

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 1223 (26.01.2017).  
1223 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author(s) 2017;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 02.02.2017. Revised 24.02.2017. Accepted: 27.02.2017.

UDK 617-001.45-002.3-089

## MECHANOTRANSDUCTION USE IN GUNSHOT WOUNDS COMPLEX TREATMENT

I. P. Khomenko<sup>1</sup>, S. V. Tertyshny<sup>2,3</sup>, O. S. Gerasimenko<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Main Military Clinical Hospital Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv

<sup>2</sup>Military-Medical Clinical Centre of the Southern Region, Odessa

<sup>3</sup>Odessa National Medical University, Odessa

e-mail: [drug2008@ukr.net](mailto:drug2008@ukr.net); gerasimenkoos@ukr.net

### Abstract

New effective methods of extremities gunshot wounds treatment development has acquired a great importance because of military operations on the territory of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine. The development of the technological process in medical practice and personal experience allowed to develop an original approach in such patients treatment. The simultaneous use of different physical factors in extremities gunshot wounds treatment allowed us to obtain good results. The principle of mechanotransduction was used as a basis for our method: simultaneous application on the wound surface with inflammation after wound injury of debridement (primary and in some cases secondary wound surgical treatment), ultrasound (cavitation - preparation period), negative pressure (use of VAK system) and hyperbaric oxygenation. An individual algorithm of actions is developed. The efficacy of the extremities gunshot wounds treatment original method is confirmed by faster wound surface healing and the absence of complications.

Application of the integrated approach in the treatment of gunshot wounds of the limbs allowed to reduce the risk of complications due to the reduction of bacterial contamination, to limit, "stop" the process of suppuration and gave a powerful increase in granulation tissue. The obtained data convincingly testify in favor of the method of autodermoplastics, which we used.

**Key words:** gunshot wounds, physical factors, granulation tissue, angiogenesis, efficacy of treatment.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МЕХАНОТРАНСДУКЦИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ РАНЫ**

**И. П. Хоменко<sup>1</sup>, С. В. Тертишний<sup>2,3</sup>, О. С. Герасименко<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Главный военный клинический госпиталь МО Украины, г. Киев

<sup>2</sup>Военно-медицинский клинический центр Южного региона, г. Одесса

<sup>3</sup>Одесский национальный медицинский университет, г. Одесса

### **Резюме**

В связи с ведением боевых действий на территории Донецкой и Луганской областей Украины важное значение приобрела разработка новых эффективных методик лечения огнестрельных ран конечностей. Развитие технологического процесса в медицинской практике и личный опыт позволило разработать оригинальный подход к лечению таких пациентов. Одномоментное использование разных по характеру и природе физических факторов в лечении огнестрельных ран конечностей позволило нам получить хорошие результаты. В основу нашего метода мы внесли принцип механотрансдукции: применили одновременное воздействие на поверхность раны с воспалением после ранения дебридмента (первичная и в некоторых случаях повторная хирургическая обработка раны), ультразвука (кавитация – подготовительный период), отрицательного давления (использование ВАК системы) и гипербарической оксигенации. Разработан индивидуальный алгоритм действий. Эффективность оригинального метода лечения огнестрельных ран конечностей подтверждается более быстрым заживлением раневой поверхности и отсутствием осложнений.

Применение комплексного подхода при лечении огнестрельных ран конечностей позволило уменьшить риск развития осложнений за счет снижения бактериальной

загрязненности, ограничить, "остановить" процесс нагноения и дало мощный рост грануляционной ткани. Полученные данные убедительно свидетельствуют в пользу методики аутодермопластики, которую мы применяли.

**Ключевые слова:** огнестрельные раны, физические факторы, грануляционная ткань, ангиогенез, эффективность лечения.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МЕХАНОТРАНСДУКЦІЇ ПРИ КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ВОГНЕПАЛЬНОЇ РАНИ**

**І. П. Хоменко<sup>1</sup>, С. В. Тертишний<sup>2,3</sup>, О. С. Герасименко<sup>2,3</sup>**

**<sup>1</sup>Головний військовий клінічний госпіталь МО України, м. Київ**

**<sup>2</sup>Військово-медичний клінічний центр Південного регіону, м. Одеса**

**<sup>3</sup>Одеський національний медичний університет, м. Одеса**

### **Резюме**

У зв'язку з веденням бойових дій на території Донецької та Луганської областей України важливе значення набула розробка нових ефективних методик лікування вогнепальних ран кінцівок. Розвиток технологічного процесу в медичній практиці і особистий досвід дозволили розробити оригінальний підхід до лікування таких пацієнтів. Одночасне використання різних за характером і природою фізичних чинників у лікуванні вогнепальних ран кінцівок дозволило нам отримати хороші результати. В основу нашого методу ми внесли принцип механотрансдукції: застосували одночасний вплив на поверхню рани із запаленням після поранення дебридмента (первинна і в деяких випадках повторна хірургічна обробка рани), ультразвуку (кавітація - підготовчий період), негативного тиску (використання ВАК системи) і гіпербаричної оксигенації. Розроблено індивідуальний алгоритм дій. Ефективність оригінального методу лікування вогнепальних ран кінцівок підтверджується більш швидким загоєнням поверхні рани і відсутністю ускладнень.

