

- Smolenskoj gosudarstvennoj meditsinskoj akademii. – Vestnik of Smolensk Medical Academy. (In Russ.)).* 2020;19(3):135-139.
<https://doi.org/10.37903/vsgma.2020.3.19>
39. Кишкань А. А. Особенности изменения характеристик ротовой жидкости у курильщиков электронных сигарет и систем нагревания табака. *Саратовский научно-ме-*

дицинский журнал. 2023;19(1):3-17. [Kishkan A. A. Features of changes in the characteristics of oral fluid in smokers of electronic cigarettes and tobacco heating systems. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal. – Saratov Journal of Medical Scientific.* 2023;19(1):3-17. (In Russ.)). <https://doi.org/10.15275/ssmj1901013>

Поступила 11.01.2024

Сведения об авторах:

Романенко Инесса Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой стоматологии; тел.: +79788330643; e-mail: romanenko-inessa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3678-7290>

Горобец Ирина Валериевна, врач-стоматолог; тел.: +79788816900; e-mail: gorobets1910i@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5978-6488>

Бобков Егор Олегович, студент; e-mail: bobkov5ov55@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-5973-7596>

Горобец Светлана Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии; тел.: +79788812515; e-mail: gorobets0869@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6838-2429>

© Коллектив авторов, 2024
УДК 616-001.4-022.1:616.379-008.64
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2024.19063>
ISSN – 2073-8137

Лечение инфицированных ран при синдроме диабетической стопы локальным отрицательным давлением

Е. В. Печёнкин¹, В. В. Чудин¹, И. А. Полапин¹, Н. И. Кобылятский², А. О. Немчинов²

¹ Ставропольский государственный медицинский университет,
Российская Федерация

² Городская клиническая больница № 3, Ставрополь, Российская Федерация

Treating infected wounds with local negative pressure in diabetic foot syndrome cases

Pechyonkin E. V.¹, Chudin V. V.¹, Polapin I. A.¹, Kobylyatsky N. I.², Nemchinov A. O.²

¹ Stavropol State Medical University, Russian Federation

² City Clinical Hospital № 3, Stavropol, Russian Federation

Вакуум в комплексном лечении больных с длительно незаживающими гнойными раневыми дефектами используется с 90-х годов прошлого столетия. Способ применения вакуум-терапии технически несложен. Важным условием безопасного его проведения является тщательный гемостаз в ходе полной хирургической обработки, удаление инородных тел, ревизия нервов и сосудов. Залогом успешного использования вакуума является применение периодического или постоянного отрицательного давления.

Частые инфекционные осложнения у пациентов с синдромом диабетической стопы становятся серьезной проблемой хирургии, проявляются специфическими поражениями ног, вызванными сложным набором морфофункциональных изменений. Поэтому метод вакуумной терапии, лечение локальным отрицательным давлением, учитывая спектр его лечебного воздействия при инфекционных осложнениях синдрома диабетической стопы, рассматривается как высокоэффективный, патогенетически обоснованный, требующий внедрения и дальнейшего изучения.

Ключевые слова: синдром диабетической стопы, раневая инфекция, локальное отрицательное давление.

Vacuum as an option within comprehensive treatment for patients with long-term non-healing, purulent wound issues, has been used since the 1990s of the last century. The vacuum therapy procedure is technically simple. An important safety condition is thorough hemostasis during complete surgical treatment, removal of foreign bodies, as well as revision of nerves and blood vessels. The key to success in case of employing vacuum is periodic or constant negative pressure.

Frequent infectious complications in patients with diabetic foot syndrome are becoming more and more of a serious challenge faced by surgeons. Such issues are manifested via specific lesions affecting the patient's legs, all this resulting from a complex set of morphofunctional changes. Given this, the method of vacuum therapy, treatment with local negative pressure, in view of the extensive range of its therapeutic effects in dealing with infectious complications of diabetic foot syndrome, is considered as highly effective, pathogenetically justified, and deserving active implementation and further study.

Keywords: diabetic foot syndrome, wound infection, local negative pressure

Для цитирования: Печёнкин Е. В., Чудин В. В., Полапин И. А., Кобыляцкий Н. И., Немчинов А. О. Лечение инфицированных ран при синдроме диабетической стопы локальным отрицательным давлением. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2024;19(3):277-282. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2024.19063>

For citation: Pechyonkin E. V., Chudin V. V., Polapin I. A., Kobylatsky N. I., Nemchinov A. O. Treating infected wounds with local negative pressure in diabetic foot syndrome cases. *Medical News of North Caucasus*. 2024;19(3):277-282. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2024.19063> (In Russ.)

