

DOI 10.11603/2414-4533.2025.4.15404

УДК 616.748-001.45-089

©П. О. ГЕРАСИМЧУК¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5409-7990>

©Д. В. ОСАДЧУК²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9947-3032>

©Д. Б. ФІРА¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0590-8910>

©А. В. ПАВЛИШИН¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5506-7582>

¹Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна

²КНП «Тернопільська міська комунальна лікарня швидкої допомоги», Тернопіль, Україна

Комплексне лікування вогнепальних поранень м'яких тканин кінцівок із використанням вакуумної терапії

Мета роботи: вивчити доцільність та ефективність використання вакуумної (ВАК) терапії в комплексному лікуванні вогнепальних поранень та мінно-вибухової травми м'яких тканин кінцівок.

Матеріали і методи. Проведено ретроспективний аналіз лікування 172 хворих із рановими дефектами м'яких тканин після вогнепальних / мінно-вибухових поранень упродовж 2022–2025 рр. Контролювали перебіг ранового процесу за допомогою клінічних, цитологічних, мікробіологічних та морфологічних критеріїв за стандартними методиками. Мікрогемодинаміку нижніх кінцівок досліджували методом лазерної доплерівської флоурометрії. Матеріал для морфологічного дослідження отримували шляхом експеційної біопсії. Для проведення ВАК-терапії ран використовували апарат GENADYNE XLR8 Plus (США). Числові результати статистично обробляли за допомогою комп'ютерних програми S-PLUS 2000, Statistica, Excell.

Результати. При використанні ВАК-терапії з $(4,64 \pm 1,27)$ доби розпочиналося активне формування грануляційної тканини, а до $(9,36 \pm 1,13)$ доби ранові дефекти були готові до проведення пластичного закриття. Поряд з цим відмічалася і достовірне зменшення об'єму ранових дефектів ($p < 0,05$). Застосування ВАК-терапії до 6–9-ї доби дозволило зменшити загальну щільність мікроорганізмів нижче критичного рівня, до $(4,12 \pm 0,45)$ lg КУО/г. Починаючи з 3-ї доби ВАК-терапії, відбувалося достовірне поліпшення показників місцевої мікроциркуляції ран. Отримані результати дозволили проводити пластичні етапи закриття рани в 1,5–2 рази швидше, ніж без застосування вищезгаданого методу. Середній термін стаціонарного лікування потерпілих склав $(33,7 \pm 4,6)$ ліжко-дня. 157 (91,3 %) осіб виписали на подальше доліковування в амбулаторних умовах та реабілітацію. 15 (8,7 %) поранених перевели в лікувальні заклади IV рівня.

Висновки. Вакуумна терапія ран є ефективним методом місцевого лікування вогнепальних поранень м'яких тканин, який забезпечує сприятливий вплив на перебіг усіх стадій ранового процесу та дозволяє майже вдвічі скоротити терміни підготовки вогнепальних ран до їх закриття. А, отже, дозволяє зменшити терміни стаціонарного лікування поранених в середньому на $(14,5 \pm 3,1)$ ліжко-дня, що має не тільки медичне, а й соціальне значення.

Ключові слова: бойова травма; негативний тиск; рановий процес.

Постановка проблеми й аналіз останніх досліджень та публікацій. З 2022 р. відбулася ескалація військового конфлікту та розпочалося повномасштабне вторгнення РФ в Україну, що призвело до значного зростання кількості вогнепальних поранень та мінно-вибухових травм кінцівок. У структурі сучасної бойової хірургічної травми вогнепальні поранення кінцівок сягають 48,9 % від усіх поранень м'яких тканин, і саме вони становлять близько 72 % від усіх ушкоджень. Серед означених пацієнтів понад 60 % займають осколкові поранення та ще близько 30 % – вогнепальні, решта – опіки від застосування бойових засобів. Поранення верхніх кінцівок зустрічаються в 42 % поранених, нижніх кінцівок – у 58 %.

Тому питання лікування вогнепальних поранень кінцівок займають чільне місце у військово-польовій хірургії [1–4].

Вогнепальна рана має низку принципових особливостей, від яких залежить подальший перебіг ранового процесу. Вона характеризується значними ураженнями з формуванням великих ранових дефектів складної конфігурації, із дефіцитом м'яких тканин та суттєвим забрудненням рани землею або пилом, частинами одягу пацієнта, відламками сторонніх предметів тощо, з розвитком гнійно-некротичних ускладнень. Особливим видом вогнепального поранення є мінно-вибухова травма, частка якої зросла до 28,24 %. При ній відбуваються множинні й поєднані ураження декіль-

кох анатомічних ділянок з відривом і розтриттям сегментів кінцівок та їх переломами, що супроводжується загальним комоційно-контузійним синдромом і шоком [5, 6].

