

DOI: <https://doi.org/10.51922/2074-5044.2025.1.69>

А. Н. Крук, А. А. Ситник, А. Л. Линов,  
А. В. Бакановский, А. В. Кочубинский, О. А. Корзун,  
П. А. Волотовский

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАПИИ РАН  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ  
В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ.  
Часть 2. ЧАСТНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ  
ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА:  
ОБОСНОВАННОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ,  
РЕКОМЕНДАЦИИ**

ГУ «Республиканский научно-практический центр  
травматологии и ортопедии»

*Цель исследования: проанализировать литературные данные о применении терапии ран отрицательным давлением в клинической практике, в частности, в травматологии и ортопедии; изучить эффективность применения методики в конкретной клинической ситуации и дать оценку её целесообразности, в том числе экономической эффективности; обобщить многолетний клинический опыт коллектива авторов в данной области.*

*Несмотря на универсальность метода, в каждой конкретной клинической ситуации существуют некоторые тонкости применения систем терапии отрицательным давлением. С другой стороны, несмотря на бесспорно положительный эффект применения терапии отрицательным давлением, в некоторых клинических ситуациях её эффективность сопоставима с классическими методами лечения. А ввиду некоторых особенностей, применение в таких клинических случаях становится экономически необоснованным. Метод терапии отрицательным давлением широко применяется как в лечении повреждений покровных тканей и хронических ран, требующих кожно-пластических методов лечения, так и в составе комплексного лечения глубокой перипротезной инфекции, хронического остеомиелита, а также открытых переломов конечностей. В настоящее время терапия отрицательным давлением нередко применяется в хирургической практике в области послеоперационной раны с целью профилактики инфекционных осложнений у лиц из групп риска. К группе риска относятся пациенты с метаболическими и эндокринными нарушениями, а также пациенты с заболеваниями сосудистого русла нижних конечностей, в контексте хирургического вмешательства на нижних конечностях. Применение терапии отрицательным давлением также нашло своё место в комплексе лечебных мероприятий при пролежнях различных локализаций.*

**Ключевые слова:** терапия отрицательным давлением, раны, инфекции мягких тканей, осложнения в травматологии, открытые переломы, перипротезная инфекция, остеомиелит.

A. M. Kruk, A. A. Sitnik, A. L. Linov, A. V. Bakanouski, A. V. Kochubinski,  
O. A. Korzun, P. A. Volotovski

## **THE USE OF NEGATIVE PRESSURE WOUND THERAPY IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS.**

### **Part 2. PARTICULAR CASES OF APPLICATION OF THE METHOD: VALIDITY, EFFECTIVENESS, TIPS**

*The purpose of the study is to analyze the literature data on the use of negative pressure wound therapy in clinical practice, in particular in traumatology and orthopedics, to study the effectiveness of the technique in a specific clinical situation, to assess its feasibility, as well as to summarize the clinical experience of authors.*

*Despite the universality of the method, in each specific clinical situation there are some subtleties in the use of negative pressure therapy systems. On the other hand, despite the seemingly indisputable absolute positive effect of negative pressure therapy, in some clinical situations its effectiveness is comparable to classical treatment methods, and due to some features, its use in such clinical cases becomes not economically justified. Negative pressure therapy is widely used both in the treatment of damage to integumentary tissues, wounds requiring skin-plastic treatment methods, and as part of the complex treatment of deep periprosthetic joint infection, chronic osteomyelitis, and open fractures of the extremities. Currently, negative pressure therapy is often used in surgical practice in the area of a postoperative wound in order to prevent infectious complications in individuals at risk. The use of negative pressure therapy has also found its place in the therapy measures of decubitation of various localizations.*

**Key words:** *negative pressure therapy, wounds, soft tissue infections, trauma complications, open fractures, periprosthetic joint infection, osteomyelitis.*

Терапия ран отрицательным давлением (англ. Negative pressure wound therapy – далее NPWT) в травматологии и ортопедии используется при лечении разнообразных патологических состояний, вызванных как действием прямого травмирующего агента, так и осложнениями, возникшими после травмирующего воздействия. NPWT имеет место в комплексе лечебных мероприятий по борьбе с осложнениями, возникшими после хирургического вмешательства. Таким образом, области применения в травматолого-ортопедической практике следующие: открытые переломы; травматические отслойки мягких тканей; ранения мягких тканей с дефектами кожных покровов; профилактика раневых осложнений в области операционного доступа; инфицированные раны, в том числе послеоперационные; хронический остеомиелит; инфекционные ослож-

нения, связанные с эндопротезированием; декубитации различной локализации.