Методику лечения ран с использованием отрицательного давления нельзя назвать новой. Прикладывание к надрезанной коже разогретых в пламени горелок банок, призванных извлечь яды, считавшиеся первопричиной болезни, применение медицинских банок для терапии отрицательным давлением было известно с незапамятных времен и широко применялось в медицинской практике. В начале века доктором Френсисом Фоксом была изобретена «стеклянная пиявка», затем появилась система медицинских банок, созданная доктором Биером, шаровидная конструкция которых вкупе с использованием грушевидных насосов была предназначена для создания вакуума, позволяя извлекать отделяемое из ран. В древней Руси горшки для создания вакуума использовали прогревая их изнутри и прикладывая к проблемным участкам тела. В крестьянских семьях данная методика часто применялась для лечения различных заболеваний. Эти особенности быта не остались без внимания Н. И. Пирогова, который в конечном счете преобразил подходы народной медицины в научно обоснованный метод лечения – вакуум-аспирацию. Позже в медицинскую практику были введены так называемые сухие банки, которые широко использовались в лечении ограниченных гнойных воспалений [1–4].

В период вооруженного конфликта на территории Республики Афганистан советские врачи активно использовали лечение ран с применением отрицательного давления. Казанским доктором Наилем Багаутдиновым была использована комбинация отрицательного давления и абсорбирующих повязок в лечении инфицированных ран, что и в настоящее время является распространенным методом в терапии огнестрельных ранений [4–7].

В ходе клинических исследований по усилению роста грануляционной ткани был достигнут успех при использовании низкого отрицательного давления в сочетании с губчатыми повязками. Было доказано наличие антибактериального и гемостатического эффектов данного сочетания, но уже с высоким отрицательным давлением [8–11].

Доказанная эффективность и возросшие технические возможности медицинской промышленности уже к концу XX века привели к тому, что в производство были запущены первые аппараты, направленные на поддержание отрицательного давления в ране, названные Vacuum Assisted Closure (VAC), давшие начало термину VAC-терапия [12–14].

Современные вакуумные системы оснащены специальными устройствами, обеспечивающими кон-

троль отрицательного давления внутри раны или в определенной области тела. Эти системы обычно состоят из следующих компонентов: насоса, создающего отрицательное давление путем откачивания воздуха из зоны лечения (применяется давление в диапазоне от 50 до 200 мм рт. ст., а наиболее оптимальным принято считать 125 мм рт. ст.), интерфейс, представленный специальными мембранами, мягкими губками, или фиксирующие устройства, которые накладываются на рану или область тела и обеспечивают герметичное уплотнение для создания отрицательного давления, коллекционного резервуара – контейнера, в который откачивается экссудат из раны, и системы контроля для мониторинга и регулирования параметров давления и расхода воздуха.

Для наложения вакуумной повязки актуально применение полиуретановых гидрофильных губок с размером пор от 400 до 2000 мкм. Повышение герметичности систем возможно при использовании специальных паст, например пасты Стомагезив [7, 15, 16].

В ходе многочисленных исследований эффектов применения отрицательного давления было установлено, что его лечебное действие на организм обусловлено следующими эффектами:

- отрицательное давление в вакуумной терапии приводит к стимуляции роста новых сосудов, улучшению качества тканей благодаря поддержанию влажной среды;
- отрицательное давление помогает «вытягивать» из тканей лишнюю жидкость, метаболитические продукты, токсины, бактерии, что способствует очищению тканей, снижению их обсемененности, приводя к ускорению процесса заживления [17];
- вакуумная терапия способна помочь в уменьшении боли, улучшении мобильности суставов, ускорении рассасывания гематом и синяков, а также в улучшении тонуса кожи;
- при прерывистом использовании отрицательного давления стимулируется объемная скорость местного кровотока вплоть до четырехкратного прироста от изначальной величины [18];
- вакуумная терапия стимулирует местное лимфообращение, что способствует понижению давления интерстициальной жидкости и соответственно снижает отечность;
- контактное действие отрицательного давления приводит к растяжению клеток раневой поверхности, что в первую очередь приводит к повышению активности пролиферативных процессов [19, 20];
- отрицательное давление способствует уменьшению общей раневой поверхности раны посредством эффекта стягивания [5, 21, 22];

• происходит снижение парциального давления кислорода в ране, ведущее к ослаблению развивающейся в местной ткани гипоксии [23, 24];

• ввиду отсутствия необходимости частых перевязок существенно снижается время взаимодействия раневых поверхностей с воздухом, различного рода инструментами, руками медицинских работников, что, хоть и косвенно, но является профилактикой обсеменения раны внутрибольничными штаммами микроорганизмов [25, 26];

• повышение местного крово- и лимфообращения создаёт повышенный приток лекарственных средств системного действия, в особенности антибактериальных препаратов [27, 28].

