



# Применение метода локального отрицательного давления при лечении пациентов с боевыми травмами конечностей: обзор литературы

Л.И. Бубман<sup>1</sup>✉, С.В. Тополянская<sup>1,2</sup>, И.М. Буриев<sup>1</sup>, И.П. Марченко<sup>1</sup>, Г.Г. Мелконян<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн №3 Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия  
✉bubmanli@zdrav.mos.ru

## Аннотация

В обзоре отражены современные представления о боевых травмах. Особое внимание уделено ранениям конечностей и методам их лечения. Несмотря на достижения в области хирургических методов и медицинских технологий, лечение боевых травм конечностей остается сложной задачей. Регулярная хирургическая обработка ран, применение метода локального отрицательного давления и реконструктивные операции считают основой лечения этих видов высокоэнергетических травм. Немногочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что применение метода локального отрицательного давления при лечении высокоэнергетических боевых ран конечностей снижает частоту раневых осложнений, приводит к значительному уменьшению размеров раневой поверхности, очищению ран, стимулированию образования грануляционной ткани и в конечном итоге способствует закрытию ран. Использование метода локального отрицательного давления стало важным способом лечения боевых травм, однако его применение при лечении огнестрельных и минно-взрывных ранений пока недостаточно изучено, что связано прежде всего со сложными условиями для проведения научных исследований в ходе боевых действий.

**Ключевые слова:** раны, боевые травмы, ВАК-терапия, NPWT, хирургическая обработка, раневая инфекция.

**Для цитирования:** Бубман Л.И., Тополянская С.В., Буриев И.М., Марченко И.П., Мелконян Г.Г. Применение метода локального отрицательного давления при лечении пациентов с боевыми травмами конечностей: обзор литературы. *Клинический разбор в общей медицине*. 2024; 5 (6): 33–41. DOI: 10.47407/kr2024.5.6.00432

## Negative pressure wound therapy in patients with combat limb injuries: literature review

Leonid I. Bubman<sup>1</sup>✉, Svetlana V. Topolyanskaya<sup>1,2</sup>, Ilya M. Buriev<sup>1</sup>, Igor P. Marchenko<sup>1</sup>, Georgy G. Melkonyan<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>War Veterans Hospital No 3, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

✉bubmanli@zdrav.mos.ru

## Abstract

The review reflects modern vision about combat injuries. Particular attention is paid to injuries of the extremities and methods of their treatment. Despite advances in surgical techniques and medical technology, treating extremity combat injuries remains challenging. Regular debridement, local negative pressure wound therapy, and reconstructive surgery are currently considered the mainstay of treatment for these types of high-energy injuries. The limited literature suggests that the use of local negative pressure wound therapy in the treatment of high-energy combat wounds of the extremities reduces the incidence of wound complications, leads to a significant reduction in the size of the wound surface, cleanses wounds, stimulates the formation of granulation tissue and, ultimately, promotes wound closure. The use of the local negative pressure wound therapy has become an important method for the treatment of combat injuries, but its use in the treatment of gunshot and mine-blast wounds has not yet been sufficiently studied, which is primarily due to the difficult conditions for conducting scientific research during combat operations.

**Keywords:** wounds, combat injuries, NPWT, surgical debridement, wound infection.

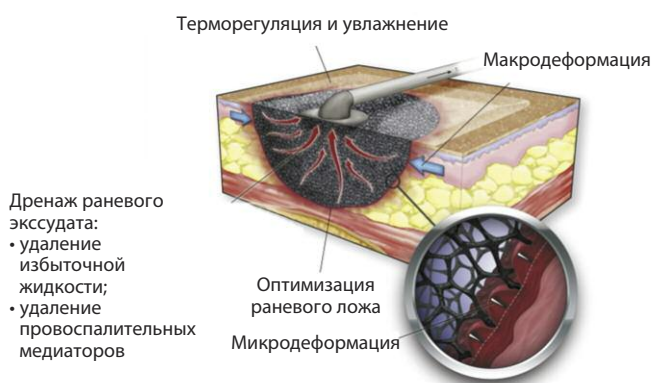
**For citation:** Bubman L.I., Topolyanskaya S.V., Buriev I.M., Marchenko I.P., Melkonyan G.G. Negative pressure wound therapy in patients with combat limb injuries: literature review. *Clinical review for general practice*. 2024; 5 (6): 33–41 (In Russ.). DOI: 10.47407/kr2024.5.6.00432

Несмотря на достижения в области хирургических методов и медицинских технологий, лечение травм, полученных в ходе боевых действий, остается сложной задачей [1, 2]. Боевые раны отличаются от травм, которые встречаются в гражданской практике, энергией воздействия, передаваемой тканям, степенью и характером загрязнения, а также агрессивной средой. Обычно это высокоэнергетические травмы с некрозом тканей, которые инфицируются на самых ранних этапах почвой, повреждающими элементами и собствен-

ной одеждой человека, что приводит к высокому риску раневых осложнений. Уникальные характеристики войны – загрязнение окружающей среды, нередкая задержка с первичной хирургической обработкой и различные этапы оказания медицинской помощи – усложняют лечение таких травм [1–5].

Хирургическая помощь участникам современных военных конфликтов предполагает лечение массивных минно-взрывных ранений конечностей [5, 6]. В отличие от предыдущих войн, бронежилеты теперь защищают ту-

**Рис. 1. Основные механизмы действия NPWT (по Huang C., 2014, с изменениями) [16].**  
 Fig. 1. Main mechanisms underlying the effects of NPWT (according to Huang C., 2014, with amendments) [16].



ловище солдата, а конечности стали относительно более уязвимы для современных видов оружия [1, 6]. До 70% боевых ранений связаны с повреждением конечностей [1, 7–9]. Большинство травм конечностей – это раны мягких тканей (53%), за ними следуют переломы (26%) [10]. Примерно 74% всех ран в современных военных конфликтах вызваны взрывной травмой, тогда как огнестрельные ранения составляют лишь 20% [1].