**Открытые переломы костей.** Большинство ран, ассоциированных с открытыми переломами конечностей, классифицированные как GA тип I (англ. Gustilo-Anderson classification), заживают вторичным натяжением либо могут быть ушиты первично без повышения риска инфекционных осложнений. В свою очередь повреждения, относящиеся к типам GA II и III могут потребовать применения вспомогательных методик, таких как NPWT, в период между хирургическими обработками раны. В литературе описаны данные, согласно которым применение NPWT пятикратно снижает уровень инфекционных осложнений при открытых переломах [1]. С другой стороны, существуют данные, свидетельствующие о том, что применение NPWT при лечении открытых неосложнённых повреж-

дений костей не показало достоверной разницы в конечной эффективности лечения данного типа повреждений, однако заметно повысило итоговую стоимость лечения [2]. Bhattacharyya T. в своем исследовании показал, что использование NPWT эффективно в виде вспомогательной методики для скорейшего закрытия раны, и чем больше подготовительный период, тем выше уровень инфекционных осложнений [3]. Хотелось бы отметить, что на основании индекса рейтинга инвалидности (англ. The Disability Rating Index – DRI), данные которого получены при интервью пациентов через 12 месяцев после полученной открытой травмы конечности, не выявлено достоверной статистической разницы между группами пациентов, лечение которых проводилось по традиционной методике и с применением NPWT [4].

Тем не менее, применение NPWT у пациентов с открытой травмой конечности, осложнившейся гнойно-воспалительным процессом, оптимально сохраняет жизнеспособными мягкие ткани и улучшает результаты лечения [5]. Govaert и соавт. установили, что риск развития рецидива инфекции у пациентов с перелом-ассоциированной инфекцией выше при продолжительном применении NPWT, а также отсроченное начало NPWT снижает эффективность лечения [6].

Таким образом, применение NPWT в комплексе лечебных мероприятий целесообразно в первые часы после травмы, т. е. при невозможности или нецелесообразности полного закрытия дефекта мягких тканей и при условии выполнения окончательного закрытия в течение 72 часов. Период применения NPWT может быть максимально продлен до 7 суток с момента получения травмы [7]. Рутинное применение NPWT в лечении открытых переломов конечностей может значительно увеличить стоимость лечения. NPWT в качестве единственного метода лечения неэффективна для закрытия раневого

дефекта [8]. Однако применение NPWT в комплексном лечении открытых переломов позволяет достичь более быстрого заживления ран по сравнению с применением традиционных влажно-высыхающих марлевых повязок [9].

**Травматическая отслойка мягких тканей.** Немаловажную роль NPWT играет в лечении травм конечностей с обширной травматической отслойкой кожи и подкожной клетчатки (повреждение Morel-Lavalle).

Повреждения Morel-Lavalle представляют собой посттравматические закрытые повреждения, возникающие глубоко в подкожной клетчатке из-за разрыва капилляров в результате скользящего травмирующего воздействия на мягкие ткани, что приводит к выпоту, содержащему гемолимфу и некротический жир [10]. Исследования показали, что применение системы NPWT на раннем этапе оказания специализированной медицинской помощи в комплексе с адекватной первичной хирургической обработкой, дренированием и стабилизацией конечности при помощи аппарата внешней фиксации, а также динамическая оценка жизнеспособности лоскута, показывают высокую эффективность [11]. Таким образом, NPWT является «мостом» между первичной хирургической обработкой и заключительным методом хирургического лечения, используемого для закрытия дефекта тканей [12].

**Кожно-пластические вмешательства.** В результате полученной травмы порой возникает необходимость в выполнении кожно-пластических вмешательств. Наиболее распространённым и технически менее сложным является свободная кожная пластика расщепленным трансплантатом, что также рекомендовано «Шкалой реконструктивных вмешательств» [13]. В литературе описаны данные, свидетельствующие в пользу применения NPWT при выполнении такого типа пластических операций при термических повреждениях,

оказывая положительный эффект как на процент приживания аутотрансплантата, так и на общие сроки лечения пациентов [14]. Yingze Zhang и соавт. показали, что применение NPWT может ускорить приживление трансплантата на 7 % по сравнению с традиционной методикой. Полное восстановление микроциркуляции в среднем происходило на пятые сутки с момента операции. Кроме того, положительным эффектом стоит считать уменьшение образования гематомы в области реципиентного ложа [15]. Стоит отметить, что достоверной разницы в частоте инфекционных осложнений при применении NPWT в области реципиентного ложа и классической методики ведения последнего получено не было [16]. Кроме того, описаны исследования, показывающие отсутствие достоверной разницы в степени врастания сосудов в расщепленный кожный трансплантат. Исследования проводились путем измерения средней площади поперечного сечения капилляра. Вместе с тем отмечалась лучшая инкорпорация трансплантата [17].

