуща (p = 0,001). Окрім того, у пацієнтів, при мікробіологічному дослідженні ран яких виділено бактерії роду *Bacillus,* доведено достовірно кращі клінічні результати аутологічної кісткової трансплантації у віддаленому післяопераційному періоді, що підтверджено прямим помірним кореляційний зв'язком (τ = +0,36, p = 0,0009).

Додатково аналізували частоту ідентифікації збудників групи *ESKAPE* у рановому вмісті пацієнтів з вогнепальними пораненнями. Бактерії групи *ESKAPE* спостерігали у 23 (57,5%) випадках, зокрема у переважної більшості хворих з задовільними та незадовільними клінічними показниками – 12 (70,6%) та 6 (75,0%) відповідно, а також 5 (45,5%) обстежених з хорошими результатами аутологічної кісткової трансплантації. При порівнянні досліджуваних частотних показників з урахуванням клінічного результату лікування доведено їх достовірну відмінність (p = 0,04). Ідентифікація збудників групи *ESKAPE* при мікробіологічному дослідженні вмісту ран пов'язана зі значущо гіршими результатами аутоспонгіозної остеопластики, що підтверджено зворотним помірним кореляційним зв'язком між показниками (τ = -0,35, p = 0,002).

Аналізуючи мікробіологічні фактори прогнозу клінічного результату аутоспонгіозної остеопластики вогнепальних переломів з дефектами кісткової тканини, нами встановлено, що ідентифікація представників роду *Bacillus* у бойових ранах обстежених асоційована з достовірно вищими шансами формування відмінних клінічних результатів лікування (OR = 51,00, CI (3,22-808,36), p = 0,001). Достовірного впливу ідентифікації решти ізолятів щодо прогнозування клінічного результату лікування не доведено.

4. Обговорення результатів дослідження

В результаті проведеного аналізу доведено, що контамінація ран грамнегативною флорою значуще асоційована з гіршими клінічними результатами остеопластики кісткових дефектів (τ = -0,32, p = 0,004), що узгоджується з даними ряду сучасних досліджень [17–19]. Зокрема у багатоцентровому проспективному дослідженні ESGIAI (the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) Study Group on Implant-Associated Infections), представленому Giannitsioti et al. (2022), авторами праці встановлено, що у випадках інфекційних ускладнень після остеосинтезу переломів кісток нижньої кінцівки, спричинених мультирезистентними грамнегативними бактеріями, ремісію фіксували лише у 50% випадків, навіть попри тривалу антибіотикотерапію. Подібну тенденцію спостерігали у нашому дослідженні – контамінацію грамнегативними збудниками вважаємо одним із ключових чинників формування незадовільних результатів реконструкції [20].

Не менш важливим доведеним фактором несприятливого прогнозу кісткової трансплантації є ідентифікація мікроорганізмів групи *ESKAPE* у вмісті бойової рани (τ = -0,35; p = 0,002), що повністю узгоджується з сучасними відомостями щодо їх високої полірезистентності та складності лікування ускладнень, які вони спричиняють [17, 21].

Натомість присутність в рановому вмісті грампозитивних ізолятів асоційована з кращими клінічними показниками аутоспонгіозної остеопластики кісткових дефектів (τ = +0,32, p = 0,004). Отримані нами дані співставні з відомими та обумовлені більш високою чутливістю грампозитивних мікроорганізмів до антибіотикотерапії та менш агресивним перебігом інфекційного процесу [22, 23].

Обмеження дослідження. Одним із обмежень представленого дослідження слід вважати його одноцентровий характер, що може звужувати узагальнення результатів. Окрім того, відносно невелика вибірка результатів бактеріологічного дослідження (n = 40) може потенційно знижувати статистичну потужність прогностичної моделі.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним є аналіз клінічних показників аутоспонгіозної остеопластики дефектів трубчастих кісток при вогнепальних переломах з урахуванням чутливості збудників до антибіотиків та результатів антибіотикотерапії. Окрім того, збільшення обсягу вибірки дозволить підвищити надійність встановлених прогностичних висновків щодо результатів остеопластики кісткових дефектів при бойовій травмі.

5. Висновки

В результаті проведеного дослідження нами підтверджено високу ефективність методики аутоспонгіозної остеопластики в лікуванні пацієнтів з вогнепальними переломами з дефектами кісткової тканини.