Своевременная медицинская помощь и совершенствование хирургических методов лечения за последние десятилетия привели к изменению парадигмы в лечении боевых ран конечностей с повышенным акцентом на спасение конечностей [11]. Традиционно подобные раны лечили с помощью хирургических обработок и санации с последующим отсроченным закрытием [3]. Из-за обширности зоны вторичного повреждения тканей первичное закрытие таких ран противопоказано, что требует применения других хирургических технологий [3, 6]. Основой лечения боевых ран является последовательная хирургическая обработка, применение метода локального отрицательного давления, стабилизация переломов и лечение сопутствующих травм с последующей окончательной реконструкцией после транспортировки в передовое лечебное учреждение [11].

Один из современных мировых стандартов лечения боевых ран с обширными дефектами мягких тканей – широкое использование ВАК-терапии (вакуум-асси-

сти.рованной компрессии), более известной как NPWT (терапия ран с помощью локального отрицательного давления) [7, 12]. ВАК-система оказывает отрицательное давление на раневое ложе посредством полиуретановой сетчатой пены с порами или пены из поливинилового спирта, помещаемых в рану, которую закрывают прозрачным адгезивным покрытием. Кроме того, в ВАК-систему входят дренажная трубка и источник вакуума с емкостью для сбора жидкости [13].

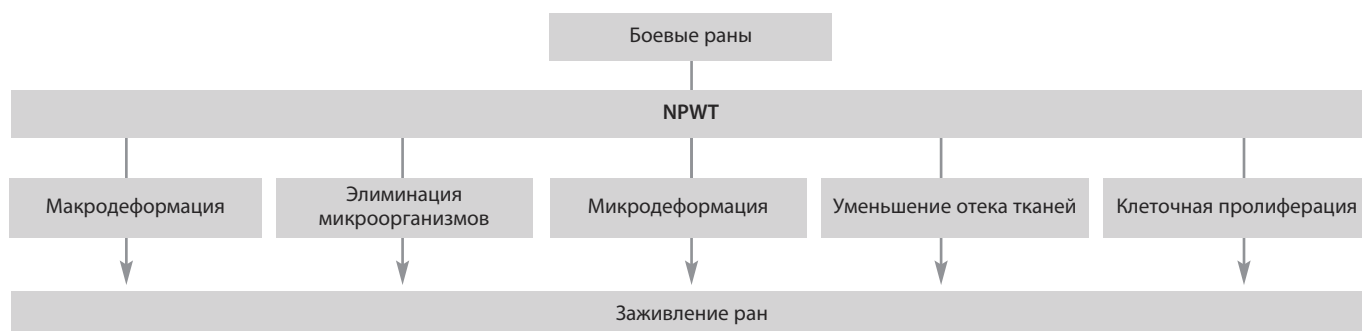
Основные эффекты, получаемые при использовании NPWT, заключаются в активном удалении избыточного раневого экссудата, уменьшении отека тканей и интерстициальной тканевой жидкости, усилении местного кровотока и лимфообращения, стимуляции пролиферации клеток и образования грануляционной ткани за счет микро- и макродеформации раны, а также в снижении бактериальной колонизации в ране и в поддержании влажной среды для улучшения заживления [4, 14–16] (рис. 1).

Показания к использованию NPWT включают хронические, острые, подострые и травматические раны, пролежни и диабетические язвы, некоторые виды ожогов, рваные раны и кожную пластику [14].

Концепция применения NPWT при лечении боевых ранений развилась из ее использования у пациентов с «гражданскими» травмами и ранами нетравматической этиологии [3]. За последние десятилетия миллионы пациентов прошли лечение пролежней, ран брюшной полости, диабетических язв и острых небоевых травм с помощью терапии локальным отрицательным давлением [3]. Однако использование NPWT для оказания помощи раненым в госпиталях на местах боевых действий, на борту транспортных систем медицинской эвакуации и в центрах специализированной медицинской помощи является относительно новым применением этого метода [2, 4]. Несмотря на большое количество литературы, посвященной различным аспектам применения NPWT, работ по применению NPWT при боевой травме гораздо меньше, чем при «гражданской», но их результаты также свидетельствуют о различных преимуществах данного метода [1, 3].

С момента первого сообщения об успешном использовании NPWT при боевых ранениях в 2006 г. этот метод применяли в нескольких сериях раненых, постра-

**Рис. 2. Эффекты NPWT при боевых ранах (по S. Маурга, с изменениями) [3]. Показания к NPWT при боевых ранениях.**  
 Fig. 2. Effects of NPWT in battle wounds (according to Maurya S., with amendments) [3].



давших в ходе военного конфликта в Ираке [2, 13, 17–21]. Во всех этих исследованиях отмечено увеличение скорости заживления ран, снижение уровня инфекционных осложнений и сокращение времени пребывания в стационаре по сравнению с предшествующим опытом военных действий. Применение NPWT делает самочувствие раненых более комфортным, а уход за ними – более простым и легким [4]. Метод быстро завоевал популярность среди военных хирургов во всем мире благодаря своей универсальности, простоте и разнообразным показаниям при лечении боевых ран [3].

Заживление боевых ран, связанное с применением NPWT, многофакторное (рис. 2) [3].

**Временное закрытие раны.** NPWT обеспечивает идеальную внутреннюю среду для лечения ран. Вакуум-ассистированные повязки создают воздухонепроницаемый барьер, который предотвращает загрязнение ран и способствует их заживлению [3].