Опираясь на полученный опыт и знания, мы предпочитаем в своей практике использовать NPWT в комплексе с мероприятиями по закрытию дефекта кожных покровов как подготовительный этап лечения перед выполнением трансплантации расщепленного кожного трансплантата для подготовки реципиентного ложа. Ведение реципиентного участка после аутодермопластики выполняем по традиционной методике.

**Профилактика послеоперационных раневых осложнений.** В последние годы многие исследователи предлагают применять метод локального отрицательного давления не только в лечебных, но и в профилактических целях при чистых или условно инфицированных ранах. M. J. Ingargiola и соавт. в своем исследовании изучили данные о применении NPWT после хирургических вмешательств преимущественно

в области нижних конечностей [18]. Опираясь на данные этого исследования, можно сделать вывод, что применение NPWT препятствует возникновению инфекционных осложнений в области хирургического доступа, препятствует расхождению краёв раны. В то же время не получено достоверных данных влияния NPWT на скорость образования рубца в послеоперационной ране. Howell RD и соавт. в своем исследовании, посвященном применению NPWT после операций по эндопротезированию коленного сустава, отметил появление фликтен в области применения. В связи с этим исследование было досрочно прекращено. Однако авторы не отмечают увеличения частоты инфекционных осложнений в исследуемой группе [19]. В свою очередь, Kevin Ki-Wai Ho и соавт. в своем исследовании не нашли достоверного доказательства того, что применение NPWT после эндопротезирования коленного сустава приводит к повышенному фликтенообразованию в области операционной раны [20].

Стоит уделить внимание применению NPWT в хирургии стопы и голеностопного сустава. Частые трофические нарушения мягких тканей в этой области обусловлены особенностью анатомического строения мягких тканей, кровоснабжения дистальных отделов конечности, а также местных реактивных осложнений мягких тканей ввиду полученной травмы в этой области [21].

Опираясь на изученные данные, можно сделать вывод, что NPWT позитивно влияет на заживление закрытых ран, снижая процент раневых осложнений. Однако применение на рутинной неселективной основе может значительно и необоснованно повысить стоимость лечения пациентов травматолого-ортопедического профиля [22].

**Применение в области нагноившихся операционных ран.** Применение NPWT эффективно в комплексе лечебных мероприятий данной патологии. Применение NPWT значительно ускоряет время зажив-

ления ран, тем самым сокращая сроки пребывания пациента в клинике. Применение NPWT при лечении нагноившихся операционных ран снижает потребность в повторных операциях, таких как некрэктомия и кожная пластика [23].

В отечественной литературе описана оригинальная методика применения NPWT для лечения нагноений ушитых ран, которая, по нашему мнению, достойна для последующего исследования эффективности в широкой клинической практике вне первоначального центра внедрения данной методики [24]. Суть метода: после обработки и ушивания одиночными швами раны в промежутки устанавливались поролоновые треугольники, содержащие мягкий дренаж. Далее на рану накладывалась вакуумная повязка. Удаление повязки производили через 3–6 суток. При необходимости процедуру повторяли.

По нашему мнению, данный подход актуален в контексте лечения пациентов с периимплантной инфекцией, после проведения адекватных saniрующих мероприятий, элиминации источника поддержания инфекции на фоне рациональной антибиотикотерапии. Однако стоит обратить внимание, что при заборе материала для микробиологического исследования во время сеанса NPWT с целью контроля либо определения возбудителя целесообразно проводить забор как с раневой поверхности, так и с поверхности пористого основания системы [25].

В своей практике мы не применяем рутинно NPWT для профилактики раневых осложнений как в целом, так и в областях с повышенным риском их возникновения. Решение о применении NPWT принимается индивидуально, на основании наличия у пациента отягощающих факторов (сахарный диабет [26], индекс массы тела выше 30 кг/м<sup>2</sup>, иммунодефицитные состояния, аутоиммунные заболевания [27], табакокурение).

