

DOI: 10.26565/2313-6693-2023-46-10

УДК 576.8+616-022.1:355.4:616-001-089 9

Пархоменко К. Ю. ^{A, B, C, F}, **Цівенко О. І.** ^{A, B, D, E}, **Шморгун В. В.** ^{B, D, E},
Брюханова Т. О. ^{B, C, D, E}

СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАКУУМ-ТЕРАПІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ВОГНЕПАЛЬНИХ РАН (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Анотація. На теперішній час надзвичайно актуальною проблемою системи охорони здоров'я є ефективне лікування вогнепальних поранень. Балістичні травми займають провідне місце в структурі бойових поранень та асоційовані із гнійно-інфекційними ускладненнями, інвалідизацією, що обумовлює тривалий період загоєння і потім – реабілітації постраждалих. У клінічній практиці використовують метод вакуум-терапії, який дозволяє зменшити частоту і тяжкість ускладнень та скоротити терміни перебігу стадій ранового процесу. В той же час у науковій спільноті немає єдиної думки щодо доцільності використання вакуум-терапії за даного виду поранень.

Метою нашого дослідження був аналіз даних наукової літератури щодо доцільності використання вакуум-терапії у комплексному лікуванні вогнепальних поранень.

Матеріали і методи. Було опрацьовано відкриті джерела наукової літератури, зокрема, але не виключно, результати клінічних досліджень, даних за декількома дослідженнями для узагальнення та аналізу відомостей щодо впливу методу вакуум-терапії на цитологічні, біохімічні, гематологічні, морфологічні та інші показники у пацієнтів із вогнепальними пораненнями.

Результати і обговорення. Дані значної кількості опрацьованих робіт свідчать про те, що застосування методу вакуум-асоційованої терапії дозволяє прискорити практично вдвічі терміни формування грануляційної тканини, забезпечити більш ефективне очищення рани від некротизованих тканин та мікробного забруднення, тим самим суттєво скоротити терміни загоєння. Механізми реалізації цих ефектів є багатофакторними та включають зменшення набряку і об'єму ексудату, нормалізацію локального кровотоку, зміну місцевої експресії факторів росту, пов'язаних з ангіогенезом тощо.

Висновки. На основі даних, представлених у науковій літературі, можна зробити висновок про суттєвий позитивний вплив вакуум-терапії на перебіг ранового процесу, порівняно з традиційними схемами терапії вогнепальних поранень, що скорочувало частоту ускладнень та дозволяло скоротити терміни реконвалесценції у пацієнтів із вогнепальними пораненнями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вакуум-терапія, негативний тиск, вогнепальне поранення, рановий процес, грануляційна тканина

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Кирило Юрійович Пархоменко, заслужений лікар України, д. мед. н, професор, професор кафедри онкології, променевої терапії, онкохірургії та паліативної допомоги, КНП ХОР «ОКЛ», проспект Незалежності, 13, Харків, Україна, 61001, e-mail: pku70@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0004-2417>

Олексій Іванович Цівенко, д. мед. наук, професор, професор кафедри хірургічних хвороб, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, пл. Свободи, 6, Харків, Україна, 61022, e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-9768>

Володимир Володимирович Шморгун, лікар-інтерн КНП ХОР «ОКЛ», проспект. Незалежності, 13, Харків, Україна, 61001, e-mail: toxikoz3@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-9879-3302>

Тетяна Олександрівна Брюханова, к. біол. н., доцент кафедри біологічної хімії, Харківський національний медичний університет, проспект Науки, 4, Харків, Україна, 61022, e-mail: to.briukhanova@knu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8042-9063>

Для цитування:

Пархоменко КЮ, Цівенко ОІ, Шморгун ВВ, Брюханова ТО. СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАКУУМ-ТЕРАПІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ВОГНЕПАЛЬНИХ РАН (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Медицина». 2023;46:89–100. DOI: 10.26565/2313-6693-2023-46-10

ВСТУП

Не викликає сумніву, що повномасштабне вторгнення росії в Україну 24 лютого 2022 року увійде не лише в сучасну історію, як одна із найбільш кровопролитних війн, але і в історію медицини, зважаючи на кількість поранених військових та цивільних осіб. Останнє ставить перед лікарями, насамперед, хірургами ряд складних задач, які полягають у ефективній організації та наданні висококваліфікованої медичної допомоги постраждалим на різних етапах – від евакуації до реабілітації [1–2].

Відповідно до сучасних уявлень, вогнепальне поранення або балістична травма – одна із форм фізичної травми, що виникає як результат вражаючої дії вогнепальної зброї та/або боєприпасів чи їх частин. Слід зазначити, що вогнепальні поранення – це найбільш розповсюджений вид травм, який виникає під час сучасних бойових дій, що обумовлено особливостями ведення війни. У структурі локалізації подібних поранень, травми кінцівок переважають над іншими анатомо-фізіологічними областями тіла – близько 72 % всіх травм приходяться саме на кінцівки [2].

Аналіз даних наукової літератури щодо вогнепальних поранень свідчить про те, що більше половини таких випадків включає пошкодження м'яких тканин, а також характеризується доволі високими показниками санітарних втрат, що може супроводжуватись подальшою інвалідизацією та/або іншими видами ускладнень. Зокрема, за даними ВООЗ, близько 44–61 % усіх випадків балістичних травм супроводжуються гнійними ускладненнями, що суттєво впливає на успіх лікування, а також потребує застосування додаткових методів як апаратної, так і фармакотерапії [3–4].

До факторів, які впливають на несприятливий перебіг зазначеного виду травм, належить суттєве забруднення рани землею або пилом, частинами одягу пацієнта, уламками сторонніх предметів тощо. Варто також враховувати формування значного ранового дефекту при подібних пораненнях. Все вищезазначене свідчить про нагальну актуальність даної теми, зокрема, пошук

та подальше дослідження методів підвищення результативності лікування [3, 5–6].

Ситуація, яка склалась на теперішній час у нашій країні, потребує реалізації та впровадження максимально ефективних сучасних підходів до терапії вогнепальних поранень з метою мінімізації втрат серед особового складу, зниження частоти ускладнень та досягнення клінічного одужання у максимально можливі короткі терміни.