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 апаратного лікування. Одним із таких методів є терапія ран від'ємним тиском – NPWT (Negative Pressure Wound Therapy), або ВАК-терапія, роль якої обговорюється в комплексному лікуванні вогнепальних поранень. Позитивний багатфакторний вплив NPWT на рану зумовлений: активним дренажуванням рани, ефективним підтриманням вологого ранового середовища, скороченням термінів бактеріальної деконтамінації, видаленням біоплівки та запобігання її утворенню на рановій поверхні, швидким зменшенням інтерстиціального набряку тканин, значним посиленням місцевого кровообігу, стимуляції росту грануляційної тканини, мікро- і макродеформацією тканини ранового ложа, зменшення площі та/або об'єму рани тощо. Це дозволяє ефективно впливати на перебіг ранового процесу, покращуючи результати лікування та зменшуючи його тривалість [7–14].

Розробляються нові модифіковані підходи до проведення ВАК-терапії з використанням безперервної додаткової подачі кисню та зрошення за допомогою окремих трубок, розміщених у рані. Це дозволяє одночасне зрошення рани великими об'ємами (0,5–2,0 л на добу) фізіологічного або антисептичного розчину, що призводить до гідродинамічного очищувального ефекту, або малими об'ємами (25–200 мл на добу) концентрованого розчину антибіотика для досягнення місцевого антибактеріального ефекту надвисокої концентрації [15–21].

Однак, не дивлячись на певні досягнення, в науковій спільноті немає єдиної думки щодо використання ВАК-терапії у лікуванні вогнепальних поранень. Тому це питання потребує свого подальшого вивчення з метою оптимізації диференційованих схем та режимів місцевого лікування вищезначеної патології.

Мета роботи: вивчити доцільність та ефективність використання вакуумної (ВАК) терапії у комплексному лікуванні вогнепальних поранень та мінно-вибухової травми м'яких тканин кінцівок.

Матеріали і методи. Проведено ретроспективний аналіз лікування 172 хворих із рановими дефектами м'яких тканин після вогнепальних /

мінно-вибухових поранень, які перебували на стаціонарному лікуванні у хірургічному відділенні КНП «Тернопільська міська комунальна лікарня швидкої допомоги» (клініка загальної хірургії Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України) упродовж 2022–2025 рр. Клініка надає кваліфіковану медичну допомогу III рівня. Усіх хворих госпіталізовано на лікування після проведення попередніх (від 3 до 5) операційних втручань в інших лікувальних закладах I–III рівнів на етапах медичної евакуації.

Пацієнти були чоловічої статі віком від 25 до 57 років (у середньому (42,6±3,6) року). В 59 (34,3 %) хворих були вогнепальні поранення кінцівок, у 82 (47,7 %) – осколкові поранення, в 31 (18,0 %) хворого ранові дефекти кінцівок після їх ампутацій. У 36 (20,9 %) пацієнтів спостерігали вогнепальні переломи кісток, які були іммобілізовані за допомогою апаратів зовнішньої фіксації. 19 (11,0 %) хворих мали поранення верхніх кінцівок та 153 (89,0 %) – нижніх. Середня площа ранових дефектів склала (164,3±24,8) см².

Залежно від методу місцевого ведення поранених, їх поділили на дві групи – перша група з використанням ВАК-терапії (51 (29,7 %) хворих) та друга – контрольна – 50 (29,1 %) пацієнтів, які лікувалися за класичним методом із використанням пов'язок. Обидві групи були статистично зіставимі за віком, термінами госпіталізації, етіологією, локалізацією і характером поранення, тяжкістю переломів за Gustilo-Anderson, фазністю перебігу ранового процесу ($p>0,05$).

Контролювали перебіг ранового процесу за допомогою клінічних, цитологічних, мікробіологічних та морфологічних критеріїв за стандартними методиками. Планометричне дослідження виконували за методикою Л. Н. Попової. Динаміку росту грануляційної тканини та об'єму ранового дефекту визначали за гідрометричним методом.

Мікрогемодинаміку нижніх кінцівок досліджували за допомогою методу лазерної доплерівської флоурометрії (ЛДФ) з використанням одноканального комп'ютеризованого лазерного аналізатора «ЛАКК-02» у видимій червоній області спектра ($\lambda=630$ нм). ЛДФ-метрію виконували на відстані 1 см від краю, в проксимальній частині рани. Результати досліджень оцінювали за спеціальною комп'ютерною програмою, яка входить до програмного забезпечення апарату та виражається у вигляді графіків та цифрових значень. Визначали середні значення перфузії тканин (показники постійної складової перфузії М, перемінної складової σ , складової коефіцієнта варіації К_v)

та даних Вайвлет-аналізу осциляцій активних і пасивних факторів регуляції мікрокровотоку.