**Остеомиелит.** Лечение гематогенного остеомиелита в педиатрической практике является ответственной задачей. Weyland Cheng и соавт. в своем исследовании провели анализ литературы в данной области, а также провели свое исследование и пришли к выводу, что применение шариков из сульфата кальция, импрегнированных антибиотиком с применением NPWT, является эффективным методом лечения. Авторы полагают, что NPWT помогает удалить экссудат и механически уменьшить рану. Авторы выяснили, что комплексное применение NPWT и сульфата кальция более эффективно, чем монотерапия при помощи только лишь системы отрицательного давления [28]. Qiang Li и соавт. показали эффективность NPWT в лечении хронического остеомиелита. Методика лечения была следующей: на первом этапе выполнялась полная санация инфекционного очага с удалением некротических и воспалительных тканей; по средствам применения NPWT достигали полного закрытия операционной раны. На втором этапе в комплекс костного трансплантата подмешивали нагруженный ванкомицином сульфат кальция и аутогенную губчатую кость из подвздошной кости для равномерного заполнения очагов поражения [29].

**Глубокая перипротезная инфекция.** Применение NPWT непосредственно в лечении глубокой перипротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов не является общепринятым. В литературе встречаются лишь единичные наблюдения в малых группах, описывающие эффект от применения NPWT в комплексе лечебных мероприятий глубокой перипротезной инфекции.

Rüdiger Kirr и соавт. в своем исследовании продемонстрировали эффективность применения вакуумной повязки с возможностью инстиляции (англ. Negative pressure wound therapy with instillation and dwell time – далее NPWTi-d). Концепция метода была следующей: в качестве промывочного

раствора поочередно использовались Небацетин (350000 МЕ неомицина сульфата, 25000 МЕ бацитрата на 100 мл 0,9 % хлорида натрия) и Лавасепт 0,4 %; время воздействия отрицательным давлением 60 минут, время инстилляций от 12 до 18 минут, экспозиция от 10 до 20 минут. Смена повязки происходила каждые 96 часов, в среднем период применения NPWT составил 4 цикла. Данная методика лечения была применена у пяти пациентов с глубокой перипротезной инфекцией. Основной целью данного исследования являлось непереносимое сохранение эндопротеза [30]. Burkhard Lehner и соавторы в своем исследовании сообщили об успешном излечении трех пациентов с глубокой перипротезной инфекцией. NPWT являлась вторым этапом лечения после выполнения дебридмента. Авторами была предложена гипотеза, что применение NPWT в лечении глубокой перипротезной инфекции целесообразно только в случае стабильности компонентов эндопротеза либо раннего периода инфекционного процесса (до формирования биопленок) [31]. Vitaly O. Tsvetkov и соавт. представили клинический случай двусторонней глубокой перипротезной инфекции коленных суставов у одного пациента. Сустав, лечение которого проводилось с сохранением эндопротеза и применением NPWT, в последующем был подвергнут ревизии с заменой полиэтиленового вкладыша. На протяжении срока наблюдения (около 5 лет) признаков рецидива инфекционного процесса не наблюдалось. Контралатеральный коленный сустав с признаками септической нестабильности компонентов был подвергнут удалению эндопротеза и установке спейсера с антибактериальным препаратом. Однако в последующем имелись признаки рецидива инфекционного процесса. Таким образом, было принято решение об удалении спейсера и выполнении артродеза коленного сустава. Рецидива инфекционного процесса в анкилозирован-

ном суставе не наблюдалось [32]. Fröschgen и соавт. в своём исследовании пришли к выводу, что применение NPWT совместно с комплексом санации, антибиотикотерапии, сохранения эндопротеза (англ. Debridement, antibiotics and implant retention – DAIR) обоснованно только в случае невозможности закрытия раны. В иных случаях применение NPWT может в целом снизить процент успешных реимплантаций эндопротеза за счёт необходимости повторных вмешательств, приобретения полимикробного пейзажа в ране [33]. Кроме того, исходя из данных, полученных при исследовании микробиологического пейзажа, полученного с поверхности пористого основания системы, можно предположить, что пористое основание в ране с эндопротезом может вести себя как инородное тело и быть дополнительным сайтом персистенции инфекции, в том числе и с полирезистентной флорой и *Candida* spp. [34].

**Декубитации.** К сожалению, в травматологии порой нельзя избежать осложнений, связанных с вынужденным длительным позиционным давлением на мягкие ткани в области выступающих частей тела, таких как пяточные бугры, крестец, лопатки, локтевые отростки ввиду нарушения двигательного режима. Применение NPWT в комплексе мероприятий по лечению декубитаций показало положительный эффект на время образования грануляций, уменьшение отека мягких тканей, уменьшение площади поражённого участка кожи. Данные показатели значимо выше по сравнению с группой пациентов, лечение декубитаций которых проводилось при помощи традиционных влажно-высыхающих повязок [35].