Встановлено, що контамінація ран грамнегативною мікрофлорою (τ = -0,32, p = 0,004), зокрема представниками родини *Enterobacteriaceae* (τ = -0,26, p = 0,02) та *Klebsiella pneumoniae* (τ = -0,22, p = 0,04) асоційована з достовірно гіршими результатами аутологічної кісткової трансплантації. Окрім того, зі значущо гіршими результатами лікування пов'язана ідентифікація збудників групи *ESKAPE* при мікробіологічному дослідженні бойових поранень (τ = -0,35, p = 0,002). Натомість наявність у мікробному спектрі представників роду *Bacillus* достовірно пов'язана з вищими шансами розвитку відмінних результатів аутоспонгіозної остеопластики (OR = 51,00, CI (3,22-808,36), p = 0,001).

Таким чином, моніторинг стану мікробіоценозу ранової поверхні пацієнтів з вогнепальними переломами з дефектами кісткової тканини має не лише діагностичне, а й прогностичне значення щодо визначення клінічного результату аутологічної кісткової трансплантації.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Дані будуть надані за обґрунтованим запитом.

Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Внесок авторів

Фіщенко Володимир Олександрович: концептуалізація, методологія, перевірка, написання – рецензування та редагування, нагляд, адміністрування проєкту; **Литвинюк Олександр Миколайович:** програмне забезпечення, формальний аналіз, розслідування, ресурси, курування даних, написання – підготовка чернетки, візуалізація, залучення фінансування.

Література

1. Грицай, М. П., Колов, Г. Б., Сабадош, В. І., Видерко, Р. В., Половий, А. С., Гуцайлюк, В. І. (2024). Основні хірургічні методи заміщення критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки. (Огляд літератури). Друга частина. Terra Orthopaedica, 2 (121), 45–53. https://doi.org/10.37647/2786-7595-2024-121-2-45-53

2. Родіонов, А. В., Носівець, Д. С., Бець, В. Г., Воронець, В. В., Денисюк, М. А. (2024). Хірургічне лікування дефектів кісток кінцівок унаслідок вогнепальних поранень. Ортопедія, травматологія та протезування, 4, 76–81. https://doi.org/10.15674/0030-59872024476-81

3. Король, С. О. (2018). Кісткова пластика в системі спеціалізованого лікування поранених з бойовими травмами кінцівок. Травма, 19 (1), 20–26. https://doi.org/10.22141/1608-1706.1.19.2018.126659

4. Burianov, O., Kvasha, V., Sobolevskiy, Y., Yarmoliuk, Y., Klapchuk, Y., Los, D. et al. (2024). Methodological principles of diagnosis verification and treatment tactics determination in combat limb injuries with bone defects. Orthopaedics Traumatology and Prosthetics, 4, 5–13. https://doi.org/10.15674/0030-5987202345-13

5. Грицай, М. П., Колов, Г. Б., Сабадош, В. І., Видерко, Р. В., Половий, А. С., Гуцайлюк, В. І. (2024). Основні хірургічні методи заміщення критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки. (Огляд літератури). Перша частина. Terra Orthopaedica, 1, 42–49. doi:10.37647/2786-7595-2024-120-1-42-49

6. Кріштафор, Д. А., Кріштафор, А. А., Галущак, А. Я., Минка, В. Ю., Селезньова, У. В., Грабова, Г. Ю. (2023). Антибіотикотерапія при вогнепальній бойовій травмі: вісім років по тому (ретроспективне обсерваційне дослідження). Медицина невідкладних станів, 19 (4), 241–248. https://doi.org/10.22141/2224-0586.19.4.2023.1591

7. Руденко, М., Дакал, А. (2023). Патофізіологія вогнепальних ушкоджень магістральних судин: аналіз сучасних досліджень. Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я, 2 (11), 18–22. doi:10.32689/2663-0672-2023-2-3

8. Фомін, О. О., Ковальчук, В. П., Фоміна, Н. С., Желіба, М. Д., Доброванов, О., Кралинський, К. (2019). Лікування гнійно-запальних ускладнень при бойовій вогнепальній травмі. Сучасні медичні технології, 2, 34–39.

9. Грицай, М. П., Поляченко, Ю. В., Цокало, В. М., Колов, Г. Б., Євлантьєва, Т. А. (2023). Лікувальна тактика при виникненні інфекційних ускладнень у пацієнтів, які отримали бойові поранення опорно-рухової системи (за власним досвідом клініки). Terra Orthopaedica, 1 (116), 46–57. https://doi.org/10.37647/2786-7595-2023-116-1-46-57

10. Фомін, О. О., Фоміна, Н. С., Лазаренко, Ю. В., Шалигін, С. М., Шамін, А. М., Кузів, Є. Л., Марцинковський, І. П. (2020). Особливості використання антибіотиків при вогнепальних переломах довгих кісток. Сучасні медичні технології, 2, 27–42. doi:10.32751/2310-4910-2020-27-42