Застосування комплексного підходу при лікуванні вогнепальних ран кінцівок дозволило зменшити ризик розвитку ускладнень за рахунок зниження бактерійної забрудненості, обмежити, "зупинити" процес нагноєння і дало потужне зростання грануляційної тканини. Отримані дані переконливо свідчать на користь методики аутодермопластики, яку ми застосовували.

**Ключові слова: вогнепальні рани, фізичні чинники, грануляційна тканина, ангіогенез, ефективність лікування.**

**Вступ.** Проблема лікування вогнепальних поранень кінцівок займає провідне місце протягом значної за терміном історії військово-польової хірургії, а також є надзвичайно важливою в сучасних умовах ведення бойових дій на східній території України [1]. Успіхи практичної медицини і фундаментальних галузей медичної науки не знизили актуальність проблеми вогнепальних лікувань кінцівок [2, 3]. Складність клінічного стану хворих при лікуванні вогнепальних ушкоджень кінцівок полягає у виникненні великих пошкоджень тканин, викликаних, перш за все, високою кінетичної енергією і особливостями балістики сучасних куль, що дозволяє їм при зіткненні з м'якими тканинами організму відхилятися від траєкторії польоту і викликати значні пошкодження м'яких тканин, які можна порівняти за тяжкості з осколковими пораненнями [4-6].

Актуальність обраного нами для дослідження напрямку пояснюється високими показниками летальності внаслідок вогнепальних поранень на полі бою і на етапах медичної реабілітації [1]. У перші хвилини і години, коли «запускається» комплексна запальна і захисно-компенсаторна реакція організму у відповідь на дію альтеруючого чинника, важливе значення для розвитку процесу загоєння вогнепальної рани має хірургічна допомога [3]. З фундаментальної точки зору йдеться про усунення (або про прискорену ліквідацію) флогогенного середовища, що має, по-перше, прискорити, а, по-друге, зробити ефективнішим процеси виходу запальної реакції. При відсутності можливості виконання хірургічної обробки рани безпосередньо після поранення з високою часткою ймовірності у пацієнтів розвивається нагноєння пошкодженої структури з обтяженням клінічного стану і з негативним прогнозом для подальшого перебігу репаративного процесу [7].

Оскільки кульові поранення кінцівок «запускають» процес невід'ємної запальної реакції [4], ми виходили з необхідності полегшити в даних умовах процес саногенезу. Останнє здається неможливим без комплексного впливу на комплекс м'яких тканин, які представляють собою осередок запалення. Відомо, що зміна внутрішньоклітинного середовища є невід'ємною частиною саногенетичних механізмів, маніфестація яких є ґрунтом відповідної реакції організму на альтеруючі чинники. З урахуванням особистого досвіду і загальнотеоретичних знань про патогенез запальної реакції ми вважаємо за доцільне застосувати наступні комплексні дії в осередку ушкодження у

пацієнтів з вогнепальними пораненнями кінцівок: хірургічну обробку рани, ультразвукову кавітацію, використання імпульсного негативного тиску й гіпербаричної оксигенації. Ми вважаємо, що в такому випадку при комплексному впливі фізичних чинників на осередок запалення можливим буде *більш швидке і ефективне* досягнення лікувального ефекту.

**Мета роботи** - дослідження ефективності лікування хворих з вогнепальними пораненнями кінцівок в разі застосування оригінального алгоритму комплексного лікування у вигляді поєднання первинної хірургічної обробки і фізичного впливу на осередок ушкодження. Для досягнення мети роботи, додатково до серій клінічних спостережень, були застосовані морфологічні дослідження шматочків тканин із ділянок ранової поверхні.

**Матеріал і методи.** Протягом 2015-2017 р.р. у відділенні хірургічної інфекції ВМКЦ ПР нами було проліковано 80 пацієнтів з вогнепальними лікуваннями кінцівок та м'яких тканин. Приведений ретроспективний аналіз ефективності лікування залежно від використаної тактики. Хворі були розділені на 2 групи: першу групу склали 50 чоловік (62.5%), яким була застосована оригінальна методика лікування вогнепальних поранень кінцівок. Хворим другої групи (30 пацієнтів, 37.5%) в силу бойових умов, що склалися, неможливості надання негайної хірургічної допомоги, тривалій евакуації та ін. були застосовані традиційні методи переважно хірургічного лікування вогнепальних поранень кінцівок без використання методики фізичної дії.