**Подготовка раны к окончательному хирургическому закрытию.** NPWT можно продолжать до тех пор, пока не будет проведена окончательная реконструкция раны или до тех пор, пока рана не заживет вторичным натяжением. Использование NPWT приводит к уменьшению размеров и глубины раны и образованию здоровой грануляционной ткани, пригодной для закрытия раны. При применении NPWT можно провести более простые оперативные вмешательства вместо сложных реконструктивных операций, требующих больших ресурсов в плане времени, наличия квалифицированного персонала и инфраструктуры [3].

В качестве вспомогательного средства при пластике и реконструкции больших боевых ран NPWT стимулирует приживление кожного лоскута и уменьшает формирование серомы [3].

Возможные преимущества NPWT при боевых ранениях [2, 3, 17–19, 21, 22]:

- меньшее число смены повязок, чем при обычной терапии;
- более быстрое, внутрибольничное закрытие ран;
- снижение частоты раневых инфекций, защита раны от госпитальной среды, а также передачи внутрибольничной инфекции пациентам и персоналу;
- уменьшение частоты хронического остеомиелита;
- увеличение показателей сохранения конечностей и улучшения их функции при раннем применении этого метода.

### **Исследования метода локального отрицательного давления при лечении боевых ран**

В табл. 1 приведены результаты основных исследований по применению NPWT в комплексном лечении боевых ран.

В 2018 г. G. Popivanov и соавт. опубликовали обзор литературы по применению NPWT при лечении боевых ран конечностей и мягких тканей [1]. Этими исследователями было найдено 1038 публикаций, из которых только 17 были признаны приемлемыми, из них 2 опи-

сания случаев и 4 обзора, поэтому в анализ были включены десять серий случаев и одно сравнительное исследование. Ограничения данного обзора были связаны с низким качеством включенных работ – описания серии случаев и недостаточное качество сравнительных или рандомизированных контролируемых исследований. Авторы обзора сделали вывод, что NPWT играет важную роль в лечении боевых ранений, но никаких научно обоснованных рекомендаций на данном этапе не существует. Тем не менее, за исключением уже известных преимуществ в боевых условиях, NPWT дает ряд дополнительных преимуществ перед обычными повязками: меньшую потребность в смене повязок, экономии драгоценных и ограниченных ресурсов военного времени, таких как рабочая сила и время, обеспечивает более безопасную эвакуацию со значительно улучшенным комфортом пациента и медицинского персонала [1].

NPWT широко применяли при лечении боевых ран, полученных в ходе военной кампании в Ираке [2, 18]. В ряде исследований был продемонстрирован переход от более позднего начала NPWT у небольшого числа пациентов к более раннему ее использованию практически для всех ран мягких тканей после того, как преимущества этой терапии в боевых условиях стали очевидными [2, 17–19, 21].

M.S. Machen, в ходе иракской военной кампании выполнивший в одиночку 286 оперативных вмешательств, пришел к выводу, что вакуум-ассистированные повязки – бесценный инструмент для лечения, закрытия и подготовки боевых ран к пластике [17]. В этой серии случаев NPWT была эффективно использована при лечении более 50 боевых ран. Применение метода локального отрицательного давления способствовало быстрому очищению контаминированных ран, уменьшению отека и размера ран, а также образованию грануляционной ткани [17].

V.E. Leininger и соавт. при лечении высокоэнергетических боевых травм применяли вакуум-ассистированные повязки в сочетании с агрессивной хирургической обработкой и методикой пульсирующего лаважа [21]. Эта серия из 88 случаев ран у 77 пациентов является первым сообщением об использовании NPWT в комплексном лечении боевых высокоэнергетических ран мягких тканей [21]. Удивительно, но в этой группе относительно тяжелых пациентов не было зарегистрировано ни одного случая раневой инфекции, а также любых других раневых осложнений [21]. Авторы пришли к выводу о том, что традиционная доктрина лечения ран может быть улучшена с помощью применения NPWT, способствующей более раннему и более надежному первичному закрытию боевых ран [21].

В работе J. Penn-Barwell и соавт. описано применение метода локального отрицательного давления в 37 случаях уникально сложных пациентов с боевыми ранениями [20]. Полученные в этом исследовании результаты, несмотря на небольшое число пациентов, подтвердили использование комплексных стратегий лечения