Одним із таких методів комплексного лікування є застосування вакуум-терапії (ВАК-, VAC (vacuum-assisted closure) – терапії). Даний метод місцевого лікування може застосовуватись на всіх стадіях ранового процесу, що є вагомою перевагою, оскільки дозволяє надавати допомогу пацієнтам, які мають різну тривалість захворювання. Відповідно до наявних даних, оснований на результатах клінічних досліджень, застосування вакуум-терапії забезпечує позитивну динаміку за рахунок зменшення виразності набряку та нормалізації локального кровообігу, мікробної деконтамінації рани, наслідком чого є зменшення періоду загоєння [3, 7–9].

МЕТА

Вивчити та проаналізувати наявні дані щодо доцільності застосування методу вакуум-терапії у пацієнтів з вогнепальними пораненнями на основі наукового аналізу сучасних літературних даних

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Протягом двох місяців (січень–лютий 2023 року) нами проведений аналітичний огляд відкритих літературних джерел, що представлені зокрема, але не виключно наступних електронних базах даних PubMed, MEDLINE, U.S. National Library of Medicine Clinical Trials, Research Gate та Cocharane Library.

Вивчення наявних у літературі наукових даних було зосереджено переважно на опрацюванні результатів, як окремих досліджень, так і даних за декількома клінічними дослідженнями, клінічних оглядів, які були присвячені вивченню ефективності та доцільності використання вакуум-терапії у

комплексному лікуванні вогнепальних поранень різної локалізації та ступеню тяжкості.

Зважаючи на те, що вогнепальні поранення, які отримані в ході бойових дій, мають певну географічну унікальність, що зумовлена різним мікробним забрудненням, характерним для певного регіону/країни, характером поранень в залежності від використовуваної зброї, швидкістю евакуації поранених із зони бойових дій, обсягом надання медичної допомоги тощо, огляд результатів клінічних досліджень, проведених нами, був переважно зосереджений на роботах українських науковців, в той час як для іншої релевантної інформації використовувались всі доступні до опрацювання публікації [10–11].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Метод VAC-терапії базується на застосуванні закритої дренажної системи, яка підтримує контрольований негативний тиск у ділянці рани, внаслідок чого створюються сприятливі умови для перебігу ранового процесу [3].

Обґрунтування ефективності методу VAC-терапії базується на позитивному впливі на різні складові патогенезу: очищення рани від мікробного забруднення (особливо актуально для вогнепальних поранень, отриманих у ході бойових дій, оскільки майже 100 % випадків мають первинну мікробну контамінацію), ранового детриту, недоокислених продуктів метаболізму та розпаду тканин [3, 8, 12–13].

Слід зазначити, що за даними різних авторів під впливом даного виду терапії спостерігається більше ніж 1,5-кратне збільшення локального кровотоку, що позитивно впливає не лише з точки зору обмінних процесів, але і з точки зору створення більш високої концентрації антибактеріальних препаратів, що застосовуються системно, наслідком чого є більш ефективна терапія інфекційної складової [3, 14–15, 22].

Крім того, у ряді досліджень продемонстровано стимулюючий вплив вакуум-терапії на процеси ангіогенезу, формування грануляційної тканини, відновлення клітин та/або їх структурних компонентів. Таким чином, для VAC-

терапії характерними є як поза- так і клітинні ефекти, що забезпечують комплексний позитивний вплив на перебіг ранового процесу на всіх етапах.

Не зважаючи на те, що метод VAC-терапії досить широко використовується у клінічній практиці, механізми, за допомогою яких вдається скоротити терміни лікування та досягти позитивної динаміки, залишаються не до кінця з'ясованими [3, 9, 13–14].

Очевидно, що процес лікування є багатофакторним, з біологічним і механічним впливом, який модулює локальне середовище рани. Відомо, що вакуум-терапія збільшує перфузію всередині рани. Ряд авторів повідомляли про зміни місцевої експресії факторів росту, пов'язаних з ангіогенезом, а також – динаміки судин, яка пов'язана з посиленням перфузії та загоєння ран, оброблених за допомогою середовища з негативним тиском [3, 9, 16–18].

У дослідженнях [18] повідомлялось про значне збільшення локальних концентрацій фактору росту ендотелію судин (VEGF), тромбоцитарного фактору росту (PDGF) і ангіотензину-2 після застосування вакуум-терапії. На думку авторів дослідження, ці зміни були вторинними щодо індукції гіпоксичного ранового середовища, обумовленого негативним тиском. Дослідження впливу VAC-терапії на ранах у діабетичних щурів виявило зміни в експресії фактору росту, пов'язаного з ангіогенезом, неопротипірацією і посиленням щільності судин, що приводило до значно кращого загоєння ран у ранах, оброблених VAC-терапією, порівняно із контролем [3, 7, 13, 16].

Окрім судинних змін, VAC-терапія індукувала посилювала формування тканин за рахунок факторів росту, які ймовірно, сприяють формуванню грануляційної тканини. Імуногістохімічний аналіз виявив вищі рівні експресії фібронектину та трансформуючого фактора росту бета 1 (TGF- β 1) у групі VAC-терапії.

Передбачається, що один із механізмів більш швидкого загоєння ран за дії VAC-терапії – це макродеформація тканин [19]. Середовище негативного тиску на межі рана-піна створює силу зсуву на краях

рани, що в тому числі призводить до суттєвого зменшення набряку [3, 20–21].

Явище мікродеформації також робить внесок у прискорення загоєння ран, що проявляється через взаємодію тканин та піни на мікроскопічному рівні, що призводить до численних клітинних реакцій, які стимулюють проліферацію клітин і формування грануляцій, наслідком чого є зміни в архітектурі ран [3, 22–23].

Застосування негативного тиску також сприяє загоєнню шляхом зменшення набряку та ексудату. Відомо, що ексудат затримує закриття рани і змінює природні захисні механізми шкіри [24–25]. Видалення зайвої рідини та ексудату зменшує інтерстиціальний тиск і збільшує перфузію уражених тканин [3]. Крім того, наявність набряку пригнічує дію протеолітичних ферментів, які забезпечують формування сприятливих умов для загоєння [26].