При комплексной терапии высококонтаминированных ран с гнойными полостями и карманами, а также при наличии гнойного поражения прилегающих костей имеет смысл к использованию вакуумной терапии добавить инстилляцию антисептических растворов. Данное сочетание не только повышает эффективность лечения бактериальной инфекции, но и снижает выраженность болевого синдрома [14, 29, 30].

Способ применения вакуум-терапии довольно прост в выполнении. Готовятся все необходимые материалы, включая вакуум-терапевтическое устройство, специальные аппликаторы и гели для ухода за кожей. Кожа очищается с обязательным осушением в соответствующей области, производится хирургическая обработка раны с иссечением нежизнеспособных тканей и извлечением всех инородных тел с обязательным последующим надежным гемостазом. На кожу наносится специальный гель или крем для вакуум-терапии, уменьшающий трение и обеспечивающий легкое скольжение аппликатора по коже. Аспирационная трубка вводится в полиуретановую адсорбирующую повязку, соответствующую размерам раны, или в медицинскую марлю. Поверх наложенной повязки крепят к коже пленку. Устанавливается необходимый режим работы вакуум-терапевтического устройства. Аппликатор наносится на кожу и производится обработка с чередованием периодического и постоянного отрицательного давления [31–34].

Сахарный диабет на сегодняшний день признан одним из самых распространенных в мире хронических заболеваний. Согласно данным ВОЗ им страдает более 422 миллионов людей. Примечательно, что частота сахарного диабета выше в развитых странах, таких как Германия, США, Япония – примерно в полтора раза, тем не менее отмечается рост популяции больных и в странах с низким уровнем развития. По актуальным данным, в России насчитывается более 5 миллионов пациентов с сахарным диабетом, и имеется тенденция к повышению показателя заболеваемости, прогнозирующая достижение планки в 15 миллионов уже к 2030 году. К удручающим статистическим показателям относится процент развития у больных сахарным диабетом поражений нижних конечностей, достигающий 30–80 % от общего числа больных. Нередко эти поражения осложняются развитием инфекций (до 10 %) или язвенных дефектов (до 15 %). Отсюда необходимость регулярного наблюдения больных для своевременной диагностики осложнений, что позволяет вовремя назначить адекватную терапию, не доводя до последнего метода – ампутации пораженной конечности. Число ампутаций конечностей по поводу синдрома диабетической стопы остается высоким, что диктует необходимость разработки новых методик лечения. Одной из таких

методик лечения больных с синдромом диабетической стопы выступает вакуум-терапия [35–39].

Синдром диабетической стопы является серьезным осложнением обоих типов диабета, характеризуется выраженным нарушением кровообращения, повреждением нервных структур, нарушением трофики тканей, развитием язвенных дефектов и образованием входных ворот для инфекции [40–42].

В основе успешного хирургического лечения синдрома диабетической стопы лежит выполнение ряда условий, к которым относятся максимальная разгрузка конечности, полная хирургическая обработка, реконструктивные или восстановительные операции и адекватное ведение пациента в послеоперационный период [43–47].

Всемирной организацией по изучению заживления ран в 2008 году было издано руководство, содержащее свод правил, регулирующих применение вакуумной терапии для достижения её максимальной эффективности [48]:

1. Необходимо выяснение этиологии раневого дефекта, а также наличия или отсутствия сопутствующих патологий. Только индивидуальный подход к каждому клиническому случаю может обеспечить стабилизацию психологического, метаболического и физического состояния больного.

2. Вакуум-терапия является лишь частью комплексной терапии, поэтому первоначально требуется провести определение ее целей, сопоставить с прогнозируемыми результатами, учитывая возможность появления отдаленных осложнений.

3. Основными целями вакуум-терапии являются:

- снижение отека синдрома;
- стимуляция процессов ангиогенеза, увеличение местной перфузии области дефекта;
- стимуляция образования грануляционной ткани;
- уменьшение общей раневой поверхности;
- снижение вероятности осложнений и количества последующих хирургических вмешательств [49, 50].