Виготовлення та забарвлення гістологічних препаратів гематоксиліном і еозином здійснювали за загальноприйнятою методикою з наступними світлооптичними дослідженнями. Матеріал для морфологічного дослідження отримували шляхом ексцезійної біопсії під час операційного втручання або при перев'язках.

Усі отримані числові результати статистично обробляли за допомогою комп'ютерних програми S-PLUS 2000, Statistica, Excell, з розрахунком значень t-критерію Стюдента. Результати вважали достовірними при значеннях $p < 0,05$.

Для проведення ВАК-терапії ран використовували апарат для вакуумної терапії GENADYNE XLR8 Plus (США) та оригінальних перев'язувальних наборів до нього, що дозволяло контролювати кількість та характер ранових виділень. ВАК-терапію проводили в постійному режимі з рекомендованим від'ємним робочим тиском 125 мм рт. ст.

Методика моделювання та накладання вакуумної пов'язки залежала від типу, конфігурації, глибини та об'єму ранового дефекту. Останній виповнювався за допомогою стандартної губки, яка входить у комплект для накладання вакуумної пов'язки. При наявності глибоких каналів та кишень вони додатково виповнювалися окремо сформованими губками для забезпечення їх адекватного дренирування. Обов'язковим моментом вважаємо ретельне документування кількості використаної губки для дренирування рани в протоколі операції або перев'язки, що дозволяє запобігти їх залишення в рані у вигляді стороннього тіла. Додатково можна фіксувати матеріали, введені вглибину рани за допомогою окремих лігатур, з виведенням їх назовні, що дозволяє контролювати їх розташування в рані та попереджати їх залишення. Дану інформацію необхідно вказувати після кожної перев'язки (етапного хірургічного втручання). Такий підхід був зумовлений тим, що при проведенні етапних хірургічних обробок у 4 (2,3 %) хворих із залишковими ранами до 2–4 см, які тривалий термін не гоїлися, в глибоких тканинах ран було виявлено та видалено сторонні тіла у вигляді залишених серветок (2 випадки) та губки після ВАК-терапії (2 випадки), що були причинами персистенції інфекційного процесу. Це є рідкісними, але небезпечними ускладненнями, що мають значний вплив на результати лікування [22].

Критеріями припинення ВАК-терапії були ліквідація явищ запального процесу в рані, зменшення набряку м'яких тканин, очищення рани від некротичних тканин, зменшення об'єму рани з

розвитком здорової грануляційної тканини, зменшення виділень з рани на 60–70 % від початкового рівня, зменшення рівня кількості мікроорганізмів нижче критичного числа, що дозволяло ставити питання про подальше пластичне закриття ранового дефекту.

Усім пацієнтам проводили комплексну медикаментозну терапію, спрямовану на ліквідацію порушень, спричинених травмою. Антибактеріальну терапію призначали всім пацієнтам згідно з антибіотикограмою.

Результати. 53 (30,8 %) поранених не потребували виконання операційних втручань і вони лікувалися консервативним шляхом (незначні залишкові ранові дефекти діаметром до 5–6 см).

Операційного лікування потребували 119 (69,2 %) поранених. Основними видами операційних втручань були повторні та вторинні хірургічні обробки, пластичне закриття ранових дефектів, а також ампутації / реампутації кінцівок. Вторинну хірургічну обробку виконували з приводу інфекційних ускладнень вогнепальних поранень (пролонгація гнійно-некротичного процесу, розвиток остеомієліту).

При проведенні хірургічних обробок ми дотримувалися наступних принципів: повноцінне знеболювання, економна хірургічна обробка м'якотканинної рани з видаленням лише остаточно нежиттєздатних тканин, збереження всіх кісткових відламків більше 1–1,5 см, які були пов'язані з тканинами, рясне промивання рани антисептичними розчинами, декомпресія фасціальних футлярів шляхом фасціотомії, стабільно-функціональний остеосинтез переломів апаратами зовнішньої фіксації при наявності вогнепальних переломів. Місцеве лікування ран проводили диференційовано з урахуванням фази ранового процесу та використанням сучасних перев'язувальних матеріалів, розчинів антисептиків, мазей на гідрофільній основі тощо.

У 51 (29,7 %) хворого для місцевого ведення ран використали ВАК-терапію у стандартному рекомендованому режимі при від'ємному тиску в 125 мм рт. ст.