**Заключение.** NPWT в качестве одного из компонентов комплексного лечения вышеперечисленных состояний позволяет сократить сроки восстановления и улучшить анатомо-функциональные результаты. NPWT не обеспечивает 100 % эффектив-

ности и не может использоваться в качестве единственного метода лечения. Применение NPWT требует от лечащего врача постоянного динамического наблюдения и отслеживания всех локальных изменений с целью незамедлительного принятия решения о дальнейшей тактике лечения. Только понимая принцип действия NPWT лечащий врач способен предотвратить появление нежелательных реакций.

## Литература

1. Stannard J. P., Volgas D. A., Stewart R., McGwin G. Jr, Alonso J. E. Negative pressure wound therapy after severe open fractures: a prospective randomized study. *J Orthop Trauma*. 2009 Sep;23(8):552-7.
2. Iheozor-Ejiogor Z., Newton K., Dumville J. C., Costa M. L., Norman G., Bruce J. Negative pressure wound therapy for open traumatic wounds. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Jul 3;7(7):CD012522.
3. Bhattacharyya T., Mehta P., Smith M., Pomahac B. Routine use of wound vacuum-assisted closure does not allow coverage delay for open tibia fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2008 Apr;121(4):1263-1266.
4. Costa M. L., Achten J., Bruce J., Tutton E., Petrou S., Lamb S. E., Parsons N. R.; UK WOLFF Collaboration. Effect of Negative Pressure Wound Therapy vs Standard Wound Management on 12-Month Disability Among Adults With Severe Open Fracture of the Lower Limb: The WOLFF Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018 Jun 12;319(22):2280-2288.
5. Сергеев К. Н., Жаглин А. В. Использование системы лечения ран отрицательным давлением у пациентов с осложненной костной травмой // Раны и раневые инфекции. – 2014. Т. 1, № 2. – С. 44-50.
6. Sweere V., Slieden J., Haidari S., Depuyere M., Mertens M., Ijzema F., Metsemakers W. J., Govaert G. Use of negative pressure wound therapy in patients with fracture-related infection more than doubles the risk of recurrence. *Injury*. 2022 Dec;53(12):3938-3944.
7. Riechelmann F., Kaiser P., Arora R. Primäres Weichteilmanagement bei offenen Frakturen [Primary soft tissue management in open fracture]. *Oper Orthop Traumatol*. 2018 Oct;30(5):294-308.
8. Rupp M., Popp D., Alt V. Prevention of infection in open fractures: Where are the pendulums now? *Injury*. 2020 May;51 Suppl 2:S57-S63.
9. Arti H., Khorami M., Ebrahimi-Nejad V. Comparison of negative pressure wound therapy (NPWT) & conventional wound dressings in the open fracture wounds. *Pak J Med Sci*. 2016 Jan-Feb;32(1):65-9.
10. Nair A. V., Nazar P., Sekhar R., Ramachandran P., Moorthy S. Morel-Lavallée lesion: A closed degloving injury that requires real attention. *Indian J Radiol Imaging*. 2014 Jul;24(3):288-90.
11. Локтионов, П. В. Опыт лечения ран нижних конечностей с обширной травматической отслойкой кожи и подкожной клетчатки / П. В. Локтионов, Ю. В. Гудзь // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2015. – № 1. – С. 22-28.
12. Kahveci R.; Turkish Wound Working Group. Negative Pressure Wound Therapy for Complex Surgical Wounds in 59 Patients Across Secondary and Tertiary Care Centers in Turkey. *Eplasty*. 2022 Nov 22;22:e60.
13. Ситник, А. А. Восстановление мягких тканей при открытых переломах голени / А. А. Ситник, П. А. Вологовский, А. В. Белецкий // Медицинские новости. – 2016. – № 11. – С. 37-41.
14. Богданов, С. Б. Совершенствование способов хирургического лечения в комбустиологии с применением вакуумной терапии / С. Б. Богданов, Д. Н. Марченко, В. Ю. Иващук // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. – 2022. – № 2. – С. 57-62.
15. Yin Y., Zhang R., Li S., Guo J., Hou Z., Zhang Y. Negative-pressure therapy versus conventional therapy on split-thickness skin graft: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2018 Feb;50:43-48.
16. Yin Y., Zhang R., Li S., Guo J., Hou Z., Zhang Y. Negative-pressure therapy versus conventional therapy on split-thickness skin graft: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2018 Feb;50:43-48.
17. Ward C., Ciraulo D., Coulter M., Desjardins S., Liaw L., Peterson S. Does treatment of split-thickness skin grafts with negative-pressure wound therapy improve tissue markers of wound healing in a porcine experimental model? *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Aug;73(2):447-51.
18. Does the application of incisional negative pressure therapy to high-risk wounds prevent surgical site complications? A systematic review / M. J. Ingarciola, L. N. Daniali, E. S. Lee et al. // *Eplasty*. – 2013. – Vol. 20. №13. – e 49.
19. Howell R. D., Hadley S., Strauss E., Pelham F. R. Blister formation with negative pressure dressings after total knee arthroplasty. *Curr Orthop Pract*. 2011;22(2):176-9.
20. Chau W. W., Lo K. C., Lau L. C., Ong M. T., Ho K. K. Single use Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) system in the management of knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 May 5;24(1):351.
21. Kunze K. N., Hamid K. S., Lee S., Halvorson J. J., Earhart J. S., Bohl D. D. Negative-Pressure Wound Therapy in Foot and Ankle Surgery. *Foot Ankle Int*. 2020 Mar;41(3):364-372.
22. Zhang D., He L. A systemic review and a meta-analysis on the influences of closed incisions in orthopaedic trauma surgery by negative pressure wound treatment compared with conventional dressings. *Int Wound J*. 2023 Jan;20(1):46-54.
23. Gao J., Wang Y., Song J., Li Z., Ren J., Wang P. Negative pressure wound therapy for surgical site