Использование метода вакуумной терапии позволяет добиться ограничений распространения инфекционного процесса. Не стоит забывать о необходимости поддержания влажной среды, которая обеспечивает барьерную функцию, предупреждая бактериальное обсеменение, сохраняя при этом достаточный уровень мобильности для пациента в стационаре [2, 51, 52].

Необходимо учитывать, что стандартный метод хирургической обработки возможен не всегда и его использование ограничивается локализацией раневого поражения. Соответственно, назначение вакуумной терапии будет ограничено этим фактором (её выполнение требует уверенности в чистоте раны и отсутствии некротических тканей) и глубиной раневого дефекта [53].

4. Контроль лечения требует отслеживания изменения общей площади раневой поверхности в динамике как минимум 1 раз в неделю. Должно происходить уменьшение раны не менее чем на 15 % за двухнедельный период, иначе терапия признается неэффективной и нуждается в корректировке. В случае отсутствия положительной динамики целесообразно отказаться от вакуумной терапии в пользу альтернативных методов, однако сохраняется возможность её применения на более поздних этапах [54].

5. При отслеживании эффективности лечения раневых дефектов с применением вакуумной терапии имеют место следующие признаки:

- динамика размера дефекта;

- эпителизация краевой зоны раневого дефекта;
- образование полноценной грануляционной ткани с суточным приростом не менее 3–5 %;
- значительное снижение или полное отсутствие показателей воспаления [55].

6. Использование вакуум-терапии как единственного метода лечения нецелесообразно. Данный метод может обладать высокой эффективностью лишь в результате его включения в комплексную терапию. Основой лечения по-прежнему остаются обеспечение покоя раневой поверхности, применение антисептика, антибиотикотерапия. Вполне вероятно даже активизация инфекционного процесса в ходе вакуумной терапии, в связи с чем, разумеется, следует ее отменить [56].

Наиболее часто метод вакуум-терапии применяется в ходе лечения именно пациентов с синдромом диабетической стопы, но это не означает, что данный метод не имеет противопоказаний для данной категории больных. Абсолютным противопоказанием для вакуумной терапии будет нестабильный гемостаз, а относительным – глубокие нейроишемические дефекты. Наличие же ишемических язв не является противопоказанием, однако требует хирургической реваскуляризации, поэтому вакуумная терапия в этом случае не будет методом выбора [57, 58].

Следует, однако, выделить категорию пациентов, у которых использование вакуум-терапии для лечения нейроишемических язв может быть оправдано для сокращения общей площади раневой поверхности и ускорения лечения глубоких дефектов ткани. Вакуумную терапию можно назначать для ускорения закрытия остеомиелитических свищей, при этом препятствуя их рецидивированию. Вместе с тем необходимо учитывать, что в случае неконтролируемого остеомиелита использование вакуумной терапии категорически запрещается [58].

Продолжительность вакуумной терапии при лечении синдрома диабетической стопы определяется с учетом конкретного клинического случая, так как невозможно стандартизировать данный метод под различный объем морфологических повреждений. В практике наибольший охват получило первоначальное назначение метода на первые две недели с ежедневной оценкой эффективности для определения дальнейшей тактики [37, 59].

При наличии положительной динамики – уменьшения глубины раны на 15 % за две недели, увеличения здоровой грануляционной ткани на 3–5 %, уменьшения глубины раны и достаточной перфузии – следует продолжить вакуумную терапию до полного заживления.

Если же отмечается отрицательная динамика или незначительное изменение состояния раны, вакуум-терапию целесообразно отменить, заменив альтернативным методом [60].

При назначении вакуумной терапии в комплексном лечении больного с синдромом диабетической стопы следует оценить полноценность проведенных перед этим:

- хирургической обработки раневого дефекта;
- обеспечения контроля инфекционного процесса системной антибактериальной терапией;
- устранения или компенсации ишемии.

При оценке эффективности вакуум-терапии важно не только учитывать ее воздействие на скорость заживления ран, но также на улучшение качества жизни пациентов, которые нуждаются в длительном и сложном лечении. Применение метода может значительно сократить время пребывания пациентов в стационаре, уменьшить интенсивность лечения, сократить затраты на уход, включая частоту смены повязок, количество хирургических вмешательств, а также улучшить результаты [7, 60].