Хворим 1-ої групи ми здійснювали одномоментне використання дебридмента (первинної і в деяких випадках повторної хірургічної обробки рани), ультразвуку (кавітація - апарат фірми "Зеринг" - Сонако 180), негативного тиск (використання ВАК системи фірми "Хеако НІ 32С", імпульсний режим, показники тиску в діапазоні від - 125 мм.рт.ст. до 145 мм.рт.ст., максимум на 48 год) і гіпербаричної оксигенації 2,2 АТМ (за наявності ВАК-пов'язки сеанси по 45 мін через добу, на протязі 5 днів). Повторна хірургічна обробка здійснювалася при знятті ВАК-пов'язки на 3-и добу (від моменту початку лікування поранених військовослужбовців, що поступили у ВМКЦ ПР) і доповнювалася обробкою ранової поверхні розчином натрію гідрокарбонату (200 мл) впродовж 15 мін і сеансом гіпербаричної оксигенації (25 мін). Після цього повторно встановлювали ВАК-систему на три доби.

Критеріями ефективності запропонованого способу лікування були клінічний стан пацієнтів, місцевий стан осередку ураження, морфологічне дослідження тканин в осередку ураження, показники імунологічного дослідження тканин в осередку

ураження на предмет зміни активності синтетичних процесів і вираженості процесів синтезу цитокінів чинників зростання, а також тривалість та ефективність комплексного лікування.

### **Результати і обговорення**

#### *1. Результати морфологічних досліджень.*

При морфологічному дослідженні ранової поверхні поранених військовослужбовців контрольної групи спостереження в полі зору мікроскопу розрізнялися хаотично розташовані колагенові волокна з осередками помірної клітинної інфільтрації (Рис. 1). Дефект серозної і м'язової оболонки в ділянці рани виповнений грубоволокнистою сполучною тканиною, в якій колагенові волокна розташовані в основній речовині, клітинних елементів сполучної тканини обмаль. Додатково до цього, вираженість клітинної інфільтрації фібробластами є незначною.

Морфологічні дослідження ранової поверхні у пацієнтів 1-ї групи виявили підвищення кількості еритроцитів в одиниці об'єму крові (Рис. 2), істотне збільшення числа фібробластів з наявністю у них потовщених тіл в порівнянні з їх початковою подовженою біполярною формою (Рис. 3).

При забарвленні гематоксиліном і еозином в ділянці рани внаслідок застосованого комплексного лікування відзначається виражена клітинна інфільтрація, активна проліферація молодих мезенхімальних елементів і новоутворення судин, що також свідчить про активацію репаративних процесів (Рис. 4).

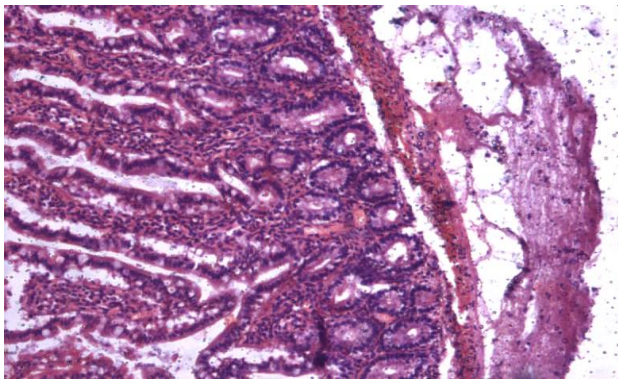


Рис. 1 Грубоволокниста сполучна тканина з островковим розташуванням колагенових волокон з осередками помірної клітинної інфільтрації. Забарвлення - гематоксилін і еозин. Збільшення x200.

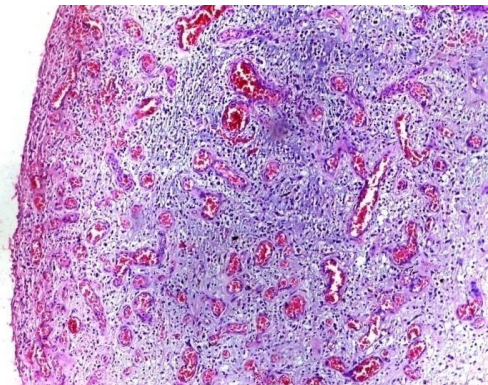


Рис. 2. Виражена гіперемія (збільшення кількості еритроцитів) в області рани. Забарвлення - гематоксилін і еозин. Збільшення x200.