infections: A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs*. 2021 Oct;77(10):3980–3990.

24. *Первый опыт использования вакуумной терапии в профилактике нагноения ушитых ран мягких тканей / В. В. Федюшкин, С. Н. Пятаков, А. Г. Барышев [и др.] // Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б. М. Костюченко. – 2022. – Т. 9, № 4. – С. 6–15.*

25. *Anagnostakos K., Mosser P. Bacteria identification on NPWT foams: clinical relevance or contamination? J Wound Care. 2012 Jul;21(7):333–4, 336–9.*

26. *Han H. S., Kang S. B. Relations between long-term glycemic control and postoperative wound and infectious complications after total knee arthroplasty in type 2 diabetics. Clin Orthop Surg. 2013 Jun; 5(2):118–23.*

27. *Carroll K., Dowsey M., Choong P., Peel T. Risk factors for superficial wound complications in hip and knee arthroplasty. Clin Microbiol Infect. 2014 Feb; 20(2):130–5.*

28. *Wang B., Cheng W., Liu F., Guo Z., Ji Z., Sun K., Yao M. Efficacy and safety of vancomycin-loaded calcium sulfate versus conventional surgical debridement for pediatric acute osteomyelitis: a retrospective study. BMC Musculoskelet Disord. 2022 Dec 23; 23(1):1124.*

29. *Li Q., Song S. F., Zhang W., Wu G. Z., Liu L. Z. [Clinical study on negative pressure closed drainage combined with vancomycin loaded calcium sulfate and autogenous bone in the treatment of chronic osteomyelitis]. Zhongguo Gu Shang. 2017 Nov 25;30(11): 1059–1062.*

30. *Kirr R., Wiberg J., Hertlein H. Klinische Erfahrungen und Ergebnisse über die Anwendung der V. A. C.-Instill bei infizierten Hüft- und Kniegelenksprothesen [Clinical experience and results of using the V. A. C. instill therapy in infected hip- and knee prosthetics]. Zentralbl Chir. 2006 Apr;131 Suppl 1: S79–82.*

31. *Lehner B., Bernd L. Anwendung der V. A. C.-Instill-Therapie bei periprothetischen Hüft- und Kniegelenksinfekten [V. A. C.-instill therapy in periprosthetic infection of hip and knee arthroplasty]. Zentralbl Chir. 2006 Apr;131 Suppl 1:S160–4.*

32. *Tsvetkov V. O., Ivkov A. V., Mikaelyan L. S., Kolovanova O.V. A promising contribution to negative pressure wound therapy in treatment of prosthetic joint infection. Discussion based on case report. Ann Med Surg (Lond). 2022 Feb 7;75:103339.*

33. *Fröschen F. S., Walter S. G., Randau T. M., Gravius N., Gravius S., Hischebeth GTR. The use of negative pressure wound therapy increases failure rate in debridement and implant retention for acute prosthetic joint infection. Technol Health Care. 2020; 28(6):721–731.*

34. *Izakovicova P., Borens O., Trampuz A. Periprosthetic joint infection: current concepts and outlook. EFORT Open Rev. 2019 Jul 29;4(7):482–494.*

35. *Şahin E., Rizalar S., Özker E. Effectiveness of negative-pressure wound therapy compared to wet-dry dressing in pressure injuries. J Tissue Viability. 2022 Feb;31(1):164–172.*