Починаючи з 2–3-ї доби лікування, на тлі ВАК-терапії достовірно зживувався або купірувався больовий синдром ($p < 0,001$), зменшувалися прояви гострого запального процесу (купірування набряку, інфільтрації та гіперемії тканин довкола рани) ($p < 0,05$ – $0,001$). Пацієнти відмічали значне поліпшення загального стану, нормалізацію температури тіла, покращення сну та апетиту, тоді як в контрольних групах ці показники стабілізувалися лише на 5–6-ту доби лікування ($p < 0,05$).

При використанні ВАК-терапії вже з $(4,64 \pm 1,27)$ доби розпочиналося активне формування грануляційної тканини, а до $(9,36 \pm 1,13)$ доби ранові дефекти були готові до проведення пластичного закриття (контрольна група – $(17,15 \pm 2,14)$ доби). Поряд з цим відмічали і достовірне зменшення об'єму ранових дефектів ($p < 0,05$).

При госпіталізації в усіх хворих виявили дегенеративно-запальний або запальний тип цитограм. Вже на 3-ю добу ВАК-терапії у 27,6 % з'являвся регенеративний тип цитограм. На 6-ту добу регенераторний тип цитограм відмічали у 52,1 % (контрольна група – 14,8 %), що дозволяло вже в ці терміни ставити питання про пластичне закриття таких ран. На 9-ту добу відсоток регенераторних типів цитограм склав 79,6 % (контрольна група – 46,1 %). На 14-ту добу регенераторні типи цитограм виявили у 94,8 % (контрольна група – 63,8 %) відповідно ($p < 0,05$).

Також використання ВАК-терапії до 6–9-ї доби дозволило зменшити загальну щільність мікроорганізмів нижче критичного рівня, до $(4,12 \pm 0,45)$ lg КУО/г. Це достовірно менше, ніж в контрольній групі ($(6,38 \pm 0,82)$ lg КУО/г ($p < 0,05$)). Відмітили і значне зменшення мікроорганізмів у рані.

Починаючи з 3-ї доби ВАК-терапії, на тлі зниження набряку м'яких тканин та ознак запального процесу відбувалося достовірне поліпшення показників місцевої мікроциркуляції ран, що сприятливо впливало на регенераторні процеси у рані. В контрольній групі позитивна динаміка місцевої мікроциркуляції розпочиналася з 6–7-ї доби, сягаючи нормалізації показників на 10–11-ту добу, і в подальшому вони утримувалися на цих величинах ($p < 0,05$ – $0,001$).

Морфологічні дослідження м'яких тканин із ділянок ран на тлі ВАК-терапії дозволило на 5-ту добу констатувати морфологічні зміни в тканинах, які свідчили про перехід ранового процесу з фази запалення у фазу проліферації. Це дозволяє вже в ці терміни проводити пластичне закриття ран. На 9-ту добу використання ВАК-терапії формувалася масив грануляційної тканини, морфологічна картина якої на цьому терміні відповідала змінам, які спостерігали ми у хворих із групи порівняння на 15–17 добу лікування ($p < 0,05$).

Отримані дані свідчать про значне поліпшення перебігу ранового процесу при комплексному лікуванні з використанням методу ВАК-терапії, що дозволило проводити пластичні етапи закриття рани в 1,5–2 рази швидше, ніж без застосування методу.

Однак у 3 (5,9 %) хворих на тлі проведення ВАК-терапії виявили пролонгацію патологічного

процесу з розвитком анаеробної неклостридіальної інфекції м'яких тканин. Це зумовило відмову від подальшого використання цього методу лікування у даних хворих із проведенням наступних етапних хірургічних обробок та веденням ран за принципами місцевого лікування даного виду інфекції.

Надалі ранові дефекти у 87-ми поранених в різні терміни були закриті шляхом проведення автодермопластики вільними шкірними клаптями (47 (54,0 %) хворих), закриттям місцевими тканинами (21 (24,1 %) пацієнт), комбінований метод шкірнопластичних операцій (19 (21,9 %) осіб).

15 (8,7 %) хворих, які потребували проведення складних пластик із використанням переміщених повношарових клаптів на живильних ніжках, або подальшого лікування складних вогнепальних переломів, судинної реконструкції або відновлення нервів, після стабілізації ранового процесу, перевели на подальше лікування в заклади IV рівня надання медичної допомоги.

Обговорення. На основі аналізу лікування такої незначної кількості ізольованих вогнепальних поранень м'яких тканин кінцівок неможливо зробити якісь кардинальні висновки. Але навіть така робота дозволила акцентувати увагу на цілому ряді проблемних питань, які потребують свого вирішення.