Исследования метода локального отрицательного давления у пациентов с боевыми травмами <i>Studies of the use of local negative pressure technique in patients with battle injuries</i>								
Автор/ Название исследования	Число пациентов	Вид ранения	Число сеансов ВАК	Число дней ВАК-терапии	Инфекция ран	Время до закрытия	Длительность стационар- ного лечения	Другие эффекты
Machen M.S. Management of traumatic war wounds using vacuum-assisted closure in an austere environment [17]	50	Огнестрельные, минно-взрывные	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Быстрое очищение загрязненных ран, уменьшение отека, уменьшение размера раны и стимуляция грануляций
Peck M.A. The complete management of extremity vascular injury in a local population: A wartime report from 332nd Expeditionary Medical Group/Air Force Theater Hospital, Balad Air Base, Iraq [19]	76	Ранения мягких тканей конечностей вследствие высокоэнергетической травмы	3,3	Не указано	3,7	15	15	Ускорение сокращения раны и роста грануляций. Очень низкий уровень инфицирования, ампутаций и летальных исходов
Murray C.K. Prevention and management of infections associated with combat-related extremity injuries [24]	Не указано	Ранения мягких тканей конечностей	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Выраженный эффект в отношении заживления ран и предотвращения инфекционных осложнений
Leininger B.E. Experience with wound VAC and delayed primary closure of contaminated soft-tissue injuries in Iraq [21]	77	Минно-взрывные ранения мягких тканей 63%, огнестрельные 37%	2,2	4,2	0	Медиана: 4 дня	7,4	Защита раны от внутрибольничной инфекции, уменьшение времени ухода за больными и сокращение заражения ран до 0%
Geiger S. War wounds: lessons learned from Operation Iraqi Freedom [18]	68	Минно-взрывные ранения (55%), огнестрельные (19%), тупые травмы (16%) и ожоги (10%)	Не указано	Не указано	Не указано	Снижение с 12 дней в первые 3 месяца до 4 дней в последние 4 месяца	Не указано	Использование NPWT увеличилось с 46% ран в марте 2003 г. до более 90% ран в сентябре 2003 г. Применение NPWT оказало положительное влияние на исходы. Более низкая, чем ожидалось, частота хронического остеомиелита
Helgeson M.D. Bioartificial dermal substitute: a preliminary report on its use for the management of complex combat-related soft-tissue wounds [23]	16 ран	Ранения мягких тканей с обнаженными костными структурами	Смена каждые 3–4 дня	19	0	Медиана 31-й день (Q1–Q3: 15–275)	Не указано	Прочный и безупречный косметический результат был достигнут в 13 из 16 случаев. Эффективность NPWT в содействии формированию неодермы и уменьшению накопления жидкости под пересаженным лоскутом
Ingari J.V. Civilian and detainee orthopedic surgical care at an Air Force theater hospital [25]	N.A.	Ранения мягких тканей и костей	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	–
Ullmann Y. The revised "reconstructive ladder" and its applications for highenergy injuries to the extremities [26]	8 ран	Высокоэнергетические ранения конечностей и внутренних органов	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	–
Powell E.T. The role of negative pressure wound therapy with reticulated open cell foam in the treatment of war wounds [2]	NA	Боевые травмы	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Безопасность во время длительной авиамедицинской эвакуации с минимальными осложнениями. Использование NPWT потенциально может уменьшить болевой синдром, облегчить заживление ран, уменьшить частоту раневых инфекций и упростить уход за ранами в полете



Исследования метода локального отрицательного давления у пациентов с боевыми травмами (продолжение) <i>Studies of the use of local negative pressure technique in patients with battle injuries</i>								
Автор/ Название исследования	Число пациентов	Вид ранения	Число сеансов ВАК	Число дней ВАК-терапии	Инфекция ран	Время до закрытия	Длительность стационар- ного лечения	Другие эффекты
Warner M. Comparison of vacuum-assisted closure to the antibiotic bead pouch for the treatment of blast injury of the extremity [9]	12	Минно-взрывные ранения	4	12	MRSA (30%)	Не указано	Не указано	–
Penn-Barwell J. Use of topical negative pressure in British servicemen with combat wounds [20]	37	Минно-взрывные ранения 70%, огнестрельные 30%	2,8	15,5	Не указано	Не указано	Не указано	–
Mansoor J. Clinical evaluation of improvised gauze-based negative pressure wound therapy in military wounds [4]	85	Минно-взрывные 74,5%	4,3	12,5	0	Не указано	Не указано	–
Maurya S. Negative pressure wound therapy in the management of mine blast injuries of lower limbs: Lessons learnt at a tertiary care center [22]	17	Минно-взрывные ранения	3–6	16,5	Не указано	Не указано	Не указано	–
Kovalchuk V. Bacterial flora of combat wounds from eastern Ukraine and time-specific changes of bacterial recovery during treatment in Ukrainian military hospital [27]	49	Минно-взрывные ранения 68,4%, огнестрельные 31,6%	1,9, смена каждые 48–96 часов	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	–
Trukhan A. Using of Negative Pressure Wound Therapy in patients with gunshot trauma [28]	6	Минно-взрывные 83%, огнестрельные 17%	1–3	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	–
Älgå A. Negative pressure wound therapy versus standard treatment in patients with acute conflict-related extremity wounds: a pragmatic, multisite, randomised controlled trial [29]	88	Минно-взрывные ранения 39%, огнестрельные 61%	Не указано	Не указано	12%	Медиана до закрытия 5 дней	Не указано	Закрытие раны к 5-му дню у 49%

ран, при которых после тщательной хирургической обработки раны для ускорения заживления используют в течение нескольких дней метод локального отрицательного давления [20].

В исследовании Ya. Zarutskiy и соавт. на фоне применения NPWT у пациентов с боевыми травмами грудной клетки отмечено появление активных форм грануляций на поверхности раневого дефекта в среднем через 6–8 дней [12]. В этой работе при использовании NPWT произошли изменения и со стороны показателей крови: имевшийся первоначально лейкоцитоз со сдвигом лейкоцитарной формулы влево исчез, а число лейкоцитов к 7–9-му дню терапии снизилось до нормы [12]. Применение NPWT в комплексном лечении боевых ран мягких тканей грудной стенки характеризовалось выраженной и быстрой положительной динамикой в состоянии ран – очищением раневой поверхности, элиминацией бактериальных возбудителей из раны, ранним появлением активных грануляций с последующей краевой эпителизацией, а также улучшением микро-

циркуляции [12]. Результатом эффективности терапии стало уменьшение продолжительности стационарного лечения раненых, у которых применяли NPWT, в среднем до 15,75 дня [12]. Наряду с этим авторы исследования отметили, что применение вакуумной терапии при закрытии раневых дефектов мягких тканей грудной клетки оказывает положительное лечебное действие не только на раневой дефект, но и на внутренние органы грудной полости [12].

В более раннем исследовании тех же авторов (Ya. Zarutskiy и соавт.) NPWT применяли при лечении инфицированных ран, а также с целью временного закрытия и подготовки раны к пластическим операциям в соответствии с концепцией «реконструктивной лестницы» [7]. Наряду с этим метод локального отрицательного давления использовали также после проведения аутодермопластики при значительном экссудативном процессе в ране, при наложении расщепленного кожного лоскута на сложную раневую поверхность, для ускорения приживления пересаженного лоскута и предотвра-

щения его травматизации [7]. Авторы исследования пришли к выводу, что применение NPWT в комплексном лечении огнестрельных ранений и обширных боевых ран улучшает микроциркуляцию, эвакуацию экссудата, приводит к уменьшению размеров раны и ее подготовке к пластическому закрытию [7].