Існують дані щодо можливого впливу VAC-терапії на зниження концентрації бактеріального забруднення рани, проте, ці дані не є досить суперечливими, оскільки не завжди застосування негативного тиску призводить до зменшення концентрації бактерій у рані. [27–30, 32]

Таким чином, на основі наявних у літературі даних можна зробити висновки, що механізм позитивного впливу VAC-терапії на загоєння ран є комплексним та включає клітинні реакції на сили зсуву, що створені субатмосферним середовищем. Посилена перфузія через судинну проліферацію збільшує клітинну популяцію та активність, що, у свою чергу, стимулює і посилює загоєння, опосередковане фактором росту грануляційної тканини. Одночасно з утворенням нової тканини відбувається груба і мікроструктурна деформація порожнини і тканина фізично закриває рану. Екстракція рідини шляхом видалення ранового ексудату та інтерстиціального набряку сприяє змінам клітинної функції і архітектури рани, яка сприяє загоєнню. Виведення зайвої рідини також знижує тургор шкіри і прилеглих тканин та, можливо, сприяє зниженню бактеріального забруднення рани [3, 31].

Аналіз клінічних досліджень

Одним із нагальних питань пояснення механізмів реалізації клінічної ефективності VAC-терапії залишається вплив на мікробну контамінацію рани, оскільки наявні на сьогодні дані часто є протиречними [27, 32, 45].

У ході ряду клінічних досліджень проводилась оцінка впливу VAC-терапії на рівень мікробного забруднення вогнепальних ран (кульових та/або осколкових). Зокрема, були опубліковані результати клінічного дослідження впливу VAC-терапії на перебіг ранового процесу у 110 пацієнтів, які мали поранення кінцівок, з них у 56 пацієнтів проводили лікування із застосуванням VAC-терапії (основна група), у 54 (група порівняння) – лікування проводилось загальноприйнятими методами.

Автори зазначають, що у пацієнтів із вогнепальними пораненнями при оцінці мікробного забруднення переважали грамнегативні мікроорганізми, зокрема родів *Acinetobacter* і *Pseudomonas*, штами яких характеризувались полірезистентністю до антибактеріальних препаратів [33, 44]. Останнє, у свою чергу, зумовлювало необхідність застосування додаткових методів терапії з метою підвищення ефективності лікування та попередження гнійно-інфекційних ускладнень. Авторами також було виявлено, що використання у даних пацієнтів VAC-терапії супроводжується скороченням термінів перебігу фаз ранового процесу і знижує рівень мікробної контамінації ран. Висока ефективність даного методу підтверджується тим, що одноразове застосування супроводжувалось очищенням ранової поверхні від гнійно-некротичних мас і забруднень, а дво- і трикратні обробки уже на 4–6 добу приводили до повного очищення рани від гнійних виділень та початку формування грануляційної тканини. В той же час, у групі порівняння у терміни очищення рани, появи грануляцій і крайової епітелізації відставали від таких в основній групі на 2–3 доби, що є доволі суттєвим показником. Таким чином, у даному дослідженні було підтверджено позитивний вплив вакуум-терапії щодо зменшення мікробного навантаження у

рані та, відповідно, зниження частоти і тяжкості ускладнень [34, 43].

Відомо, що тривалість періоду одужання є надзвичайно важливим показником ефективності терапії. Саме тому, одним із об'єктивних критеріїв доцільності використання вакуум-терапії є її вплив на терміни формування грануляцій, що, зокрема, оцінювалось у дослідженні Гур'єва та співав.

Колектив авторів оприлюднили результати клінічного дослідження за участі 74 пацієнтів із вогнепальними пораненнями, яких було розподілено на 2 групи – у контрольній групі (29 пацієнтів) лікування проводилось без використання вакуум-терапії, в інших випадках тривалість VAC-терапії склала в від 5 до 25 діб, залежно від розмірів дефекту м'яких тканин; як контрольна точка для припинення VAC-терапії було прийнято повне очищення рани від некротизованих тканин, формування грануляцій і виповнення дефекту в зоні ураження. На основі отриманих клінічних даних автори дійшли висновку, що застосування VAC-терапії майже вдвічі прискорює настання другої фази ранового процесу (4–6 доба), ніж без застосування методу. Крім того, особливо ефективним є метод вакуум-асоційованої терапії у пацієнтів із інфекційними ускладненнями, обтяженими гнійним процесом у рані. Отже, отримані дані дозволяють стверджувати про виразний позитивний вплив VAC-терапії на тривалість формування грануляційної тканини та очищення рани, що безпосередньо впливає на терміни загоєння [35, 41–42].

Не викликає сумніву, що найбільш об'єктивні дані дає використання комплексного підходу до оцінки клінічної ефективності. У дослідженні Науменко Л.Ю. та співав. (2020) було проведено клінічну, біохімічну та цитологічну оцінку доцільності застосування вакуум-терапії (18 осіб) у пацієнтів із вогнепальними пораненнями, порівняно із традиційними методами лікування (16 осіб). У групі пацієнтів, яким застосовувався метод накладення пов'язки з негативним тиском на 3-тю добу було відмічено достовірне зменшення виразності набряку м'яких тканин у переважній більшості – 17 пацієнтів (94,45 %), гіперемії тканин – у 16

пацієнтів (88,89 %). У групі порівняння в ті ж строки набряк м'яких тканин вірогідно купірувався у 62,5 %, гіперемія тканин — у 68,75 %. Автори відмічають, що суб'єктивно пацієнти із групи, якій застосовували VAC-терапію, також відмічали суттєве покращення стану (виразність больового синдрому, поліпшення сну, апетиту, загального самопочуття). Було відмічено також статистично вірогідні відмінності у пацієнтів, яких лікували вакуум-терапією щодо термінів формування грануляцій, які перевищували аналогічні показники у групі порівняння (спостереження на 3 та 7 добу). Схожою була динаміка гематологічних показників – у пацієнтів, які отримували вакуум-терапію спостерігалось зменшення виразності інтоксикації вже на 3 добу (за показниками лейкоцитозу та лейкоформули), ця різниця була статистично вірогідною порівняно з пацієнтами з традиційним веденням ран ($p < 0,05$). На 7 добу спостереження дана динаміка зберігалась. Зазначені дані також узгоджувались із цитологічним аналізом: у пацієнтів при надходженні в стаціонар відмічалась схожа картина (некротичний або дегенеративно-запальний тип цитограм із переважанням у мазку-відбитку нейтрофілів (96,78 %), але на 3 та 7 добу більш виразна позитивна динаміка була відмічена саме у групі із накладанням пов'язок із негативним тиском, що дозволило зробити висновки щодо істотного впливу вакуум-терапії на зміну дегенеративно-некротичного типу цитограм із ранового вмісту на регенераторний. Таким чином, VAC-терапія за сумою оцінюваних показників показала достовірно більшу ефективність, в тому числі – щодо попередження ускладнень у короткостроковій перспективі (1 тиждень) у 2,8 разів ($p < 0,05$), скоротити терміни підготовки ран до реконструктивних заходів у хворих у середньому на $5,2 \pm 0,8$ дня ($p < 0,05$) [31, 36–38].