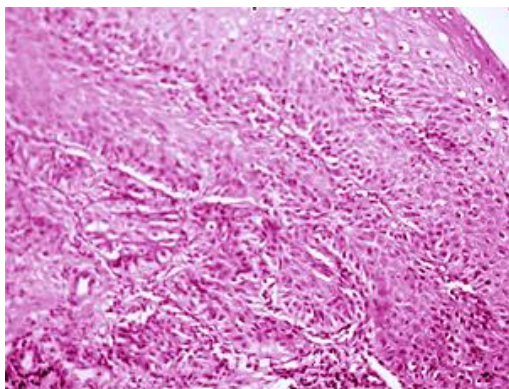


Рис. 3. Збільшення числа фібробластів в області рани. Забарвлення - гематоксилін і еозин. Збільшення x 200.

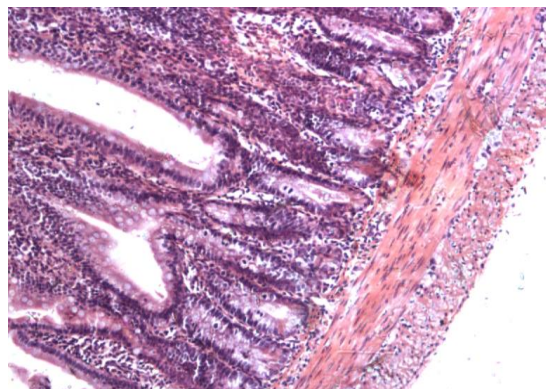


Рис. 4. Виражена клітинна інфільтрація та проліферація молодих мезенхімальних елементів в ділянці рани. Забарвлення - гематоксилін і еозин. Збільшення x200.

Після лікування спостерігалися також щільні актинові кіркові структури. Ці результати відповідають даним, в яких показано, що негативний тиск позитивно впливає на фібробластную енергетику: при цьому підвищуються енергетичний заряд клітини, співвідношення аденозинтрифосфат/ аденозиндифосфат і рівні цитохрому С-оксидази. Вважаємо, що спостережуване збільшення енергетичного статусу було пов'язане з біосинтетичними процесами, спрямованими на загоєння.

Додатково до цього в рані активно формується процес ангіогенезу (Рис. 5). Місце, де раніше був виявлений дефект, містить значну кількість новоутворених капілярів та щільно інфільтровано лімфогістіоцитарними елементами (Рис. 6).

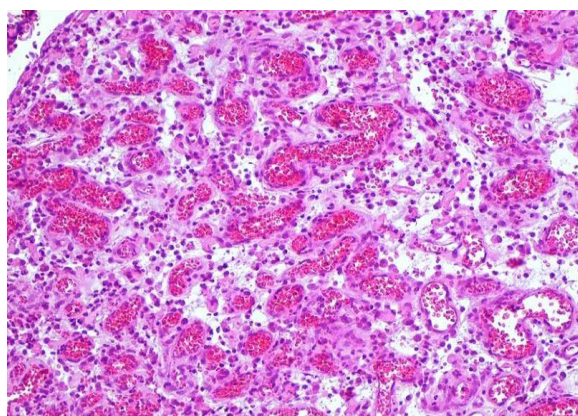


Рис. 5. Збільшення кількості нових капілярів в новій грануляційній рані. Забарвлення - гематоксилін і еозин. Збільшення. x 200.

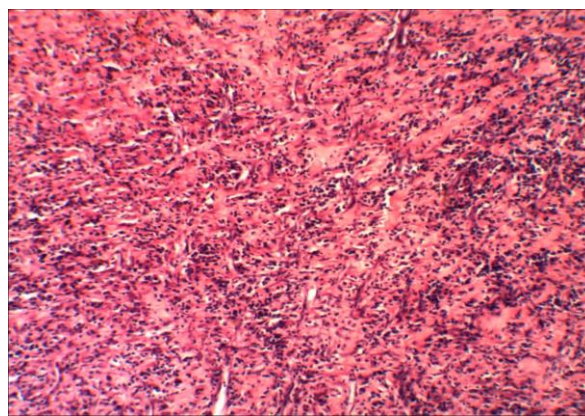


Рис. 6 Ангіонеогенез та нейтрофільна інфільтрація в новій грануляційній тканині. Забарвлення - гематоксилін-еозин. Збільшення x 200.

Вказане місце дифузно інфільтровано круглоклітинними інфільтратами. Судини, які там розташовані, - розширені, повнокровні; виявлена периваскулярна лейкоцитарна інфільтрація тканин.