В исследовании с участием 36 пациентов с минно-взрывными и осколочными ранениями Yu.V. Ivanova и соавт. при применении терапии ран отрицательным давлением в сочетании с последующей фотодинамической терапией уже на 5-е сутки зарегистрировали достижение полной элиминации бактериальных возбудителей из ран, а полное заживление раны отмечалось в течение первых 17 суток [8].

### Применение метода локального отрицательного давления при раневой инфекции

Хотя достижения в области медицины снизили смертность и частоту раневых осложнений, боевые раны конечностей по-прежнему характеризуются высоким уровнем инфицирования, в том числе в ходе многоэтапной эвакуации пациентов. NPWT оптимально подходит для снижения инфицирования ран, в том числе при использовании в суровых условиях с ограниченными ресурсами и персоналом, поскольку этот метод позволяет реже менять повязки, а также защищает рану от дополнительного загрязнения [30]. Снижение бактериальной бионагрузки и удаление провоспалительных медиаторов при помощи этой терапии способствует уменьшению воспалительного процесса в этих трудно поддающихся лечению ранах [14].

В большинстве исследований и по опыту различных специалистов отмечено, что NPWT эффективна при лечении колонизированных или инфицированных ран [3, 14]. По мнению ряда исследователей, NPWT и ее разновидности (например, V.A.C. Instill®WoundTherapy или GranuFoamSilver™) может быть оптимальным методом лечения инфицированных ран благодаря сочетанию эффектов метода отрицательного давления, антибактериального действия и орошения [14].

B.E. Leininger и соавт., которые первыми сообщили о своем опыте применения NPWT при контаминированных ранах мягких тканей в Ираке, отмечали, что наиболее значительным преимуществом NPWT при лечении ран конечностей в военное время была длительная защита раны от госпитальной микрофлоры [21]. Несмотря на наличие высокоэнергетических ран мягких тканей, в этой работе не зарегистрировано ни одного случая раневой инфекции по сравнению с показателем до 80% до внедрения NPWT в практику лечения боевых ран [21].

M.A. Resck и соавт. при применении NPWT зарегистрировали раневую инфекцию у 3,7% из 134 пациентов с ранениями конечностей, а показатели ранней ампутации и смертности за период исследования составили 3,0 и 1,5% соответственно [19]. В другой работе по применению NPWT в серии 16 сложных боевых ран не заре-

гистрировано ни одного случая раневой инфекции [23]. Это было примечательным, поскольку среднее время от момента ранения до проведения пластической операции составило 46 дней, а раны, предположительно, были колонизированы микроорганизмами [23].

При применении метода отрицательного давления у 9 пациентов с осложненными обширными повреждениями промежности в результате высокоэнергетической травмы таза средняя продолжительность пребывания в стационаре составила 44 дня [31]. В этой работе, начиная в среднем с 17-го дня после травмы, зарегистрировано отсутствие бактериальной колонизации раны [31].

В пакистанском исследовании J. Mansoor и соавт. сообщили об отсутствии инфекционных осложнений в 105 боевых ранах в среднем через 12,5 дня применения NPWT [4]. В индийском исследовании с участием 17 раненых, получивших минно-взрывные ранения стоп, микроорганизмы в раневом отделяемом были выявлены в 3 случаях, однако они не имели клинического значения; ни у кого из пациентов не зарегистрировано никаких признаков локальной или системной инфекции [22]. С учетом вышесказанного антибактериальная терапия через 5 дней была отменена, что авторами было расценено как дополнительное преимущество [22]. Ни одна из ран в украинской серии случаев не была инфицирована во время проведения NPWT и было достигнуто 100% отсроченное закрытие ран [27], тогда как другие сообщили о показателях 0–4% [4, 21, 23], в отличие от примерно 30% уровня заражения, о котором сообщалось ранее [32].

Однако в исследовании M. Warner и соавт. с участием двух сопоставимых групп по 12 пациентов было обнаружено, что NPWT ассоциировалась с большим числом поздних инфекций, вызванных метициллин-резистентным золотистым стафилококком (30%), с увеличением числа внеплановых оперативных вмешательств из-за раневых осложнений и с большим числом операций, проведенных до закрытия раны [9]. В этой работе применение NPWT сравнивалось с использованием пакета с антибиотиком в виде шариков с ванкомицином и тобрамицином [9].

Немаловажной проблемой при лечении боевых ран является развитие острого или хронического остеомиелита. Только в одном исследовании сообщалось о частоте остеомиелита у раненых, леченных с помощью NPWT [18]. Острый остеомиелит возник у 15 из 62 госпитализированных пациентов с ранениями конечностей (24%) с последующим диагнозом хронического остеомиелита только у одного из 62 пациентов (1,6%) [18]. По мнению американских исследователей, разработчиков рекомендаций по профилактике инфекционных осложнений у пациентов с боевыми травмами конечностей, в среднем у 15% пациентов с повреждениями конечностей развивается остеомиелит и у 17% из них это осложнение рецидивирует [33].

В обзоре по применению NPWT для лечения боевых ранений G. Popivanov и соавт. сделали вывод, что по-

тенциал метода локального отрицательного давления в лечении раневой инфекции велик, однако по канонам доказательной медицины это утверждение не подтверждено, поэтому необходимы исследования для оценки антибактериального эффекта данного вида лечения ран [1].

Тем не менее не вызывает сомнений, что NPWT обладает профилактическим эффектом в отношении возникновения раневой инфекции, что может быть связано с непроницаемым внешним слоем вакуум-ассистированной повязки, который предотвращает бактериальную суперинфекцию госпитальными штаммами с множественной лекарственной устойчивостью [1]. Смена вакуум-ассистированных повязок в стерильной среде операционной также может играть важную роль в профилактике раневой инфекции, в отличие от обычных повязок [1].