Шапринський В. О. та співав. (2021) опублікували результати клінічного дослідження (кількість пацієнтів – 163, вогнепальні поранення кінцівок), яких було розподілено на 3 групи: традиційне лікування (контроль), лікування з

використанням VAC-терапії та пацієнти, яким застосовували VAC-терапію із запропонованою схемою зустрічного дренивання ран з постановкою проточно-промивної іригації розчинами антисептиків 0,02 % декаметоксину та 3 % перекису водню.

Основними критеріями оцінки виступали мікробіологічна оцінка та комплексний вплив на перебіг гнійно-запальних ускладнень у даних пацієнтів. Відповідно до отриманих даних, у групах, які отримували вакуум-асоційовану терапію було відмічено достовірний позитивний вплив, що підтверджувалось скороченням кількості ліжко-днів перебування в стаціонарі. У третій групі поранених при використанні запропонованої суміші антисептиків ознаки запалення навколишніх тканин зменшувалися на 3 добу у 94,45 % випадках, порівняно з 88,89 % у 2 групі спостереження. Період фази гідратації ранової хвороби скорочувався до 5,7 доби. Період повного загоєння рани скоротився на 2,5 доби. Тривалість перебування постраждалих даної групи на ліжку скоротився з 14,97 до 10,8 доби. В цілому, отримані результати достовірно підтверджують ефективність VAC-терапії щодо зменшення частоти ускладнень гнійно-запального генезу, більш швидкого періоду одужання та можливістю поєднання із іншими методами терапії з взаємопідсилення клінічної ефективності [39].

Хоменко І. П. та співав. (2017) провели комплексний порівняльний аналіз використання вакуум-асоційованої терапії у пацієнтів із вогнепальними пораненнями (80 осіб), яких було розподілено на 2 групи: 50 осіб отримували лікування із застосуванням VAC-терапії, поєднану із фізичними методами (гіпербарична оксигенація, кавітація), антибіотикотерапія, використання НПЗЗ, антикоагулянтів тощо. У контрольній групі, що складається з 30 осіб, використовували загальноприйнятні методи лікування вогнепальних поранень (щоденні перев'язки, антисептична обробка, етапна хірургічна обробка). Для оцінки ефективності застосовували біохімічні, загальноклінічні, бактеріологічні дослідження, терміни загоєння рани.

Використання методу VAC-терапії приводило до достовірного зменшення мікробної контамінації рани на 11 добу лікування ($p < 0,05$), в той час як у контрольній групі ці терміни були вірогідно довшими. Крім того, концентрація мікроорганізмів також була більш високою у контрольній групі. За впливом на загальноклінічні та біохімічні показники в обох групах лікування спостерігалась співставна позитивна динаміка, виключення склав показник С-реактивного протеїну (на 6–10 добу), нормалізація якого відбувалась більш інтенсивно у групі клінічного спостереження, яка отримувала вакуум-терапію. До цього часу підвищений рівень С-реактивного протеїну відзначався у 20 % пацієнтів основної групи клінічного спостереження і 43,3 % з групи контролю ($p < 0,05$).

За результатами клінічних спостережень, у групі VAC-терапії тривалість підготовки до закриття рани або аутодермопластики становила від 7 до 20 діб (в середньому – $13,2 \pm 0,7$), в той час коли у поранених військовослужбовців контрольної групи зазначений показник склав в середньому від 14 до 30 діб (в середньому – $20,8 \pm 0,9$ діб, $p < 0,05$).

Таким чином, включення методу VAC-терапії дозволяє суттєво, майже двократно зменшити період післяопераційного больового синдрому, сприяє формуванню нормотрофічних рубців, зменшує кількості контрактур кінцівок та забезпечує більш швидке відновленню амплітуди рухів [40].

ВИСНОВКИ

Вогнепальні поранення залишаються найбільш поширеним видом бойових травм, які можуть приводити до важких ускладнень, включаючи інвалідизації пацієнтів, що відповідно, потребує постійного вдосконалення існуючих схем терапії.

Застосування методу VAC-терапії у комплексному лікуванні вогнепальних поранень забезпечує багатofакторний позитивний вплив на всіх стадіях ранового процесу, зокрема дозволяє вірогідно знизити частоту гнійно-інфекційних ускладнень та прискорити загоєння, зменшуючи таким чином, як частоту

несприятливих результатів лікування, так і терміни одужання поранених.