Заключение. Опыт применения вакуумной терапии в России все еще ограничен, что обусловлено сравнительно недавним появлением специализированной техники для его применения. Несмотря на это, метод нашел применение в ряде клиник и медицинских центров. Отмечены эффективность метода вакуумной терапии, его способность облегчать процесс заживления ран. Таким образом, вакуум-терапия является одним из важных методов лечения синдрома диабетической стопы в российской медицинской практике [25, 43, 57, 58, 60]. Учитывая обширный спектр лечебного воздействия на инфицированные раны стопы у больных с сахарным диабетом, метод лечения локальным отрицательным давлением является высокоэффективным, патогенетически обоснованным при данной патологии, требует активного внедрения и дальнейшего изучения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Willy C., Agarwal A., Andersen C. A., Santis G., Gabriel A. [et al.]. Closed incision negative pressure therapy: international multidisciplinary consensus recommendations. *Int. Wound. J.* 2017;14(2):385-398. <https://doi.org/10.1111/iwj.12612>
2. Yadav S., Rawal G., Baxi M. Vacuum assisted closure technique: a short review. *Pan. Afr. Med. J.* 2017;28:246. <https://doi.org/10.11604/pamj.2017.28.246.9606>
3. Wang T., Li X., Fan L., Chen B., Liu J. [et al.]. Negative pressure wound therapy promoted wound healing by suppressing inflammation via down-regulating MAPK-JNK signaling pathway in diabetic foot patients. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2019;150:81-89. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.02.024>
4. Horch R. E. Incisional negative pressure wound therapy for high-risk wounds. *J. Wound. Care.* 2015;24(4):21-28. <https://doi.org/10.12968/jowc.2015.24.Sup4b.21>
5. Оболенский В. Н. Современные методы лечения хронических ран. *Медицинский Совет.* 2016;10:148-154. [Obolensky V. N. Modern methods of treatment of chronic wounds. *Meditsinskii Sovet. – Medical Advice.* 2016;10:148-154. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-10-148-154>
6. Lee H. J., Jang Y. J. Recent Understandings of Biology, Prophylaxis and Treatment Strategies for Hypertrophic Scars and Keloids. *Int. J. Mol. Sci.* 2018;19(3):711. <https://doi.org/10.3390/ijms19030711>
7. Apelqvist J., Willy C., Fagerdahl A. M., Fraccalvieri M., Malmström M. [et al.]. EWMA Document: Negative Pressure Wound Therapy. *J. Wound. Care.* 2017;26(3):154. <https://doi.org/10.12968/jowc.2017.26.Sup3.S1>
8. Rasool A., Bashir S. A., Ahmad P. A., Bijli A. H., Baba U. F. [et al.]. Management of Wounds with Exposed Bones or Tendons in Children by Vacuum-Assisted Closure Therapy: A Prospective Study. *Indian J. Plast. Surg.* 2020;53(1):97-104. <https://doi.org/10.1055/s-0039-3400192>
9. Суздальцев И. В., Печёнкин Е. В., Полапин И. А. Результаты и качество жизни пациентов с осложнёнными формами синдрома диабетической стопы после проведённого комплексного лечения с применением экзогенного монооксида азота. *Современные проблемы науки и образования.* 2016;2. Режим доступа: www.science-education.ru/article/view?id=24415. Ссылка активна на 27.04.2016. [Suzdaltsev I. V., Pechenkin E. V., Polapin I. A. Results and quality of life of patients with complicated forms of diabetic foot syndrome after complex treatment with exogenous nitrogen monoxide. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2016;2. Available at: www.science-education.ru/article/view?id=24415. Accessed April 27, 2016. (In Russ.)].