## References

1. *Stannard J. P., Volgas D. A., Stewart R., McGwin G. Jr., Alonso J. E. Negative pressure wound therapy after severe open fractures: a prospective randomized study. J Orthop Trauma. 2009 Sep;23(8):552–7.*

2. *Iheozor-Ejiogor Z., Newton K., Dumville J. C., Costa M. L., Norman G., Bruce J. Negative pressure wound therapy for open traumatic wounds. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Jul 3;7(7):CD012522.*

3. *Bhattacharyya T., Mehta P., Smith M., Pomahac B. Routine use of wound vacuum-assisted closure does not allow coverage delay for open tibia fractures. Plast Reconstr Surg. 2008 Apr;121(4):1263–1266.*

4. *Costa M. L., Achten J., Bruce J., Tutton E., Petrou S., Lamb S. E., Parsons N. R.; UK WOLLF Collaboration. Effect of Negative Pressure Wound Therapy vs Standard Wound Management on 12-Month Disability Among Adults With Severe Open Fracture of the Lower Limb: The WOLLF Randomized Clinical Trial. JAMA. 2018 Jun 12;319(22):2280–2288.*

5. *Sergeev K. N., ZHaglin A. V. Ispol'zovanie sistemy lecheniya ran otricatelnym davleniem u pacientov s oslozhnennoj kostnoj travmoy // Rany i ranevye infekcii. – 2014. T. 1, № 2. – S. 44–50.*

6. *Sweere V., Sliepen J., Haidari S., Depypere M., Mertens M., Ijpma F., Metsemakers W. J., Govaert G. Use of negative pressure wound therapy in patients with fracture-related infection more than doubles the risk of recurrence. Injury. 2022 Dec;53(12):3938–3944.*

7. *Riechelmann F., Kaiser P., Arora R. Primäres Weichteilmanagement bei offenen Frakturen [Primary soft tissue management in open fracture]. Oper Orthop Traumatol. 2018 Oct;30(5):294–308.*

8. *Rupp M., Popp D., Alt V. Prevention of infection in open fractures: Where are the pendulums now? Injury. 2020 May;51 Suppl 2:S57–S63.*

9. *Arti H., Khorami M., Ebrahimi-Nejad V. Comparison of negative pressure wound therapy (NPWT) & conventional wound dressings in the open fracture wounds. Pak J Med Sci. 2016 Jan-Feb;32(1):65–9.*

10. *Nair A. V., Nazar P., Sekhar R., Ramachandran P., Moorthy S. Morel-Lavallée lesion: A closed degloving injury that requires real attention. Indian J Radiol Imaging. 2014 Jul;24(3):288–90.*

11. *Loktionov P. V. Opyt lecheniya ran nizhnih konechnostey s obshirnoj travmaticheskoy otslojkoj kozhi i podkozhnoy kletchatki / P. V. Loktionov, Yu. V. Gud'z' // Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah. – 2015. – № 1. – S. 22–28.*

12. *Kahveci R.; Turkish Wound Working Group. Negative Pressure Wound Therapy for Complex Surgical Wounds in 59 Patients Across Secondary and Tertiary Care Centers in Turkey. Eplasty. 2022 Nov 22;22:e60.*