Практично усі високі ампутації кінцівок на рівні проксимальних відділів (стегна, плеча) зумовлені розвитком турнікетного синдрому, внаслідок тривалого перебування турнікету (6–8 год) на кінцівці. Це можна пояснити неможливістю проведення евакуації пораненого з місця отримання травми (бойові дії) та забезпечення подальшої евакуації. Однак необхідно вирішувати питання тактичних підходів та забезпечення конверсії турнікету в найкоротші можливі терміни з метою збереження кінцівки.

На етапах медичної евакуації, до моменту госпіталізації у клініку, поранені проходили попереднє лікування у 3–5 медичних закладах I–III рівнів надання медичної допомоги зі змінами лікувальних бригад та тактики лікування. Безумовно, така часта зміна лікарів із різними рівнями підготовки та підходами до лікування не сприяють покращенню його результатів.

У 15 (8,7 %) хворих в ході попереднього тривалого етапного лікування тяжких травм кінцівок (у середньому $(82,7 \pm 7,4)$ ліжко-дня) з травматичними ампутаціями нижніх кінцівок сформувалися патологічні кукси або не функціональні кінцівки. Це підіймає ще одну проблему, а саме, постановку своєчасних показань до проведення ампутацій

кінцівки на ранніх етапах лікування з урахуванням тяжкості ушкодження та методично правильного його проведення, з метою подальшого функціонального протезування. Початкові тактичні підходи в лікуванні цього контингенту поранених спрямовані на максимальне збереження довжини кінцівки, що не у всіх випадках є обґрунтованим. Тривале, безперспективне та неадекватне лікування призводить до формування патологічних кукс або не функціональних кінцівок, які й надалі потребуватимуть проведення ампутації або реампутації. Необґрунтоване затягування проведення ампутацій / реампутацій кінцівки, з обіцянками її збереження, значно затягує терміни лікування, виснажуючи хворого, впливає на психоемоційний стан пораненого, вимагає витрати надлишкових коштів. Все це створює певні проблеми та лягає тягарем на систему охорони здоров'я держави. Ці ж питання виникають і у випадках вогнепальних переломів кісток зі значними дефектами кісткової тканини, особливо, коли процес ускладнюється розвитком остеомієліту. Невизначеність у тактиці ведення таких поранених потребує розробки чітких диференційованих показань, схем та методик виконання первинних ампутацій кінцівок з урахуванням тяжкості ушкодження м'яких тканин та кісткового скелета кінцівок. Це дозволить уникнути неефективного етапного лікування поранених та значно скоротити терміни їх одужання та реабілітації.

Ми виконали 3 (1,7 %) первинні ампутації кінцівок унаслідок неефективності проведеного попереднього лікування та 15 (8,7 %) реампутацій з метою формування функціонально вигідних кукс для подальшого протезування.

Підсумовуючи вищенаведений матеріал, хочемо відмітити, що середній термін стаціонарного лікування поранених у нашій клініці склав $(33,7 \pm 4,6)$ ліжко-дня. 157 (91,3 %) хворих виписали після загоєння ранових дефектів та ампутаційних кукс на подальше доліковування в амбулаторних умовах та реабілітацію. 15 (8,7 %) поранених для продовження висококваліфікованого та спеціалізованого лікування перевели в лікувальні заклади IV рівня. Жоден з поранених у клініці на тлі проведеного лікування не помер.

Висновки. 1. Багатоетапна, ступінчаста тактика диференційованого лікування вогнепальних поранень дозволяє надавати відповідний об'єм медичної допомоги на етапах евакуації, що значно поліпшує його результати та подальшу реабілітацію поранених.

2. Вакуумна терапія ран є достатньо ефективним методом місцевого лікування вогнепальних поранень м'яких тканин, що забезпечує сприятливий вплив на перебіг усіх стадій ранового процесу та дозволяє майже вдвічі скоротити терміни підготовки вогнепальних ран до їх закриття одним із методів пластичної хірургії. За допомогою ВАК-терапії можна зменшити терміни стаціонарного лікування поранених у середньому на $(14,5 \pm 3,1)$ ліжко-дня, що має не тільки медичне, а й соціальне значення.

3. Критичними проблемами при багатоетапному лікуванні вогнепальних поранень кінцівок, які потребують свого вирішення, необхідно вважати: відсутність загальноприйнятих протоколів та стандартів лікування вогнепальних поранень на різних етапах медичної евакуації; недостатня обізнаність та підготовка лікарів щодо специфіки лікування вогнепальних поранень; недостатнє оформлення медичної документації та несвоєчасне її передавання на наступні етапи лікування; залишення у рані в якості сторонніх тіл перев'язувального матеріалу або губки, яка «губиться» при етапному лікуванні різними бригадами лікарів за відсутності відповідної інформації.