### Время до закрытия раны

В течение первых 4 месяцев иракской военной кампании в 2003 г. S. Geiger и соавт. показали, что время от начала лечения до окончательного закрытия раны составляет 12 дней при применении NPWT по сравнению с 17 днями для пациентов, не получавших NPWT [18]. В течение 31 месяца данного исследования было зарегистрировано значительно возросшее использование NPWT с 46% в 2003 г. до 90% в 2005 г. наряду со снижением времени до окончательного закрытия от 12 до 4 дней соответственно [18]. В исследовании В.Е. Leininger и соавт. сообщалось об успешном закрытии раны во всех случаях в среднем за 4,2 дня без развития осложнений [21]. По мнению М.А. Peck и соавт., NPWT ускоряет сокращение размеров раны и образование грануляционной ткани, что облегчает первичное закрытие раны или ее вторичное закрытие с помощью аутодермопластики [19].

М.Т. Ozer и соавт. при применении NPWT у 9 пациентов с осложненными обширными повреждениями промежности в результате высокоэнергетической травмы пришли к выводу о том, что данный метод лечения ускоряет заживление этих сложных ран и облегчает более раннее проведение пластических операций [31]. Y. Ullmann и соавт. применили метод локального отрицательного давления у 8 из 37 пациентов с высокоэнергетическими травмами конечностей, полученными в результате применения боевого оружия [26]. У всех пациентов произошло успешно закрытие ран, однако из-за гипергрануляций у 2 пациентов NPWT пришлось досрочно прекратить [26].

Напротив, в первом рандомизированном шведском исследовании NPWT у пациентов с боевыми ранами конечностей с участием 174 больных (у 88 применялась NPWT, у 86 – стандартное лечение) не зарегистрировано уменьшение времени до закрытия ран при применении этого метода [29]. По сравнению со стандартным лечением использование NPWT не привело к увеличению доли пациентов, у которых было отмечено закрытие раны к 5-му дню лечения, а также сокращению вре-

мени до закрытия раны [29]. К 5-му дню у 49% пациентов из группы NPWT и у 60% из группы стандартного лечения наблюдалось закрытие ран [29]. Однако, по мнению R.E. Atwood и соавт., выбранная в этом исследовании первичная переменная эффективности (закрытие раны на 5-й день) не подходит для обширных, тяжелых и контаминированных боевых травм, для которых такое раннее закрытие раны становится нереальной конечной точкой [34]. Закрытие ран конечностей у пациентов с тяжелой политравмой даже через несколько недель после ранения – не редкость, особенно если раны инфицированы или предпринимаются многократные хирургические вмешательства с целью спасения конечностей [34].

### Сохранение конечностей при применении метода локального отрицательного давления

S. Geiger и соавт. при применении NPWT сообщили об ампутации у 4 из 62 пациентов (6%) в одном из наиболее загруженных боевых госпиталях [18]. М.А. Peck и соавт. документально подтвердили частоту ранних ампутаций в 3% случаев из 134 пациентов с боевыми ранениями сосудов конечностей [19]. Благодаря технологическим достижениям удалось сохранить конечности у 93% пациентов в результате недавних конфликтов с высокоэнергетическими баллистическими ранениями. Хотя ампутация неизбежна и в некоторых случаях даже предпочтительна, сохранение конечности с последующим оптимальным функциональным восстановлением может существенно улучшить качество жизни этой относительно молодой и в целом здоровой группы пациентов [11].

### Ограничения в применении метода локального отрицательного давления

Как было описано выше, различные группы военных врачей пришли к выводу, что NPWT представляет собой эффективный и безопасный дополнительный метод лечения высокоэнергетических боевых ран. Однако хотя разрозненные результаты и многообещающие, они не подтверждены когортными контролируруемыми исследованиями или рандомизированными контролируемыми исследованиями, которые в обстановке боевых действий провести крайне сложно. Кроме того, ограничения проведенных исследований связаны и с их ретроспективным, описательным характером и отсутствием средне- и долгосрочного наблюдения, что практически невозможно в отношении боевых ран [6].

Стоит отметить также, что NPWT – достаточно дорогой метод терапии, требующий специального оборудования и постоянного источника энергии для его функционирования. Кроме того, для осуществления NPWT необходимы квалифицированный медицинский персонал и тщательное наблюдение за ее проведением [9].

В шведском исследовании A. Älgå и соавт. стоимость одного пролеченного пациента при применении NPWT была на 142 доллара выше, чем при стандартном лечении [35]. Авторы исследования пришли к выводу, что,

учитывая схожие клинические результаты по сравнению со стандартным лечением, полученные данные не поддерживают использование NPWT при рутинном лечении боевых ран конечностей, особенно в условиях ограниченных ресурсов [35]. По мнению других авторов, несмотря на то, что само проведение NPWT дороже, чем традиционная терапия, большая экономия средств может быть достигнута за счет меньшего числа оперативных вмешательств и перевязок, а также сокращения используемых ресурсов медицинского персонала [34].

### Осложнения при применении метода локального отрицательного давления

Осложнения при использовании метода локального отрицательного давления, о которых сообщалось в литературе, были незначительными и редкими [14]. Хотя имеются сообщения о серьезных осложнениях на фоне применения NPWT при небоевых ранениях, осложнения, вызванные NPWT, редки при боевых ранениях и они, как правило, незначительны [3, 22]. Большинство осложнений при использовании NPWT связано с кровотечением и инфекцией [3, 16, 22, 36]. Кроме того, при использовании вакуум-ассистированных повязок возможно усиление болевого синдрома в области раны [16, 36].