ФІНАНСУВАННЯ

У авторів відсутні додаткові джерела фінансування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лоскутов О, Доманський АМ, Жердев П, Горегляд ОМ. Сучасний підхід до хірургічного лікування бойової травми кінцівок. Сучасні медичні технології. 2016;4(31):104–6. Доступно на: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Smt_2016_4_23
2. Заруцький Я, Запорожан В, Білий ВЯ, Денисенко ВМ. Військово-польова хірургія. Одеса: ОН Мед У; 2016. 416 с.
3. Kunze KN, Hamid KS, Lee S, Halvorson JJ, Earhart JS, Bohl DD. Negative-pressure wound therapy in foot and ankle surgery. *Foot Amp Ankle Int.* 2020; 41. 3: 364–72. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071100719892962>
4. Labler L, Ranson M, Mica L. Vacuumassisted closure therapy increases local interleukin-B and vascular endothelial growth factor levels in traumatic wounds. *Trauma.* 2015;66(3):749–57. DOI: <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318171971a>
5. Callaway D, Smith E, Cain J. Tactical emergency casualty care (TECC): guidelines for the provision of prehospital trauma care in high threat environments. *J Spec Oper Med.* 2009;11(E3):104–22. DOI: <https://doi.org/10.55460/8BUM-KREB>
6. Horch RE, Ludolph I, Müller-Seubert W, Zetzmann K, Hauck T, Arkudas A, Geierlehner A. Topical negative-pressure wound therapy: emerging devices and techniques. *ExpertRevMedDevices.* 2020;17.2:139-48. DOI: <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1714434>
7. Li T, Zhang L, Han L. Early application of negative pressure wound therapy to acute wounds contaminated with *Staphylococcus aureus*: an effective approach to preventing biofilm formation. *ExpTherMed.* 2016;11:769-76. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3008>
8. Kim PJ. Negative pressure wound therapy with instillation: international consensus guidelines update. *IntWound J.* 2020;17.1:174-86. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.13254>
9. Normandin S, Safran T, Winocour S, Chu CK, Vorstenbosch J. Negative pressure wound therapy: mechanism of action and clinical applications. *SeminPlastSurg.* 2021;35(03). DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>
10. Kovalchuk VP, Kondratiuk VM. The dynamics of the microstructure of the microflora of combat (fire and mortar explosive) wounds of the limbs obtained during the antiterrorist operation in the East of Ukraine in 2014. *Khirurgia Ukrainy.* 2016; 2:13–18.
11. Berezka N, Vlasenko V, Litovchenko V, Mamedov T. Gunshot wounds. Treatment at the stages of medical evacuation. Kharkiv: KhNMU; 2015. 43 p.
12. Valenta A. Using the vacuum dressing alternative for difficult wounds. *Am J Nurs.* 2014;94(4):44-5.
13. Tseluyko OB, Tymchuk OB, Aslanyan SA. Negative pressure wound therapy treatment of soft tissue gunshot wounds of the limbs. *CurrentAspectsofMilitaryMedicine* 27.2 (2020): 201–208. DOI: <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2020-27-43>
14. Norman G. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. *Cochrane Data base Syst Rev.* 2022;4. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009261.pub7>
15. Älgå A, Haweizy R, Bashaireh K, Wong S, Lundgren KC, von Schreeb J, Malmstedt J. Negative pressure wound therapy versus standard treatment in patients with acute conflict-related extremity wounds: a pragmatic, multisite, randomised controlled trial. *Lancet Glob Health.* 2020;8.3:e423-e429. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30547-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30547-9)
16. Labler L, Rancan M, Mica L, Harter L, Mihic-Probst D, Keel M. Vacuum-assisted closure therapy increases local interleukin-8 and vascular endothelial growth factor levels in traumatic wounds. *J Trauma.* 2009;66(3):749-757. DOI: <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318171971a>
17. Ma Z, Shou K, Li Z, Jian C, Qi B, Yu A. Negative pressure wound therapy promotes vessel destabilization and maturation at various stages of wound healing and thus influences wound prognosis. *Exp Ther Med.* 2016;11(4):1307-1317. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3083>
18. Xia CY, Yu AX, Qi B, Zhou M, Li ZH, Wang WY. Analysis of blood flow and local expression of angiogenesis associated growth factors in infected wounds treated with negative pressure wound therapy. *Mol Med Rep.* 2014;9(5):1749- 1754. DOI: <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.1997>
19. Bourguist O, Gustafsson L, Ingemansson R, Malmsjö M. Micro- and macromechanical effects on the wound bed of negative pressure wound therapy using gauze and foam. *Ann Plast Surg.* 2010;64(6):789-93. DOI: <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181ba578a>

20. Lavery LA, Boulton AJ, Niezgodia JA, Sheehan P. A comparison of diabetic foot ulcer outcomes using negative pressure wound therapy versus historical standard of care. *Int Wound J.* 2007;4(2):103-113. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2007.00317.x>
21. Schintler MV. Negative pressure therapy: theory and practice. *Diabetes Metab Res Rev.* 2012;28(suppl 1):72-77. DOI: <https://doi.org/10.1002/dmrr.2243>
22. Huang C, Leavitt T, Bayer L, Orgill D. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing. *Curr Probl Surg.* 2014;51:301-31. DOI: <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2014.04.001>
23. Erba P, Ogawa R, Ackermann M. Angiogenesis in wounds treated by microdeformational wound therapy. *AnnSurg.* 2011;253:402-9. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31820563a8>
24. Begkas D, Michelarakis J, Mirtsios H, Deimedes P, Bougiouklis D. The role of negative pressure wound therapy in salvaging a six-year-old child's crushed foot—a case report. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(1):e1-e6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.10.011>
25. Penhallow KA. Review of studies that examine the impact of infection on the normal wound-healing process. *J WoundCare.* 2005;14(3):123-126. DOI: <https://doi.org/10.12968/jowc.2005.14.3.26747>
26. Moues CM, van Toorenenbergen AW, Heule F, Hop WC, Hovius SE. The role of topical negative pressure in wound repair: expression of biochemical markers in wound fluid during wound healing. *WoundRepairRegen.* 2008;16(4):488-494. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2008.00395.x>
27. Goregliad AM. Changing the contamination of wounds under the treatment of local application of negative pressure. *Vestnik VGMU.* 2018; 7 (2): 63–69. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2018.2.63>
28. Ludolph I, Fried FW, Kneppel K, Arkudas A, Schmitz M, Horch RE. Negative pressure wound treatment with computer-controlled irrigation/instillation decreases bacterial load in contaminated wounds and facilitates wound closure. *Int Wound J.* 2018;15(6):978-984. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.12958>
29. Jentzsch T, Osterhoff G, Zwolak P, et al. Bacterial reduction and shift with NPWT after surgical debridements: a retrospective cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017;137(1): 55-62. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-016-2600-z>
30. Shiroky J, Lillie E, Muaddi H, Sevigny M, Choi WJ, Karanicolas PJ. The impact of negative pressure wound therapy for closed surgical incisions on surgical site infection: A systematic review and meta-analysis. *Surgery.* 2020 Jun;167(6):1001-1009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2020.01.018>
31. Лоскутов О, Горегляд О, Бондаренко О, Бондаренко Н. Морфологічні особливості репаративних процесів у ранах бойового характеру під впливом вакуум-асистованої терапії. *Morphologia.* 2018;12(1):20-8.
32. Patmo AS. The effect of vacuumassisted closure on the bacterial load and type of bacteria: A systematic review. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2014;3(5):383–389. DOI: <https://doi.org/10.1089/wound.2013.0510>
33. Kondratiuk VM. Assessment of resistance to antimicrobial agents of the strains *Acinetobacter Baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* micronutrients and war wound limbs. *Travma.* 2017;18(1):68–73.
34. Желіба МД, Верба АВ, Богуш ГЛ, Марцинковський ІП, Кондратюк ВМ, Ковальчук ВП, Фомін ОО, Фоміна НС. Мікробіологічні аспекти ранової інфекції у потерпілих внаслідок бойових дій та її комплексне лікування з застосуванням вакуум-терапії. Сучасні медичні технології. 2019;3:50-5. DOI: [https://doi.org/10.34287/ММТ.3\(42\).2019.4](https://doi.org/10.34287/ММТ.3(42).2019.4)
35. Науменко ЛЮ. Оценка эффективности вакуум-ассоциированного метода в лечении огнестрельных ранений. *Georgian Medical News/Медицинские новости Грузии* 300 (2020): 7-12.
36. Науменко ЛЮ, Горегляд ОМ. Вплив терапії негативним тиском на процеси запалення та регенерації в ранньому періоді загоєння вогнепальних ран кінцівок. *TRAUMA* 19.4 (2018): 65-70.
37. Naumenko L, Horehliad O, Mametyev A, Kostyrytsya K, Domansky A. Healing of severe polystructural limb wounds using vacuum therapy. *OrthopTraumatolProsthet.* 2017;4. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872017457-61>
38. Шапринський ВО, Верба АВ, Шапринський ЄВ, Фомін ОО, Фоміна НС. Особливості лікування гнійно-запальних ускладнень при вогнепальних пораненнях кінцівок. *Kharkiv surgical school.* 2021;2(107).
39. Khomenko, IP, Tertyshny SV, Gerasimenko OS, Yenin RV. Treatment of purulent complications of soft tissues' gunshot wounds. *Journal of Education, Health and Sport* 7.3 (2017): 782-802. Доступно на: <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/5204>
40. Trutyak I, Los D, Medzyn V, Trunkvalter V, Zukovsky V. Treatment of combat surgical trauma of the limbs in the conditions of modern war. *Proc Shevchenko SciSoc Med Sci.* 2022;69(2):1-5. DOI: <https://doi.org/10.25040/ntsh2022.02.16>