10. Attia A., Elmenoufy T., Atta T., Harfoush A., Tarek S. Combination of negative pressure wound therapy (NPWT) and Integra dermal regeneration template (IDRT) in the lower extremity wound: Our experience with 4 cases. *JPRAS Open*. 2020;24:32-39. <https://doi.org/10.1016/j.jpra.2020.03.004>
11. Sagi M., Singh J., Kalia A., Dahuja A., Garg S., Garg R. Wound healing of open fractures: comparison of vacuum assisted dressing versus traditional dressing. *Int. J. Orthop. Trauma. Nurs.* 2020;36:100722. <https://doi.org/10.1016/j.ijotn.2019.100722>
12. Diehm Y. F., Loew J., Will P. A., Fischer S., Hundeshagen G. [et al.]. Negative pressure wound therapy with instillation and dwell time (NPWTi-d) with V. A. C. VeraFlo in traumatic, surgical, and chronic wounds-A helpful tool for decontamination and to prepare successful reconstruction. *Int. Wound. J.* 2020;17(6):1740-1749. <https://doi.org/10.1111/iwj.13462>
13. Черкасов М. Ф., Галашокан К. М., Лукаш А. И., Старцев Ю. М., Черкасов Д. М. [и др.]. Лечение ран различной этиологии с применением вакуум-терапии. *Современные проблемы науки и образования*. 2019;6:136. [Cherkasov M. F., Galashokan K. M., Lukash A. I., Startsev U. M., Cherkasov D. M. [et al.]. Treatment of wounds of various etiologies using vacuum therapy. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – *Modern problems of science and education*. 2019;6:136. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17513/spno.29337>
14. Han S. K. Negative-Pressure Wound Therapy. In: Han S. K. editor. *Inn. Ad. Wound Heal.* 2016;183-200. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46587-5_8
15. Anthony H. Efficiency and cost effectiveness of negative pressure wound therapy. *Nurs. Stand.* 2015;30(8):64-70. <https://doi.org/10.7748/ns.30.8.64.s50>
16. Размахнин Е. В., Шангин В. А., Кудрявцева О. Г., Охлопков Д. Ю. Возможности вакуум-инстилляционной терапии с использованием димексида и бетадина в лечении гнойных ран. *Acta Biomedica Scientifica*. 2017;2(6):153-156. [Razmakhnin E. V., Shangin V. A., Kudryavtseva O. G., Okhlopov D. Y. Possibilities of vacuum instillation therapy using dimexide and betadine in the treatment of purulent wounds. *Acta Biomedica Scientifica*. 2017;2(6):153-156. (In Russ.)]. https://doi.org/10.12737/article_5a0a8e0d03dc42.56682733
17. Agarwal P., Kukrele R., Sharma D. Vacuum assisted closure (VAC)/negative pressure wound therapy (NPWT) for difficult wounds: A review. *J. Clin. Orthop. Trauma*. 2019;10(5):845-848. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.06.015>
18. Datta S., Manoly I., Karangelis D., Hasan R. Pseudoaneurysm of right internal mammary artery post vacuum assisted closure therapy – a rare complication and literature review. *Ann. Vasc. Surg.* 2015;17:89-96. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2015.08.010>
19. Aycart M. A., Eble D. J., Ross K. M., Orgill D. P. Mechanisms of Action of Instillation and Dwell Negative Pressure Wound Therapy with Case Reports of Clinical Applications. *Cureus*. 2018;10(9):3377. <https://doi.org/10.7759/cureus.3377>
20. Bali Z. U., Akdeniz C. B., Müezzinoğlu T., Üçer O., Kara E. Comparison of Standard Open Wound Care and Vacuum-assisted Closure Therapy in Fournier's Gangrene. *J. Urol. Surg.* 2020;7(1):42-45. <https://doi.org/10.4274/jus.galenos.2019.3013>
21. Bobkiewicz A., Banasiewicz T., Drews M. Postoperative pancreatic fistula successfully treated with "PEG-Like" endoscopic vacuum therapy. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A*. 2015;25(4):314-318. <https://doi.org/10.1089/lap.2014.0463>
22. D'Angelo F., Monestier L., Zagra L. Active septic arthritis of the hip in adults: what's new in the treatment? A systematic review. *EFORT Open. Rev.* 2021;6(3):164-172. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200082>
23. Федюшкин В. В., Барышев А. Г. Вакуумная терапия в лечении ран различной этиологии: систематический обзор. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2021;28(6):117-132. [Fedyushkin V. V., Baryshev A. G. Vacuum therapy in the treatment of wounds of various etiologies: a systematic review. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik*. – *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2021;28(6):117-132. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-6-117-132>