Виявлено збільшення концентрації чинників зростання нерва-бета (TGF - $\beta$ ) і тромбоцитарних чинників, зростання  $\alpha$  і  $\beta$  внаслідок комплексного застосування ГБО, ультразвуку і тиску нижче атмосферного з сітчастою губкою (відкритими осередками). Активність відмічених вище чинників зростання важлива у формуванні грануляційної тканини пошкодженої структури, оскільки вони регулюють синтез колагену і збільшують концентрацію основної речовини сполучної тканини - глікозаміногліканів і фібронектинів у фібробластах.

Через 48 год після комплексної дії на нагніваючу вогнепальну рану клітини збільшують свою функцію у вигляді синтезу чинника зростання фібробластів, колагену типу  $\alpha_1$  і експресію РНК-месенджера актину- $\alpha_2$  гладких м'язів. Морфологічні і біохімічні зміни фібробластів, підданих комплексній фізичній дії, показали збільшення активності клітин у вигляді потовщення веретеноподібних тіл, а також щільності кіркових структур актина. Ці результати показали, що запропонований алгоритм лікування позитивно впливає на енергетичний статус клітини, стимулюючи клітинні процеси, пов'язані із загоєнням ран.

У пацієнтів 1-ї групи рану через 2-3 діб ушивали первинним відстроченим швом, епітелізація відзначалася в середньому через 5-6 діб. У усіх хворих 1-ї групи загоєння ранової ділянки пройшло без ускладнень. Випадків повторної хірургічної обробки рани не було. У 9 (25.7%) пацієнтів, які складали 2-у групу, виконували повторну хірургічну обробку рани, як правило, внаслідок неадекватного дренивання рани. Епітелізація у пацієнтів з традиційним способом лікування вогнепальних ран наступала в середньому на 1.5- 2 рази пізніше в порівнянні з таким процесом у пацієнтів 1-ої групи. Загоєння ранової поверхні без ускладнень було відмічене у 26 (74.3%) пацієнтів цієї групи [8].

## *2. Результати клінічних обстежень.*

Розроблена методика лікування хворих з вогнепальними пораненнями кінцівок, яка припускає поєднане застосування імпульсного негативного тиску, кавітації ранової поверхні і використання гіпербаричної оксигенації, дозволяє істотно прискорити процеси загоєння ранової поверхні, зменшити кількість можливих ускладнень і повернути повноцінний косметичний вигляд і функціональну активність пошкодженої кінцівки.



Клінічний приклад №1. Чітко видно область ушкодження кінцівки на момент надходження пацієнта К. в клініку (Рис. 7). Впродовж перших 5 днів комбінованого лікування площа ранової поверхні зменшилася (рис. 8), з'явилася грануляційна тканина на 7 діб комплексного лікування (рис. 9). На 8-у добу лікування здійснили аутодермопластику (рис. 10).



Рис. 7. Пацієнт К. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 10-а доба після поранення. Надходження до клініки.



Рис. 8. Пацієнт К. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 5-а доба з моменту початку розробленого комплексного лікування



Рис. 9. Пацієнт К. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 7-а доба з моменту початку розробленого комплексного лікування



Рис. 10. Пацієнт К. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 8-а доба з моменту початку розробленого комбінованого лікування. Аутодермопластика.

#### Клінічний приклад №2.

За розробленою нами схемою після надходження до відділення хірургічної інфекції пацієнта Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки виконували посів з поверхні рани (Рис. 11), було застосовано розроблену схему лікування (Рис. 12), на 3 добу повтор виконаних дій (Рис. 13), далі на 8 добу - аутодермопластика з системою з

імпульсним негативним тиском (Рис. 14), і останній знімок - суха рана на 13 добу від моменту надходження і 24 добу від моменту поранення (Рис. 15).



Рис. 11. Пацієнт Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, на момент надходження до клініки.



Рис. 12. Пацієнт Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, на момент надходження до клініки. Початок застосування розробленої схеми комплексного лікування кінцівки



Рис.13. Пацієнт Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 3-я доба з моменту початку комплексного лікування.



Рис. 14. Пацієнт Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки, 8-а доба з моменту початку комплексного лікування – застосування негативного імпульсного тиску із проведенням аутодермопластики.

При порівнянні кінцевого етапу лікування у вигляді аутодермопластики розщепленим шкірним клаптем (в обох групах спостережень). Однак в основній клінічній групі клінічного спостереження ми використовували ведення хворих за нашою методикою лікування до моменту формування «гарної» грануляційної тканини.

В день операції інтраопераційно виконували дебридмент, кавітацію та аутодермопластику - клапоть фіксували окремими швами, покривали мальпеном (АДАПТИК) і зверху накладали систему імпульсного негативного тиску з показниками

тиску -85 мм рт.ст. Систему імпульсного негативного тиску встановлювали на 48 год, після чого виконували її демонтаж.