41. Fomin OO, Kovalchuk VP, Fomina NS, Zhelibina MD, Dobrovanov O, Kralinsky K. Treatment of purulent-inflammatory complications in a combat gunshot trauma. *Mod Med Technol (Part 3)*. 2019;2(41). DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.2\(41\).2019.35](https://doi.org/10.34287/MMT.2(41).2019.35)
42. Haida YI, Muradian KR, Petrushenko SV, Herasymenko OS, Okolets AV. EXPERIENCE OF USING NPWT-THERAPY IN THE TREATMENT OF COMBAT INJURIES OF SOFT TISSUES OF THE LIMBS AND BODY. *Kharkiv Surg Sch*. 2021;4:56-60. DOI: <https://doi.org/10.37699/2308-7005.4.2021.11>
43. Abulezz T. Negative-Pressure Wound Therapy (NPWT) Compared to Conventional Dressing in the Management of Acute Injuries of Extremities. *Egypt J Plast Reconstr Surg*. 2017;41(1):125-30.
44. Joubert C, Sellier A, Morvan J, et al. Vacuum-assisted closure (VAC) for craniocerebral wounds in severely injured patients: technical note of a damage control procedure. *BMJ Military Health*. 2019;165:e1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jramc-2019-001201>

*Отримано: 11.01.2023 року
Прийнято до друку: 14.03.2023 року*

Конфлікт інтересів: відсутній.

Parkhomenko K. ^{A, B, C, F}, **Tsivenko O.** ^{A, B, D, E}, **Shmorhun V.** ^{B, D, E}, **Briukhanova T.** ^{B, C, D, E}

VACUUM-THERAPY IN THE COMPLEX TREATMENT OF GUNSHOT WOUNDS: CURRENT ASPECTS AND PROSPECTS (REVIEW)

A – research concept and design; B – collection and/or assembly of data; C – data analysis and interpretation; D – writing the article; E – critical revision of the article; F – final approval of the article

Abstract. Nowadays an effective treatment of gunshot wounds is an extremely urgent problem of the health care system. Ballistic injuries occupy a leading position in the structure of combat wounds. Moreover, they are associated with purulent-infectious complications, disability, which causes a long-time healing and rehabilitation of the patients. The vacuum-therapy method is used in clinical practice for reducing the frequency and severity of complications and cutting the wound process's stages duration. At the same time, there is no consensus in the scientific community regarding the feasibility of vacuum therapy application for this type of injuries.

The aim of our study was to analyze scientific literature data regarding the feasibility of vacuum therapy using in the complex treatment of gunshot wounds.

Materials and methods. Open sources of scientific literature were processed, in particular, but not exclusively, the results of clinical studies, data from several studies to summarize and analyze information about vacuum therapy effect on cytological, biochemical, hematological, morphological and other parameters in patients with gunshot wounds.

Results and discussion. The data of studied papers indicate that the vacuum-associated therapy method's application allows almost two times acceleration of granulation tissue formation, more effective wound cleaning from necrotic tissues and microbial contamination, thereby significantly reducing of healing period duration. The mechanisms of these effects realization are multifactorial and include reduction of edema and exudate amount, normalization of local blood flow, change of local expression of growth factors related to angiogenesis, etc.

Conclusions. Based on the data presented in the scientific literature, it is possible to conclude that vacuum therapy has a significant positive effect on the course of the wound process, compared to traditional schemes for gunshot wounds therapy, which reduced the frequency of complications and allowed to cut convalescence period in patients with gunshot wounds.