4. Є необхідність у розробці диференційованих показань до проведення первинних ампутацій / реампутацій кінцівок з урахуванням тяжкості бойової травми та перспективності подальшого її лікування на етапах медичної евакуації.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Власні кошти авторів.

Внесок авторів. Герасимчук П. О. – ідея та дизайн дослідження, написання тексту. Осадчук Д. В., Фіра Д. Б., Павлишин А. В. – огляд літератури, збір клінічного матеріалу, обробка матеріалу, написання тексту, підготовка до друку.

Перспективи подальших досліджень. З метою повного та детального аналізу бойової травми за період війни необхідно створити єдиний Всеукраїнський електронний реєстр поранених, зібравши в ньому дані з усіх лікувальних закладів за розробленою формою. Це дасть змогу об'єктивно оцінити загальний характер бойової травми за напрямками та етапністю її лікування. На основі отриманих даних з'явиться можливість розробити / модифікувати / удосконалити комплексні схеми, протоколи, стандарти надання медичної допомоги пораненим на етапах медичної евакуації.

REFERENCES

1. Khomenko IP, Humeniuk KV, Korol SO, Tsema YeV, Mykhailusov RM, Maidaniuk VP, Tertyshnyi SV, Popova OM. Vyznachennia providnogo vydu urazhen viiskovosluzhbovtziv u suchasnykh viiskovykh konfliktakh [Determining the leading type of injuries to military personnel in modern military conflicts]. *Kharkivska khirurhichna shkola*. 2021; 2(107):128-33. DOI: 10.37699/2308-7005.2.2021.23. Ukrainian.
2. Zarutskyi YaL, editor. Viiskovo-polova khirurhiia [Military field surgery]. Odesa: ON Med U; 2016. 415. Ukrainian.
3. Kochin IV. Osoblyvosti medyko-sanitarnykh vtrat i orhanizatsii ekstrenoi medychnoi dopomohy naselenniu ta viiskovosluzhbovtziv v zoni provedennia antyterorystychnoi operatsii [Features of medical and sanitary losses and the organization of emergency medical assistance to the population and military personnel in the area of the anti-terrorist operation]. *Medytsyna nevidkladnykh staniv*. 2015; 6(69):44-51. DOI: 10.22141/2224-0586.6.69.2015.78653. Ukrainian.
4. Trykhlil VI, Duda OK, Maidaniuk VP, Tkachuk SI. Struktura boiovoi travmy zalezho vid kharakteru urazhuvalnykh faktoriv pid chas deiakykh suchasnykh lokalnykh viin, viiskovykh konfliktiv (ohliad literatury) [Structure of combat trauma depending on the nature of the damaging factors during some modern local wars and military conflicts (literature review)]. *Simeina medytsyna*. 2015; 4:63-70. Ukrainian.
5. Trykhlil VI, Duda OK, Maidaniuk VP, Tkachuk SI, Zavrotskyi OI. Osoblyvosti vohnepalnykh i minno-vybukhovnykh poranen (ohliad literatury) [Features of gunshot and mine-explosive injuries (literature review)]. *Zdorovia suspilstva*. 2015; 4(1-2):48-58. DOI: 10.22141/2306-2436.4.1-2.2015.121492. Ukrainian.
6. Shvets AV, Horishna OV, Deputat YuM, Rychka OV, Zhaldak AYU, Kikh AYU. Prohnostychna otsinka potreby u medychnii reabilitatsii viiskovosluzhbovtziv Zbroinykh Syl Ukrainy na osnovi danykh struktury yikh boiovoi travmy [Prognostic assessment of the need for medical rehabilitation of military personnel of the Armed Forces of Ukraine based on data on the structure of their combat trauma]. *Ukrainskyi zhurnal viiskovoi medytsyny*. 2022; 3(3):110-17. DOI: 10.46847/ujmm.2022.3(3)-110. Ukrainian.
7. Kunze KN, Hamid KS, Lee S, Halvorson JJ, Earhart JS, Bohl DD. Negative-pressure wound therapy in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int*. 2020; 41(3):364-72. DOI: 10.1177/1071100719892962.
8. 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: 10.1080/17434440.2020.1714434.
9. Strafun SS, Kurinnyi IM, Borzykh NO, Tsymbaliuk YaV, Shypunov VH. Taktika khirurhichnogo likuvannia poranenykh iz vohnepalnomy travmamy verkhnoi kintsivky v suchasnykh umovakh [Tactics of surgical treatment of wounded with gunshot injuries of the upper limb in modern conditions]. *Visnyk ortopedii, travmatologii ta protezuvannia*. 2021; 2:10-17. DOI: 10.37647/0132-2486-2021-109-2-10-17. Ukrainian.