Рис. 15. Пацієнт Б. з вогнепальним пораненням нижньої кінцівки. 24-а доба від моменту поранення та 13-а доба з моменту початку комплексного лікування.

Середня тривалість розробленого лікування за розробленою нами схемою склала  $35.4 \pm 4.5$  мін, що було істотно менше такого показника у хворих, яких лікували традиційним способом ( $p < 0.05$ , таблиця 1).

Таблиця 1

Критеріїв ефективності розробленого комплексного лікування вогнепальних ран м'яких тканин

	Тривалість оперативного лікування, $M \pm m$ , хв.	Зміни площини ранової поверхні	Тривалість знаходження в клініці, $M \pm m$ , доби
Пацієнти 1-ї групи	$35.4 \pm 4.5^*$	в 3.5 раз	$8 \pm 1^*$
Пацієнти 2-ї групи	$50.2 \pm 4.9$	в 1.5-2 раза	$20 \pm 4$

Примітка: \* -  $p < 0,05$  - статистичні відмінності досліджуваних показників в порівнянні з такими у пацієнтів 2-ої групи (ANOVA критерій)

В перші 3 діб в 39 поранених військовослужбовців відмічали зменшення площини рани від 30 до 40% (від первинного дефекту). У 11 хворих був отриманий результат 50%. До числа переваг розробленого способу лікування відносимо також

зменшення загальної кількості оперативних втручань при лікуванні за цією методикою (у 39 хворих виконано 3 оперативні втручання і 11 хворих - 2 оперативні втручання). Відзначалася відсутність перехресного обсіменіння рани і поширення запального процесу.

Хворі в середньому знаходилися в умовах клініки  $8 \pm 1$  доби, що також було в 2.5 разу менше такого показника у пацієнтів з традиційною методикою обробки вогнепальної рани (таблиця 1).

В умовах розробленої методики лікування обходилося дешевше, оскільки у поранених військовослужбовців 2-ї групи клінічного спостереження здійснювали перев'язки по 2 рази в добу з використанням великої кількості перев'язувальних матеріалів. У поранених військовослужбовців 2-ї групи спостереження відзначалося більше число ускладнень у вигляді післяранових флегмон (у 3 пацієнтів) і абсцесів (у 5 пацієнтів). Відзначалося також перехресне обсіменіння рани.

Нами було проведено також оцінку ефективності застосованої методики аутодермопластики на прикінцевому етапі лікування пацієнтів з вогнепальними пораненнями нижніх кінцівок та м'яких тканин (таблиця 2).

Таблиця 2

Порівняння методики аутодермопластики по розщепленому шкірному клаптю (РШК) за Тиршем

Застосовані критерії оцінки	Основна група клінічного спостереження	Контрольна група клінічного спостереження
1	2	3
Методика	1. Обробка ранової поверхні кавітацією. 2. Забір РШК з донорської ділянки. 3. Прикриття РШК плівкою «Адаптик» та встановлення системи імпульсного негативного тиску з показниками $-85$ мм рт.ст. на 48 годин	1.Повторна хірургічна обробка ранової поверхні. 2.Гемостаз. 3.Забір РШК з донорської ділянки. 4. Прикриття РШК плівкою «Адаптик»та асептичною пов'язкою з Бетадином.
Перев'язка	1 раз в 7 днів під час заміни ВАК системи (на третю добу лікування)	Два рази на добу
Термін підготовки рани до закриття	6-8 діб	10-12 діб
Кількість попередніх операцій	2 оперативних втручання	Від 4 до 6 оперативних втручань



1	2	3
Час оперативного втручання	30 хвилин	35 хвилин (збільшення часу обумовлено зупинкою кровотечі з ранової поверхні)
Термін фіксації РШК	4 доби	Від 7 діб
Зміщення РШК	Відсутнє (надійна фіксація по всій площині грануляційної тканини)	До 10-15% поверхні скорочується на протязі перших 4 діб

**Резюме.** Таким чином, отримані нами дані свідчать на користь вираженої ефективності розробленої нами комплексної методики лікування вогнепальних ран кінцівок за допомогою поєднаних дій механічних чинників. Упевнені, що одночасне застосування різних за характером і механізмам дії фізичних чинників робить взаємодоповнюючий результат при лікуванні вогнепальних ран. Механотропна функція вищезгаданих чинників при лікуванні вогнепальних ран, ускладнених нагноєнням, лягла в основу тактики нашого алгоритму лікування.

Аналізуючи отримані результати, ми виявили, що застосування комплексного підходу при лікуванні вогнепальних ран кінцівок (з одночасним використанням дебридмента, ультразвуку, негативного тиску і гіпероксигенотерапії) дозволило зменшити ризик розвитку ускладнень за рахунок зниження бактерійної забрудненості, обмежити, "зупинити" процес нагноєння і дало потужне зростання грануляційній тканині. Іншими словами, йдеться про цілеспрямовану дію на процес запалення під впливом запропонованої нами схеми [9].