KEY WORDS: *vacuum therapy, negative pressure, gunshot wound, wound process, granulation tissue*

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kyrylo Parkhomenko, MD, D.Sc., professor, prof. Department of oncology, radiotherapy, oncosurgery and palliative care KNP «Kharkiv Regional Hospital», 13, Nezalezhnosti Avenue, Kharkiv, Ukraine, 61001; e-mail: pku70@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0004-2417>

Olexiy Tsivenko, MD, PhD, professor, prof. Department of Surgical Diseases Medical School of V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody Sq, Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-9768>

Volodymyr Shmorhun, intern doctor KNP «Kharkiv Regional Hospital» Kharkiv region, 13, Nezalezhnosti avenue, Kharkiv, Ukraine, 61001; e-mail: toxikoz3@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-9879-3302>

Tetiana Briukhanova, as. prof. Biochemistry Department, Kharkiv National Medical University, 4, Nauky av., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: to.briukhanova@knmu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8042-9063>

For citation:

Parkhomenko K, Tsivenko O, Shmorhun V, Briukhanova T. VACUUM-THERAPY IN THE COMPLEX TREATMENT OF GUNSHOT WOUNDS: CURRENT ASPECTS AND PROSPECTS (REVIEW). *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series «Medicine»*. 2023;46:89–100. DOI: 10.26565/2313-6693-2023-46-10 (in Ukrainian).

REFERENCES

1. Loskutov O, Domanskyi AM, Zherdiev II, Horehliad OM. Suchasnyi pidkhyd do khirurhichnoho likuvannia boiovoi travmy kintsivok. *Suchasni medychni tekhnolohii*. 2016;4(31):104-6. [In Ukrainian]. Dostupno na: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Smt_2016_4_23
2. Zarutskyi Ya, Zaporozhan V, Bilyi VIa, Denysenko VM. Viiskovo-polova khirurgiia. Odesa: ON Med U; 2016. 416 s [In Ukrainian].
3. Kunze KN, Hamid KS, Lee S, Halvorson JJ, Earhart JS, Bohl DD. Negative-pressure wound therapy in foot and ankle surgery. *Foot Amp Ankle Int*. 2020;41.3:364-72. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071100719892962>
4. Labler L, Ranson M, Mica L. Vacuumassisted closure therapy increases local interleukin-B and vascular endothelial growth factor levels in traumatic wounds. *Trauma*. 2015;66(3):749-57. DOI: <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318171971a>
5. Callaway D, Smith E, Cain J. Tactical emergency casualty care (TECC): guidelines for the provision of prehospital trauma care in high threat environments. *J Spec Oper Med*. 2009;11(Ed.3.):104-22. DOI: <https://doi.org/10.55460/8BUM-KREB>
6. Horch RE, Ludolph I, Müller-Seubert W, Zetzmann K, Hauck T, Arkudas A, Geierlehner A. Topical negative-pressure wound therapy: emerging devices and techniques. *Expert Rev Med Devices*. 2020;17.2:139-48. DOI: <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1714434>
7. Li T, Zhang L, Han L. Early application of negative pressure wound therapy to acute wounds contaminated with *Staphylococcus aureus*: an effective approach to preventing biofilm formation. *ExpTherMed*. 2016;11:769-76. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3008>
8. KimPJ. Negative pressure wound therapy with instillation: international consensus guidelines update. *IntWound J*. 2020;17.1:174-86. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.13254>
9. NormandinS, SafranT, WinocourS, ChuCK, VorstenboschJ. Negative pressure wound therapy: mechanism of action and clinical applications. *Semin Plast Surg*. 2021;35(03). DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>
10. Kovalchuk VP, KondratiukVM. The dynamics of the microstructure of the microflora of combat (fire and mortar explosive) wounds of the limbs obtained during the antiterrorist operation in the East of Ukraine in 2014. *Khirurgia Ukrainy*. 2016; 2:13–18.
11. Berezka N, Vlasenko V, Litovchenko V, MamedovT. 11. Gunshot wounds. Treatment at the stages of medical evacuation. Kharkiv: KhNMU; 2015. 43 p.
12. Valenta A. Using the vacuum dressing alternative for difficult wounds. *Am J Nurs*. 2014;94(4):44–5.
13. TseluykoOB, Tymchuk OB, Aslanyan SA. Negative pressure wound therapy treatment of soft tissue gunshot wounds of the limbs. *Current Aspects of Military Medicine*27.2 (2020): 201–208. DOI: <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2020-27-43>
14. Norman G. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;4. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009261.pub7>
15. Älgå A, Haweizy R, Bashaireh K, Wong S, Lundgren KC, von Schreeb J, Malmstedt J. Negative pressure wound therapy versus standard treatment in patients with acute conflict-related extremity wounds: a pragmatic, multisite, randomised controlled trial. *Lancet Glob Health*. 2020;8.3:e423-e429. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30547-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30547-9)
16. Labler L, Rancan M, Mica L, Harter L, Mihic-Probst D, Keel M. Vacuum-assisted closure therapy increases local interleukin-8 and vascular endothelial growth factor levels in traumatic wounds. *J Trauma*. 2009;66(3):749-757. DOI: <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318171971a>
17. Ma Z, Shou K, Li Z, Jian C, Qi B, Yu A. Negative pressure wound therapy promotes vessel destabilization and maturation at various stages of wound healing and thus influences wound prognosis. *ExpTherMed*. 2016;11(4):1307–1317. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3083>