10. Maurya S, Srinath N, Bhandari PS. Negative pressure wound therapy in the management of mine blast injuries of lower limbs: lessons learnt at a tertiary care center. *Med J Armed Forces India*. 2017 Oct; 73(4):321-27. DOI: 10.1016/j.mjafi.2016.06.002.
11. Parkhomenko KIu, Tsivenko OI, Shmorhun VV, Briukhanova TO. Suchasnyi pohliad ta perspektyvy zastosuvannia vakuum-terapii u kompleksnomu likuvanni vohnepalnykh ran (ohliad literatury) [Modern view and prospects of the use of vacuum therapy in the complex treatment of gunshot wounds (literature review)]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya «Medytsyna»*. 2023; 46:89–100. DOI: 10.26565/2313-6693-2023-46-10. Ukrainian.
12. Khaida YuI, Muradian KR, Petrushenko SV, Herasymenko OS, Okolets AV. Dosvid vykorystannia NPWT-terapii v likuvanni boiovykh travm miakyykh tkany kintsivok ta tila [Experience in using NPWT therapy in the treatment of combat injuries of soft tissues of the limbs and body]. *Kharkivska khirurhichna shkola*. 2021; 4:56-60. DOI: 10.37699/2308-7005.4.2021.11. Ukrainian.
13. Salaida IM. VAC-terapiia u kompleksnomu khirurhichnomu likuvanni ta reabilitatsii kombataniv iz vohnepalnomy poranenniamy riznoho henezu ta lokalizatsii [VAC therapy in complex surgical treatment and rehabilitation of combatants with gunshot wounds of various genesis and localization]. *Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny*. 2024; 3:13-18. DOI: 10.11603/1811-2471.2024.v.i3.14896. Ukrainian.
14. Formanchuk AM, Shaprynskyi VO, Dmytryshin SP, Hnatiyk YP, Moskaliuk OV, Vozniuk TO, Formanchuk TV. Treatment of combat gunshot shrapnel trauma of large defects of the soft tissues of the lower extremities with plastic surgery in combination with vacuum assisted wound closure (VAC). *Wiad Lek*. 2023; 76(5 pt 2):1167-172. DOI: 10.36740/WLek202305205.
15. Topaz M, Ashkenazi I, Barzel O, Biswas S, Atar D, Shadmi N, Siev-Ner I. Minimizing treatment complexity of combat-related soft tissue injuries using a dedicated tension relief system and negative pressure therapy augmented by high-dose *in situ* antibiotic therapy and oxygen delivery: a retrospective study. *Burns & Trauma*. 2021; 9:tkab007. DOI: 10.1093/burnst/tkab007.
16. Yassin AM, Mohamed M, Dirar M, Ahmed M, Elsir K, Alhadi A. Modified intermittent low negative pressure wound therapy for complex injuries: A case series. *International Journal of Surgery Case Reports*. 2024; 116:109356. DOI: 10.1016/j.ijscr.2024.109356.
17. Filip SS, Skrypynets YuP, Slyvka RM, Rosul MV, Ilko AV. Kompleksne likuvannia vohnepalnykh ran iz zastosuvanniam vakuum-terapii ta preparativ tekhnomolekuliarnoho sribla [Comprehensive treatment of gunshot wounds using vacuum therapy and technomolecular silver preparations]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu, seriya «Medytsyna»*. 2022; 2(66):34-7. DOI: 10.32782/2415-8127.2022.66.6. Ukrainian.
18. Biermann N, Geissler EK, Brix E, Schiltz D, Prantl L, Kehrer A, Taeger CD. Oxygen levels during negative pressure wound therapy. *Journal of Tissue Viability*. 2019 Nov; 28(4):223-26. DOI: 10.1016/j.jtv.2019.09.001.
19. Motiei M, Sadan T, Zilony N, Topaz G, Popovtzer R, Topaz M. Gold nanoparticles for tracking bacteria clearance by regulated irrigation and negative pressure-assisted wound therapy. *Nanomedicine (Lond)*. 2018 Aug; 13(15):1835-1945. DOI: 10.2217/nnm-2018-0053.
20. Saeg F, Schoenbrunner AR, Janis JE. Evidence-Based Wound Irrigation: Separating Fact from Fiction. *Plast Reconstr Surg*. 2021 Oct; 148(4):601e-614e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000008331.
21. Shaprynskyi VO, Verba AV, Shaprynskyi YeV, Fomin OO, Fomina NS. Osoblyvosti likuvannia hniino-zapalnykh uskladnen pry vohnepalnykh poranenniakh kintsivok [Features of the treatment of purulent-inflammatory complications in gunshot wounds of the extremities]. *Kharkivska khirurhichna shkola*. 2021; 2(107):121-27. DOI: 10.37699/2308-7005.2.2021.22. Ukrainian.