11. Melnyk, O., Vorobets, D., Chaplyk, V., Vorobets, M., Fafula, R., Besedina, A., Vorobets, Z. (2025). Profile of antibiotic resistance of the main infectious contaminants on the wound surface of wounded men in the Russian-Ukrainian war. Wiadomości Lekarskie, 2, 295–302. https://doi.org/10.36740/wlek/197142

12. Bieler, D., Kollig, E., Weber, W., Hackenberg, L., Pavlu, F., Franke, A., Friemert, B., Achatz, G. (2024). Microbiological challenges in the treatment of war injuries. Die Unfallchirurgie, 127 (7), 509–514. https://doi.org/10.1007/s00113-024-01444-y

13. Pallett, S. J. C., Trompeter, A., Basarab, M., Moore, L. S. P., Boyd, S. E. (2023). Multidrug-resistant infections in war victims in Ukraine. The Lancet Infectious Diseases, 23 (8), e270–e271. https://doi.org/10.1016/s1473-3099(23)00391-2

14. Ljungquist, O., Nazarchuk, O., Kahlmeter, G., Andrews, V., Koithan, T., Wasserstrom, L. et al. (2023). Highly multidrug-resistant Gram-negative bacterial infections in war victims in Ukraine, 2022. The Lancet Infectious Diseases, 23 (7), 784–786. https://doi.org/10.1016/s1473-3099(23)00291-8

15. Neer, C. S. (1970). Displaced Proximal Humeral Fractures. Part I. Classification and Evaluation. The Journal of Bone & Joint Surgery, 52 (6), 1077–1089. https://doi.org/10.2106/00004623-197052060-00001

16. Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 567.

17. Pipitò, L., Rubino, R., D'Agati, G., Bono, E., Mazzola, C. V., Urso, S. et al. (2025). Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens: A Retrospective Epidemiological Study at the University Hospital of Palermo, Italy. Antibiotics, 14 (2), 186. https://doi.org/10.3390/antibiotics14020186

18. Sathe, N., Beech, P., Croft, L., Suphioglu, C., Kapat, A., Athan, E. (2023). Pseudomonas aeruginosa: Infections and novel approaches to treatment "Knowing the enemy" the threat of Pseudomonas aeruginosa and exploring novel approaches to treatment. Infectious Medicine, 2 (3), 178–194. https://doi.org/10.1016/j.imj.2023.05.003

19. Steinhausen, E., Lefering, R., Glombitza, M., Brinkmann, N., Vogel, C., Mester, B., Dudda, M. (2021). Bioactive glass S53P4 vs. autologous bone graft for filling defects in patients with chronic osteomyelitis and infected non-unions – a single center experience. Journal of Bone and Joint Infection, 6 (4), 73–83. https://doi.org/10.5194/jbji-6-73-2021

20. Giannitsioti, E., Salles, M. J., Mavrogenis, A., Rodriguez-Pardo, D., Los-Arcos, I., Ribera, A. et al. (2022). Osteosynthesis-associated infection of the lower limbs by multidrug-resistant and extensively drug-resistant Gram-negative bacteria: a multicentre cohort study. Journal of Bone and Joint Infection, 7 (6), 279–288. https://doi.org/10.5194/jbji-7-279-2022

21. De Prisco, M., Manente, R., Santella, B., Serretiello, E., Dell'Annunziata, F., Santoro, E. et al. (2024). Impact of ESKAPE Pathogens on Bacteremia: A Three-Year Surveillance Study at a Major Hospital in Southern Italy. Antibiotics, 13 (9), 901. https://doi.org/10.3390/antibiotics13090901

22. Shen, J., Wei, Z., Wang, S., Wang, X., Lin, W., Liu, L., Wang, G. (2023). Treatment of infected bone defects with the induced membrane technique. Bone & Joint Research, 12 (9), 546–558. https://doi.org/10.1302/2046-3758.129.bjr-2022-0439.r2

23. Song, M., Sun, J., Lv, K., Li, J., Shi, J., Xu, Y. (2025). A comprehensive review of pathology and treatment of staphylococcus aureus osteomyelitis. Clinical and Experimental Medicine, 25 (1). https://doi.org/10.1007/s10238-025-01595-1

Received 25.09.2025
Received in revised form 21.10.2025
Accepted 11.11.2025
Published 30.11.2025

Володимир Олександрович Фіщенко, Доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри, Кафедра травматології та ортопедії, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9811-7861

Олександр Миколайович Литвинюк*, лікар-ординатор, відділення травматології та реконструктивною ортопедії, КНП «Вінницька міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги», вул. Київська, 68, м. Вінниця, Україна, 21032
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8447-7803

***Corresponding author:** *Oleksandr Lytvyniuk, e-mail: md.lytvyniuk@gmail.com*