18. Xia CY, Yu AX, Qi B, Zhou M, Li ZH, Wang WY. Analysis of blood flow and local expression of angiogenesis associated growth factors in infected wounds treated with negative pressure wound therapy. *Mol Med Rep.* 2014;9(5):1749- 1754. DOI: <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.1997>
19. Bourguist O, Gustafsson L, Ingemansson R, Malmsjö M. Micro- and macromechanical effects on the wound bed of negative pressure wound therapy using gauze and foam. *Ann Plast Surg.* 2010;64(6):789-93. DOI: <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181ba578a>
20. Lavery LA, Boulton AJ, Niezgoda JA, Sheehan P. A comparison of diabetic foot ulcer outcomes using negative pressure wound therapy versus historical standard of care. *Int Wound J.* 2007;4(2):103-113. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2007.00317.x>
21. Schintler MV. Negative pressure therapy: theory and practice. *Diabetes Metab Res Rev.* 2012;28(suppl 1):72-77. DOI: <https://doi.org/10.1002/dmrr.2243>
22. Huang C, Leavitt T, Bayer L, Orgill D. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing. *CurrProblSurg.* 2014;51:301-31. DOI: <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2014.04.001>
23. Erba P, Ogawa R, Ackermann M. Angiogenesis in wounds treated by microdeformational wound therapy. *Ann Surg.* 2011;253:402-9. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31820563a8>
24. Begkas D, Michelarakis J, Mirtsios H, Deimedes P, Bougiouklis D. The role of negative pressure wound therapy in salvaging a six-year-old child's crushed foot—a case report. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(1):e1-e6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.10.011>
25. Penhallow KA. Review of studies that examine the impact of infection on the normal wound-healing process. *J WoundCare.* 2005;14(3):123-126 DOI: <https://doi.org/10.12968/jowc.2005.14.3.26747>
26. Moues CM, van Toorenenbergen AW, Heule F, Hop WC, Hovius SE. The role of topical negative pressure in wound repair: expression of biochemical markers in wound fluid during wound healing. *Wound Repair Regen.* 2008;16(4):488- 494. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2008.00395.x>
27. Goregliad AM. Changing the contamination of wounds under the treatment of local application of negative pressure. *Vestnik VGMU.* 2018; 7 (2): 63–69. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2018.2.63>
28. Ludolph I, Fried FW, Kneppel K, Arkudas A, Schmitz M, Horch RE. Negative pressure wound treatment with computer-controlled irrigation/instillation decreases bacterial load in contaminated wounds and facilitates wound closure. *Int Wound J.* 2018;15(6):978-984. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.12958>
29. Jentzsch T, Osterhoff G, Zwolak P, et al. Bacterial reduction and shift with NPWT after surgical debridements: a retrospective cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017;137(1): 55-62. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-016-2600-z>
30. Shiroky J, Lillie E, Muaddi H, Sevigny M, Choi WJ, Karanicolas PJ. The impact of negative pressure wound therapy for closed surgical incisions on surgical site infection: A systematic review and meta-analysis. *Surgery.* 2020 Jun;167(6):1001-1009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2020.01.018>
31. Loskutov O, Horehliad O, Bondarenko O, Bondarenko N. Morfolohichni osoblyvosti reparatyvnykh protsesiv u ranakh boiovoho kharakteru pid vplyvom vakuum-asystovanoiterapii. *Morphologia.* 2018;12(1):20-8 [in Ukrainian].
32. Patmo AS. The effect of vacuumassisted closure on the bacterial load and type of bacteria: A systematic review. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2014;3(5):383–389. DOI: <https://doi.org/10.1089/wound.2013.0510>
33. Kondratiuk VM. Assessment of resistance to antimicrobial agents of the strains *Acinetobacter Baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* micronutrients and war wound limbs. *Travma.* 2017;18(1):68–73.
34. Zheliba MD, Verba AV, Bohush HL, Martynkovskiy IP, Kondratiuk VM, Kovalchuk VP, Fomin OO, Fomina NS. Mikrobiolohichni aspekty ranovoi infektsii u poterpilykh vnaslidok boiovykh dii ta yii kompleksne likuvannia z zastosuvanniam vakuum-terapiiii. *Suchasni medychni tekhnolohii.* 2019;3:50-5 [In Ukrainian]. DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.3\(42\).2019.4](https://doi.org/10.34287/MMT.3(42).2019.4)
35. Naumenko LIu. Otsenka efektyvnosti vakuum-assotsyrovannoho metoda v lecheny ohnestrelnykh ranenyi. *Georgian Medical News/Medysynskye novosti Hruzyy 300 (2020):* 7-12. [in Russian].
36. Naumenko LIu, Horehliad OM. Vplyv terapii nehatelynym tyskom na protsesy zapalennia ta reheneratsii v rannomu periodi zahoiennia vohnepalnykh ran kintsivok. *TRAUMA 19.4 (2018):* 65-70 [in Ukrainian].
37. Naumenko L, Horehliad O, Mametyev A, Kostyryca K, Domansky A. Healing of severe polystructural limb wounds using vacuum therapy. *Orthop Traumatol Prosthet.* 2017;4. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872017457-61>
38. Shaprynskyi VO, Verba AV, Shaprynskyi YeV, Fomin OO, Fomina NS. Osoblyvosti likuvannia hniino-zapalnykh uskladnen pry vohnepalnykh poranenniakh kintsivok. *Kharkiv surgical school.* 2021;2(107) [in Ukrainian].

39. Khomenko, IP, Tertyshny SV, Gerasimenko OS, Yenin RV. Treatment of purulent complications of soft tissues' gunshot wounds. *Journal of Education, Health and Sport* 7.3 (2017): 782-802. Available from: <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/5204>
40. Trutyak I, Los D, Medzyn V, Trunkvalter V, Zukovsky V. Treatment of combat surgical trauma of the limbs in the conditions of modern war. *Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci.* 2022;69(2):1-5. DOI: <https://doi.org/10.25040/ntsh2022.02.16>
41. Fomin OO, Kovalchuk VP, Fomina NS, Zheliba MD, Dobrovanov O, Kralinsky K. Treatment of purulent-inflammatory complications in a combat gunshot trauma. *Mod Med Technol (Part 3).* 2019;2(41). DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.2\(41\).2019.35](https://doi.org/10.34287/MMT.2(41).2019.35)
42. Haida YI, Muradian KR, Petrusenko SV, Herasymenko OS, Okolets AV. EXPERIENCE OF USING NPWT-THERAPY IN THE TREATMENT OF COMBAT INJURIES OF SOFT TISSUES OF THE LIMBS AND BODY. *Kharkiv Surg Sch.* 2021;4:56-60. DOI: <https://doi.org/10.37699/2308-7005.4.2021.11>
43. Abulezz T. Negative-Pressure Wound Therapy (NPWT) Compared to Conventional Dressing in the Management of Acute Injuries of Extremities. *Egypt J Plast Reconstr Surg.* 2017;41(1):125-30.
44. Joubert C, Sellier A, Morvan J, et al Vacuum-assisted closure (VAC) for craniocerebral wounds in severely injured patients: technical note of a damage control procedure. *BMJ Military Health* 2019;165:e1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jramc-2019-001201>

Received: 01.11.2023

Accepted: 03.14.202

Conflicts of interest: author has no conflict of interest to declare.