В уже описанном ранее рандомизированном шведском исследовании с участием пациентов с боевыми травмами раневая инфекция была зарегистрирована у 12% в группе NPWT и у 23% в группе стандартного лечения, кровотечения – у 40 и 31% соответственно, сепсис – у 1 и 5%, ампутации – у 1% в каждой группе, любое нежелательное явление – у 32 и 43% соответственно [29].

### Литература / References

- Popivanov G, Inkov I, Kovachev G et al. Negative pressure wound therapy in wartime wounds – Case series and review of the literature. *Int J Surg Med*. 2018;4(3):138-48.
- Powell ET. The role of negative pressure wound therapy with reticulated open cell foam in the treatment of war wounds. *J Orthop Trauma*. 2008;22:S138-41.
- Maurya S, Bhandari PS. Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review. *Adv Wound Care*. (New Rochelle) 2016;5(9):379-89. DOI: 10.1089/wound.2014.0624
- Mansoor J, Ellahi I, Junaid Z, Habib A, Piyas U. Clinical evaluation of improvised gauze-based negative pressure wound therapy in military wounds. *Int Wound J*. 2015;12(5):559-63. DOI: 10.1111/iwj.12164
- Pirela-Cruz MA, Machen MS, Esquivel D. Management of large soft-tissue wounds with negative pressure therapy—lessons learned from the war zone. *J Hand Ther*. 2008;21(2):196-202. DOI: 10.1197/j.jht.2007.12.007
- Hinck D, Franke A, Gatzka F. Use of vacuum-assisted closure negative pressure wound therapy in combat-related injuries—literature review. *MilMed*. 2010; 175(3):173-81. DOI: 10.7205/milmed-d-09-00075
- Zarutskii YaL, Aslanyan SA, Plis IB, Kompaniets AO, Goncharuk VS. Application of NPWT in the surgical treatment of wounds and injuries of various locations – case series. *Negative pressure wound therapy Journal*. 2018;5(3):10-3. DOI: 10.18487/nptwj.v5i3.44
- Ivanova YuV, Gramatyuk SM, Kryvoruchko IA, Prasol VO, Myasoev KV. Advances in the treatment of combat trauma to the extremities: photodynamic therapy and methods of plastic wound closure. *The Ukrainian Journal of Clinical Surgery* 2023;90(4):25-30. DOI: 10.26779/2786-832X.2023.4.25
- Warner M, Henderson C, Kadrmaz W, Mitchell DT. Comparison of vacuum-assisted closure to the antibiotic bead pouch for the treatment of blast injury of the extremity. *Orthopedics*. 2010;33(2):77-82. DOI: 10.3928/01477447-20100104-06
- Owens BD, Kragh JF Jr, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J Orthop Trauma*. 2007;21:254-56.
- Connolly M, Ibrahim Z, Johnson O. Changing paradigms in lower extremity reconstruction in war-related injuries. *Mil Med Res*. 2016;3:9.
- Zarutskiy Ya, Aslanyan S, Kravchenko K, Vovk M, Honcharuk V. The use of negative vacuum therapy in the treatment of soft tissue defects in thoracic injury. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021;59:17-23.
- Оболенский В.Н., Семенистый А.Ю., Никитин В.Г., Сычев Д.В. Вакуум-терапия в лечении ран и раневой инфекции. *PMЖ*. 2010;17:1064.
- Obolensky VN, Semenisty AYU, Nikitin VG, Sychev DV. Vacuum therapy in the treatment of wounds and wound infection. *RMZH*. 2010;17:1064.
- Gabriel A, Shores J, Bernstein B et al. A Clinical Review of Infected Wound Treatment with Vacuum Assisted Closure® (V.A.C.®) Therapy: Experience and Case Series. *Int Wound J*. 2009;6:1-25.
- Трухан А.П. Огнестрельные ранения и взрывная травма мирного времени. Особенности, организация и оказание хирургической помощи. Диссертация д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 2022.
- Trukhan A.P. Gunshot wounds and explosive trauma of peacetime. Features, organization and provision of surgical care. Dissertation of the Doctor of Medical Sciences. St. Petersburg, 2022.
- Huang C, Leavitt T, Lauren R et al. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing. *Current Problems in Surgery*. 2014;51(7):301-31. DOI: 10.1067/j.cpsurg.2014.04.001

### Заключение

Немногочисленные данные литературы свидетельствуют о том, что применение метода локального отрицательного давления при лечении высокоэнергетических боевых ран конечностей снижает частоту раневых осложнений, приводит к значительному уменьшению размеров раневой поверхности, очищению ран, стимулированию образования грануляционной ткани и в конечном итоге способствует закрытию ран. Кроме того, применение NPWT позволяет выполнять менее сложные реконструктивные вмешательства для закрытия крупных дефектов мягких тканей. Использование NPWT оказалось важным методом лечения боевых травм, однако применение этого метода при лечении огнестрельных и минно-взрывных ранений недостаточно изучено, что связано прежде всего со сложными условиями для проведения научных исследований в ходе боевых действий. Поэтому роль NPWT при лечении боевых ран требует дальнейшей оценки и является областью будущих исследований. Однако недостаток знаний не может служить серьезным препятствием против применения новых технологий, что совершенно справедливо для терапии современных боевых ран локальным отрицательным давлением.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is not conflict of interests.