24. Dessy L. A., Serratore F., Corrias F., Parisi P., Mazzocchi M., Carlesimo B. Retention of polyurethane foam fragments during VAC therapy: a complication to be considered. *Int. Wound J.* 2015;12(2):132-136. <https://doi.org/10.1111/iwj.12062>
25. Шаповалов В. К., Басанкин И. В., Афаунов А. А., Гюльзатян А. А., Тахмязян К. К. [и др.]. Применение вакуумных систем при ранней имплант-ассоциированной инфекции, развившейся после декомпрессивно-стабилизирующих операций при поясничном спинальном стенозе. *Хирургия позвоночника*. 2021;18(3):53-60. [Shapovalov V. K., Basankin I. V., Afaunov A. A., Giulzatian A. A., Takhmazian K. K. [et al.]. The use of vacuum systems in early implant-associated infection that developed after decompression-stabilizing operations for lumbar spinal stenosis. *Khirurgiya pozvonochnika*. – *Spinal surgery*. 2021;18(3):53-60. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14531/ss2021.3.53-60>
26. El-Sabbagh A. H. Negative pressure wound therapy: An update. *Chin. J. Traumatol.* 2017;20(2):103-107. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2016.09.004>
27. Everett E., Mathioudakis N. Update on management of diabetic foot ulcers. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2018;1411:153-165. <https://doi.org/10.1111/nyas.13569>
28. Faschingbauer M., Boettner F., Bieger R., Weiner C., Reichel H., Kappe T. Outcome of Irrigation and Debridement after Failed Two-Stage Reimplantation for Periprosthetic Joint Infection. *Biomed. Res. Int.* 2018;2018:2875018. <https://doi.org/10.1155/2018/2875018>
29. Horch R. E., Beier J. P., Kneser U., Arkudas A. Successful human long-term application of in situ bone tissue engineering. *J. Cell Mol. Med.* 2014;18(7):1478-1485. <https://doi.org/10.1111/jcmm.12296>
30. Anagnostakos K., Mosser P. Bacteria identification on NPWT foams: clinical relevance or contamination. *J. Wound Care*. 2012;21(7):333-339. <https://doi.org/10.12968/jowc.2012.21.7.333>
31. Hämäläinen E., Laurikka J., Huhtala H., Järvinen O. Vacuum assistance therapy as compared to early reconstructive treatment in deep sternal wound infection. *Scand. J. Surg.* 2021;110(2):248-253. <https://doi.org/10.1177/1457496920979289>
32. Funari M. P., Coutinho Neto A. M., Farias G. F. A., de Moura E. G. H., Dos Santos M. E. L. Endoscopic vacuum therapy for postoperative GI fistula. *VideoGIE*. 2020;5(6):241-243. <https://doi.org/10.1016/j.vgie.2020.03.001>
33. Дедов И. И., Шестакова М. В., Викулова О. К. Государственный регистр сахарного диабета в Российской Федерации: статус 2015 г. и перспективы развития. *Сахарный диабет*. 2015;3(18):5-22. [Dedov I. I., Shestakova M. V., Vikulova O. K. State Register of diabetes mellitus in the Russian Federation: the status of 2015 and development prospects. *Sakharnyi diabet*. – *Diabetes mellitus*. 2015;3(18):5-22. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14341/DM201535-22>
34. Huang C., Leavitt T., Bayer L. R., Orgill D. P. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing. *Curr. Probl. Surg.* 2014;51(7):301-331. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2014.04.001>
35. Hultman C. S. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. In: Hultman C. S., editor. *50 Studies Every Plastic Surgeon Should Know*. CRC Press; 2014:331-336. <https://doi.org/10.1201/b17524-51>
36. Kordestani S. S. Wound Healing Process. In: Atlas of Wound Healing. Elsevier. 2019:11-22. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-67968-8.00003-3>
37. Krpata D. M. Wound Closure and Management. *Surg. Infect.* (Larchmt). 2019; 20(2):135-138. <https://doi.org/10.1089/sur.2018.235>
38. Пятаков С. Н., Порханов В. А., Бенсман В. М., Барышев А. Г., Пятакова С. Н. [и др.]. Изучение клинической эффективности метода дозированной тканевой дистракции при лечении дефектов мягких тканей различной этиологии в области нижних конечностей. *Инновационная медицина Кубани*. 2019;2:36-44. [Pyatakov S. N., Porkhanov V. A., Bensman V. M., Baryshev A. G., Pyatakova S. N., Butenko D. V. Study of the clinical efficacy of the method of metered tissue destruction in the treatment of soft tissue defects of various etiologies in the lower extremities. *Innovatsionnaya meditsina Kubani*. – *Innovative medicine of Kuban*. 2019;2:36-44. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2019-14-2-36-44>
39. Li T., Wang G., Yin P., Li Z., Zhang L., Tang P. Adaptive expression of biofilm regulators and adhesion factors