13. *Sitnik, A. A.* Vosstanovlenie myagkikh tkanej pri otkrytyh perelomah goleni / A. A. Sitnik, P. A. Volotovskij, A. V. Beleckij // *Medicinskie novosti*. – 2016. – № 11. – S. 37–41.
14. *Bogdanov, S. B.* Sovershenstvovanie sposobov hirurgicheskogo lecheniya v kombustologii s primeneniem vakuumnoj terapii / S. B. Bogdanov, D. N. Marchenko, V. Yu. Ivashchuk // *Plasticheskaya hirurgiya i esteticheskaya medicina*. – 2022. – № 2. – S. 57–62.
15. *Yin Y., Zhang R., Li S., Guo J., Hou Z., Zhang Y.* Negative-pressure therapy versus conventional therapy on split-thickness skin graft: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2018 Feb;50:43–48.
16. *Yin Y., Zhang R., Li S., Guo J., Hou Z., Zhang Y.* Negative-pressure therapy versus conventional therapy on split-thickness skin graft: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2018 Feb;50:43–48.
17. *Ward C., Ciraulo D., Coulter M., Desjardins S., Liaw L., Peterson S.* Does treatment of split-thickness skin grafts with negative-pressure wound therapy improve tissue markers of wound healing in a porcine experimental model? *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Aug;73(2):447–51.
18. *Does the application of incisional negative pressure therapy to high-risk wounds prevent surgical site complications? A systematic review / M. J. Ingarciola, L. N. Daniali, E. S. Lee et al. // Eplasty*. – 2013. – Vol. 20. №13. – e 49.
19. *Howell R. D., Hadley S., Strauss E., Pelham F. R.* Blister formation with negative pressure dressings after total knee arthroplasty. *Curr Orthop Pract*. 2011; 22(2):176–9.
20. *Chau W. W., Lo K. C., Lau L. C., Ong M. T., Ho K. K.* Single use Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) system in the management of knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 May 5; 24(1):351.
21. *Kunze K. N., Hamid K. S., Lee S., Halvorson J.J., Earhart J. S., Bohl D. D.* Negative-Pressure Wound Therapy in Foot and Ankle Surgery. *Foot Ankle Int*. 2020 Mar;41(3):364–372.
22. *Zhang D., He L.* A systemic review and a meta-analysis on the influences of closed incisions in orthopaedic trauma surgery by negative pressure wound treatment compared with conventional dressings. *Int Wound J*. 2023 Jan;20(1):46–54.
23. *Gao J., Wang Y., Song J., Li Z., Ren J., Wang P.* Negative pressure wound therapy for surgical site infections: A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs*. 2021 Oct;77(10):3980–3990.
24. *Pervyj opyt ispol'zovaniya vakuumnoj terapii v profilaktike nagnoeniya ushityh ran myagkikh tkanej / V. V. Fedyushkin, S. N. Pyatakov, A. G. Baryshev [i dr.] // Rany i ranevye infekcii. Zhurnal imeni prof. B. M. Kostyuchyonka*. – 2022. – T. 9, № 4. – S. 6–15.
25. *Anagnostakos K., Mosser P.* Bacteria identification on NPWT foams: clinical relevance or contamination? *J Wound Care*. 2012 Jul;21(7):333–4, 336–9.
26. *Han H.S., Kang S.B.* Relations between long-term glycemic control and postoperative wound and infectious complications after total knee arthroplasty in type 2 diabetics. *Clin Orthop Surg*. 2013 Jun;5(2): 118–23.
27. *Carroll K., Dowsey M., Choong P., Peel T.* Risk factors for superficial wound complications in hip and knee arthroplasty. *Clin Microbiol Infect*. 2014 Feb;20(2): 130–5.
28. *Wang B., Cheng W., Liu F., Guo Z., Ji Z., Sun K., Yao M.* Efficacy and safety of vancomycin-loaded calcium sulfate versus conventional surgical debridement for pediatric acute osteomyelitis: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Dec 23;23(1):1124.
29. *Li Q., Song S. F., Zhang W., Wu G. Z., Liu L. Z.* [Clinical study on negative pressure closed drainage combined with vancomycin loaded calcium sulfate and autogenous bone in the treatment of chronic osteomyelitis]. *Zhongguo Gu Shang*. 2017 Nov 25;30(11): 1059–1062.
30. *Kirr R., Wiberg J., Hertlein H.* Klinische Erfahrungen und Ergebnisse über die Anwendung der V. A. C.-Instill bei infizierten Hüft- und Kniegelenksprothesen [Clinical experience and results of using the V. A. C. instill therapy in infected hip- and knee prosthetics]. *Zentralbl Chir*. 2006 Apr;131 Suppl 1: S79–82.
31. *Lehner B., Bernd L.* Anwendung der V. A. C.-Instill-Therapie bei periprothetischen Hüft- und Kniegelenksinfekten [V. A. C.-instill therapy in periprosthetic infection of hip and knee arthroplasty]. *Zentralbl Chir*. 2006 Apr;131 Suppl 1:S160–4.
32. *Tsvetkov V. O., Ivkov A. V., Mikaelyan L. S., Kolovanova O. V.* A promising contribution to negative pressure wound therapy in treatment of prosthetic joint infection. Discussion based on case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022 Feb 7;75:103339.
33. *Fröschen F. S., Walter S. G., Randau T. M., Gravius N., Gravius S, Hischebeth GTR.* The use of negative pressure wound therapy increases failure rate in debridement and implant retention for acute prosthetic joint infection. *Technol Health Care*. 2020;28(6): 721–731.
34. *Izakovicova P., Borens O., Trampuz A.* Periprosthetic joint infection: current concepts and outlook. *EFORT Open Rev*. 2019 Jul 29;4(7):482–494.
35. *Şahin E., Rizalar S., Özker E.* Effectiveness of negative-pressure wound therapy compared to wet-dry dressing in pressure injuries. *J Tissue Viability*. 2022 Feb;31(1):164–172.

Поступила 09.07.2024 г.