17. Machen MS. Management of traumatic war wounds using vacuum-assisted closure dressing in an austere environment. *Army Med Depart J*. 2007;17-23.
18. Geiger S, McCormick F, Chou R, Wandel AG. War wounds: lessons learned from Operation Iraqi Freedom. *Plast Reconstr Surg*. 2008;122(1):146-53.
19. Peck MA, Clouse WD, Cox MW et al. The complete management of extremity vascular injury in a local population: a wartime report from the 332nd Expeditionary Medical Group/Air Force Theater Hospital, Balad, Air Base, Iraq. *J Vasc Surg*. 2007;45:1197-205.
20. Penn-Barwell J, Fries A, Street L, Jeffery S. Use of topical negative pressure in British servicemen with combat wounds. *Eplasty*. 2011;11:354-363.
21. Leininger BE, Rasmussen TE, Smith DL, Jenkins DH, Coppola C. Experience with wound VAC and delayed primary closure of contaminated soft tissue injuries in Iraq. *J Trauma*. 2006;61:1207-11.
22. 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;73(4):321-27. DOI: 10.1016/j.mjafi.2016.06.002
23. Helgeson MD, Potter BK, Evans KN, Shawen SB. Bioartificial dermal substitute: a preliminary report on its use for the management of complex combat-related soft tissue wounds. *J Orthop Trauma*. 2007;21(6):394-99.
24. Murray CK, Hsu JR, Solomkin JS et al. Prevention and management of infections associated with combat-related extremity injuries. *J Trauma*. 2008;64:S239-251.
25. Ingari JV, Powell E. Civilian and detainee orthopaedic surgical care at an Air Force theater hospital. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2007;11(2):130-134.
26. Ullmann Y, Fodor L, Ramon Y, Soudry M, Lerner A. The revised "reconstructive ladder" and its applications for high-energy injuries to the extremities. *Ann Plast Surg*. 2006;56(4): 401-05.
27. Kovalchuk V, Kondratiuk V. Bacterial flora of combat wounds from eastern Ukraine and time-specific changes of bacterial recovery during treatment in Ukrainian military hospital. *BMC Res Notes*. 2017;10:152.
28. Trukhan A., Vasilyev D. Using of Negative Pressure Wound Therapy in patients with gunshot trauma. *World J Surg*. 2018;42:S4.
29. Älgå A, Haweizy R, Bashaireh K et al. 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: 10.1016/S2214-109X(19)30547-9
30. Baucom MR, Wallen TE, Youngs J et al. Effectiveness of Negative Pressure Wound Therapy During Aeromedical Evacuation Following Soft Tissue Injury and Infection. *Mil Med*. 2023;188(6):295-303. DOI: 10.1093/milmed/usad113
31. Ozer MT, Coskun AK, Ozerhan IH et al. Use of vacuum-assisted closure (VAC™) in high-energy complicated perineal injuries: analysis of nine cases. *Int Wound J*. 2011;8:599-607.
32. Brown KV, Murray CK, Clasper JC. Infectious complications of combat-related mangled extremity injuries in the British military. *J Trauma*. 2010;69(1):S109-15. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181e4b33d
33. Murray CK, Obremsky WT, Hsu JR et al. Prevention of Combat-Related Infections Guidelines Panel. Prevention of infections associated with combat-related extremity injuries. *J Trauma*. 2011;71(2):S235-57. DOI: 10.1097/TA.0b013e318227ac5f
34. Atwood RE, Bradley MJ, Elster EA. Use of negative pressure wound therapy on conflict-related wounds. *Lancet Glob Health*. 2020;8(3):e319-e320. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30041-3
35. Älgå A, Löfgren J, Haweizy R et al. Cost analysis of negative-pressure wound therapy versus standard treatment of acute conflict-related extremity wounds within a randomized controlled trial. *World J Emerg Surg*. 2022;17(9). DOI:10.1186/s13017-022-00415-1
36. FDA Safety Communication (2011) UPDATE on Serious Complications Associated with Negative Pressure Wound Therapy Systems: FDA Safety Communication.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бубман Леонид Игоревич** – врач-хирург, ГБУЗ ГВВ №3. E-mail: bubmanli@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0002-4195-3188

**Тополянская Светлана Викторовна** – д-р мед. наук, проф. каф. госпитальной терапии №2, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), врач-терапевт, ГБУЗ ГВВ №3. E-mail: sshekshina@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4131-8432

**Бурьев Илья Михайлович** – д-р мед. наук, проф., советник гл. врача по хирургии, ГБУЗ ГВВ №3. E-mail: burievim@zdrav.mos.ru

**Марченко Игорь Петрович** – канд. мед. наук, зам. гл. врача по хирургии, ГБУЗ ГВВ №3. E-mail: marchenkoip@zdrav.mos.ru

**Мелконян Георгий Геннадьевич** – д-р мед. наук, проф., гл. врач ГБУЗ ГВВ №3, проф. каф. хирургии, ФГБОУ ДПО РМАНПО. E-mail: gvv3@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0002-4021-5044

Поступила в редакцию: 10.06.2024

Поступила после рецензирования: 17.06.2024

Принята к публикации: 20.06.2024

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Leonid I. Bubman** – Surgeon, Hospital for War Veterans No. 3. E-mail: bubmanli@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0002-4195-3188

**Topolyanskaya Svetlana Viktorovna** – Dr. Sci. (Med.), Prof., Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Internist at the Hospital for War Veterans No. 3. E-mail: sshekshina@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4131-8432

**Ilya Mikhailovich Buriev** – Dr. Sci. (Med.), Full Prof., Advisor to the Chief Physician for surgery of the Hospital for War Veterans No. 3. E-mail: burievim@zdrav.mos.ru

**Igor Petrovich Marchenko** – Cand. Sci. (Med.), Deputy Chief Physician for surgery of the Hospital for War Veterans No. 3. E-mail: marchenkoip@zdrav.mos.ru

**Melkonyan Georgy Gennadievich** – Dr. Sci. (Med.), Full Prof., Chief Physician of the Hospital for War Veterans No. 3; Prof., Russian Medical Academy of Continuous Professional Education. E-mail: gvv3@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0002-4021-5044

Received: 10.06.2024

Revised: 17.06.2024

Accepted: 20.06.2024