22. Anagnostakos K, Thiery A, Sahan I. Retained Negative Persistence. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2021 Dec; 10(12):699-710. DOI: 10.1089/wound.2019.1088.

Отримано 10.06.2025

Електронна адреса для листування: gerasymchuk@tdmu.edu.ua

P. O. GERASYMCHUK¹, D. V. OSADCHUK², D. B. FIRA¹, A. V. PAVLYSHYN¹

¹*I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine*

²*Municipal Non-Profit Organization "Ternopil City Municipal Emergency Hospital", Ternopil, Ukraine*

COMPREHENSIVE TREATMENT OF GUNSHOT INJURIES OF SOFT TISSUES OF THE LIMBS USING VACUUM THERAPY

The aim of the work: to study the feasibility and effectiveness of using VAC therapy in the complex treatment of gunshot and mine-explosive soft tissues injuries of the limbs.

Materials and Methods. A retrospective analysis of the treatment of 172 patients with wound defects after gunshot/mine-explosive soft tissues injuries during 2022–2025 was conducted. The wound process was monitored using clinical, cytological, microbiological and morphological criteria according to standard methods. The microhemodynamics of the lower extremities were studied by laser Doppler fluorometry. Material for morphological research was obtained by excisional biopsy. GENADYNE XLR8 Plus device (USA) was used for VAC wound therapy. Numerical results were statistically processed using computer programs S-PLUS 2000, STATISTICA, Excell.

Results. When using VAC therapy, active formation of granulation tissue began after (4.64 ± 1.27) days, and by (9.36 ± 1.13) days, wound defects were ready for plastic closure. Along with this, a significant reduction in the volume of wound defects was also noted ($p < 0.05$). The use of VAC therapy until the 6th-9th day allowed to reduce the total density of microorganisms below the critical level, to (4.12 ± 0.45) lg CFU/g. Starting from the 3rd day of VAC therapy, there was a significant improvement in local wound microcirculation. The obtained results made it possible to carry out plastic stages of wound closure 1.5–2 times faster than without using the above-mentioned method. The average term of treatment of the wounded in hospital was (33.7 ± 4.6) bed-days. 157 (91.3 %) of the wounded were discharged for further treatment in ambulatory conditions and rehabilitation. 15 (8.7 %) of the wounded were transferred to the medical institutions of the level IV.

Conclusions. Vacuum wound therapy is an effective method of local treatment of gunshot wounds of soft tissues, which provides a beneficial effect on the course of all stages of the wound process, and allows to almost halve the time it takes to prepare gunshot wounds for their closure. Therefore, it allows to reduce the duration of treatment of the wounded in hospital by an average of (14.5 ± 3.1) bed-days, which has not only medical but also social significance.

Key words: combat trauma; negative pressure; wound process.

Відомості про авторів

Герасимчук П. О. – доктор медичних наук, професор кафедри загальної хірургії закладу вищої освіти, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна, e-mail: gerasymchuk@tdmu.edu.ua.

Осадчук Д. В. – завідувач хірургічного відділення КНП «Тернопільська міська комунальна лікарня швидкої допомоги» кандидат медичних наук, доцент кафедри загальної хірургії закладу вищої освіти, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна, e-mail: osadchuk@tdmu.edu.ua.

Фіра Д. Б. – кандидат медичних наук, доцент кафедри загальної хірургії закладу вищої освіти, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна, e-mail: firadb@tdmu.edu.ua.

Павлишин А. В. – кандидат медичних наук, доцент кафедри загальної хірургії закладу вищої освіти, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, Тернопіль, Україна, e-mail: pavlyshynav@tdmu.edu.ua.

Information about authors

Gerasymchuk P. O. – DSc (Medicine), Professor of the Department of General Surgery, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: gerasymchuk@tdmu.edu.ua.

Osadchuk D. V. – PhD (Medicine), Associate Professor of the department of General Surgery I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Head of the Surgical Department Ternopil City Municipal Emergency Hospital, Ternopil, Ukraine, e-mail: osadchuk@tdmu.edu.ua.

Fira D. B. – PhD (Medicine), Associate Professor of the Department of General Surgery I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: firadb@tdmu.edu.ua.

Pavlyshyn A. V. – PhD (Medicine), Associate Professor of the Department of General Surgery I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: pavlyshynav@tdmu.edu.ua.