Ми вважаємо, що в умовах розробленої методики механотрансдукції прискорюється процес репарації і активуються саногенетичні механізми, що в цілому забезпечує виражений терапевтичний ефект, що також побічно підтверджують дані [10]. Враховуючи складність механічного середовища, сформованого на поверхні раневого шару, в умовах комплексної механічної дії відбувається не лише видалення пошкоджених структур, але і біоактивація тканин [10, 11].

Помітимо, що при використанні коротших схем лікування і циклів (монотерапії - одного з чинників) був також відмічений позитивний ефект. Проте рост грануляційної тканини був коротшим та менш вираженим [12]. Це вказує на те, що поєднанні декількох чинників взаємодоповнюючих на поверхні рани робить потенціуючий результат в лікуванні вогнепальних ран. Таким чином, нами розроблений і успішно випробуваний алгоритм роботи з вогнепальною раною (на різних етапах запального процесу) який дозволить у декілька разів зменшити кількість перев'язок і прискорити

процес загоєння, що є істотним підвищенням ефективності лікування подібного контингенту хворих. В той же час, вважаємо, що для формулювання остаточних висновків з приводу ефективності розробленої схеми лікування вогнепальних ран кінцівок методом механотрансдукції потрібні подальші дослідження і аналіз наступних серій клінічних спостережень.

Зведені дані переконливо свідчать на користь методики аутодермопластики, яку ми застосовували. За умов нашої методики рідше проводили перев'язку рани, що виходило дешевше не за рахунок ефективності репараційного процесу, користувалися меншою кількістю перев'язувального матеріалу, середній термін підготовки рани до закриття також був в 1.5 рази коротшим. Пораненим військовослужбовцям виконували за наших умов меншу кількість попередніх операцій (в середньому – в 2-3 рази менше), приблизно вдвічі меншим був термін фіксації РШК.

#### **Висновки:**

1. Розроблено ефективну комплексну методику лікування вогнепальних ран кінцівок за допомогою поєднаних дій механічних чинників. Одночасне застосування різних за характером і механізмам дії фізичних чинників робить взаємодоповнюючий результат при лікуванні вогнепальних ран
2. В умовах розробленої методики прискорюється процес репарації і активуються саногенетичні механізми, що в цілому забезпечує виражений терапевтичний ефект. В умовах комплексної механічної дії відбувається не лише видалення пошкоджених структур, але і біоактивація тканин
3. За умов методики, яку розроблено, рідше проводили перев'язку рани, що виходило дешевше не за рахунок ефективності репараційного процесу, користувалися меншою кількістю перев'язувального матеріалу, середній термін підготовки рани до закриття також був в 1.5 рази коротшим

#### **Перелік літератури:**

1. Огнестрельные раны. Лечение на этапах медицинской эвакуации / Н.И. Березка, В.Г. Власенко, В.А. Литовченко, Т.М. Мамедов. – Харьков : ХНМУ, 2015. – 43 с.
2. Особенности лечения огнестрельных повреждений конечностей в современных условиях / С.Н. Переходов, В.И. Хрупким, Э.В. Пешехонов [и др.] // Воен.-мед. журн. - 2010. - №10. - С. 66-67
3. Хирургическая помощь раненым в вооруженном конфликте: организация и содержание специализированной хирургической помощи / Н.А.



Ефименко, Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалов, А.А. Тусов // Воен. -мед. журн. - 1999. - №10. - С. 30-36.

4. Ерюхин И.А. Патогенез и лечение огнестрельных ран мягких тканей / И.А. Ерюхин, В.М. Жирновой, В.И. Хрупкин // Вестн. хирургии. - 1990. - №8. - С. 53-59.

5. Миннулин И.П. Особенности патогенеза и лечения общей гнойной инфекции при множественных огнестрельных ранениях / И.П. Миннулин, А.И. Грицанов, М.У. Гулябзой // Воен. -мед. журн. - 1991. - №7. - С. 14-16.

6. Gunshot wounds to the extremities / P.A. Dicpingaitis, K.J. Koval, N.C. Tejwani, K.A. Egol // Bull. NY Hosp. Joint Dis. - 2006. - Vol. 64, N3. - P. 139-155.

7. Ерюхин И.А. Хирургические инфекции: новый уровень познания и новые проблемы / И.А. Ерюхин // Хир. инфекции. - 2003. - №1. - С. 2-7.

8. Герасименко О.С., Гайдаржи И.Т., Тertyшный С.В., Дхауади Ф. Применение кожной пластики в закрытии обширных дефектов мягких тканей // Проблеми військової охорони здоров'я. Збірник наукових праць Української військово-медичної академії. – К., 2016. – Вип. 46. – С. 34-39.

9. Тertyшный С.В., Гайдаржи И.Т., Шестопалюк А.А., Околец А.В. Использование градиента давления ВАК системы в лечении огнестрельных ран нижних конечностей // Проблеми військової охорони здоров'я. Збірник наукових праць Української військово-медичної академії. – К., 2015. – Вип. 44. – С. 424-430.

10. Interstitial-matrix edema in burns: mechanistic insights from subatmospheric pressure treatment in vivo / McGee M.P., Morykwas M., Campbell D. [et al.] // Wound Repair Regen. – 2014. – Vol. 22, N 1. – P. 96-102

11. Mechanical tissue resuscitation at the site of traumatic brain injuries reduces the volume of injury and hemorrhage in a swine model / Zheng Z.L., Morykwas M., Campbell D. [et al.] // Neurosurgery. – 2014. – Vol. 75, N 2. – P. 152-162.

12. Герасименко О.С., Масунов К.Л., Тertyшный С.В., Дхауади Ф. Хирургическое лечение гнойно-некротических заболеваний мягких тканей // Сучасні аспекти військової медицини. – Збірник наукових праць національного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України. – К., 2016. – Вип. 23 (додаток). – С. 23-24.

## References

1. Gunshot wounds. Treatment at the stages of medical evacuation / N.I. Berezka, V.G. Vlasenko, V.A. Litovchenko, T.M. Mamedov. – Kharkov : KNMU, 2015. – 43 p. [In Russian].
2. Features of the treatment of gunshot limb injuries in modern conditions / S.N. Perekhodov, V.I. Khrupkin, E.V. Peshekhonov [et al.] // Military Med. J. - 2010. - N10. - P. 66-67. [In Russian].
3. Surgical help to the wounded in armed conflict: organization and maintenance of specialized surgical care / N.A. Yefimenko, Ye.K. Gumanenko, I.M. Samokhvalov, A.A. Trusov // Military Med. J. - 1999. - N10. - P. 30-36. [In Russian].
4. Yeryukhin I.A. Pathogenesis and treatment of soft tissue gunshot wounds / I.A. Yeryukhin, V.M. Zhirnovoi, V.I. Khrupkin / Herald of Surgery. - 1990. - N8. - P. 53-59. [In Russian].
5. Minnulin I.P. Features of pathogenesis and treatment of common purulent infection with multiple gunshot wounds / I.P. Minnulin, A.I. Gritsanov, M.U. Gulyabzoi // Military Med. J. - 1991. - N7. - P. 14-16. [In Russian].
6. Gunshot wounds to the extremities / P.A. Dicpingaitis, K.J. Koval, N.C. Tejwani, K.A. Egol // Bull. NY Hosp. Joint Dis. - 2006. - Vol. 64, N3. - P. 139-155.
7. Yeryukhin I.A. Surgical infections: a new level of cognition and new problems / I.A. Yeryukhin // Surg. Infect. - 2003. - N1. - P. 2-7. [In Russian].
8. Gerasimenko O.S., Gaidarzhi I.T., Tertysny S.V., Dhauadi F. The use of dermal plasty in the closure of extensive soft tissue defects // Problems of Military Health. Scientific works of the Ukrainian Military Medical Academy. – K., 2016. – Iss. 46. – P. 34-39. [In Russian].
9. Tertysny S.V., Gaidarzhi I.T., Shestopalyuk A.A., Okolets A.V. Use of the pressure gradient of the VAK system in the treatment of gunshot wounds of the lower extremities // Problems of Military Health. Scientific works of the Ukrainian Military Medical Academy. – K., 2015. – Iss. 44. – P. 424-430. [In Russian].
10. Interstitial-matrix edema in burns: mechanistic insights from subatmospheric pressure treatment in vivo / McGee M.P., Morykwas M., Campbell D. [et al.] // Wound Repair Regen. – 2014. – Vol. 22, N 1. – P. 96-102
11. Mechanical tissue resuscitation at the site of traumatic brain injuries reduces the volume of injury and hemorrhage in a swine model / Zheng Z.L., Morykwas M., Campbell D. [et al.] // Neurosurgery. – 2014. – Vol. 75, N 2. – P. 152-162.

12. Gerasimenko O.S., Masunov K.L., Tertyshny S.V., Dhauadi F. Surgical treatment of purulent-necrotic soft tissue diseases // Modern Aspects of Military Medicine. – Scientific works of the Ukrainian Military Medical Academy. – K., 2016. – Iss. 23 (Suppl.). – P. 23-24. [In Russian].