- of *Staphylococcus aureus* during acute wound infection under the treatment of negative pressure wound therapy in vivo. *Exp. Ther. Med.* 2020;20(1):512-520. <https://doi.org/10.3892/etm.2020.8679>
40. Malathi L., Das S., Nair J. T. K., Rajappan A. Chest wall reconstruction: success of a team approach-a 12-year experience from a tertiary care institution. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020;36(1):44-51. <https://doi.org/10.1007/s12055-019-00841-y>
 41. Mazoch M., Montgomery C. Retained wound vacuum foam in non-healing wounds: a real possibility. *J. Wound Care.* 2015;24(6):18-20. <https://doi.org/10.12968/jowc.2015.24.Sup.6.S18>
 42. Nisi F., Marturano F., Natali E., Galzerano A., Ricci P., Peduto V. A. VAC therapy with long term continuous saline infusion for secondary septic peritonitis: A new strategy for the reduction of perioperative risks? *Int. J. Surg. Case. Rep.* 2017;32:62-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2017.02.010>
 43. Miyahara H. S., Serzedello F. R., Ejnisman L., Lima A. L. M., Vicente J. R. N., Helito C. P. Incisional negative-pressure wound therapy in revision total hip arthroplasty due to infection. *Acta. Ortop. Bras.* 2018;26(5):300-304. <https://doi.org/10.1590/1413-785220182605196038>
 44. Müller V., Piper S. K., Pratschke J., Raue W. Intraabdominal continuous negative pressure therapy for secondary peritonitis: an observational trial in a maximum care center. *Acta. Chir. Belg.* 2020;120(3):179-185. <https://doi.org/10.1080/00015458.2019.1576448>
 45. Nakade D. D. V., Zade D. M., Mehta D. J., Gupta D. S., Pandita D. A. Role of vacuum assisted closure (VAC) in treatment of difficult to heal wounds in lower extremity-our experience in 100 cases. *International J. Surg. Sci.* 2020;4(1):445-450. <https://doi.org/10.33545/surgery.2020.v4.i1h.383>
 46. Mintziras I., Miligkos M., Bartsch D. K. High risk of fistula formation in vacuum-assisted closure therapy in patients with open abdomen due to secondary peritonitis – a retrospective analysis. *Langenbecks Arch. Surg.* 2016;401(5):619-625. <https://doi.org/10.1007/s00423-016-1443-y>
 47. Суздальцев И. В., Полапин И. А. Комплексное лечение язвенно-некротических поражений при синдроме диабетической стопы. Ставрополь, 2018. [Suzdaltsev I. V., Polapin I. A. Complex treatment of ulcerative necrotic lesions in diabetic foot syndrome. Stavropol, 2018. (In Russ.)]
 48. Pesonen L. O., Halloran B. G., Aziz A. Prophylactic Groin Wound Vacuum-assisted Therapy in Vascular Surgery Patients at Enhanced Risk for Postoperative Wound Infection. *Ann. Vasc. Surg.* 2018;46:127-133. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2017.07.009>
 49. Potula V. S. Conventional treatment versus vacuum therapy for diabetic foot ulcers treatment. *Int. Surg. J.* 2017;5(1):49. <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20175482>
 50. Shavit E., Pawliwec A., Alavi A., George R. The surgeon's perspective: a retrospective study of wide local excisions taken to healthy subcutaneous fat in the management of advanced hidradenitis suppurativa. *Can. J. Surg.* 2020;63(2):94-99. <https://doi.org/10.1503/cjs.003119>
 51. Федянин С. Д. Влияние совместного применения септомирина и хлоргексидина на бактериальную обсемененность гнойных ран. *Проблемы здоровья и экологии.* 2021;18(1):35-40. [Fedyanin S. D. The effect of the combined use of septomyrin and chlorhexidine on the bacterial contamination of purulent wounds. *Problemy zdorov'ya i ehkologii.* – *Health and environmental issues.* 2021;18(1):35-40. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-1-5>
 52. Scalise A., Calamita R., Tartaglione C., Pierangeli M., Bolletta E. [et al.]. Improving wound healing and preventing surgical site complications of closed surgical incisions: a possible role of Incisional Negative Pressure Wound Therapy. A systematic review of the literature. *Int. Wound J.* 2016;13(6):1260-1281. <https://doi.org/10.1111/iwj.12492>
 53. Shah P. D. O. P. Low Cost Innovative Modification of Vacuum Assisted Wound Therapy. *J. Med. Sci. Clin. Res.* 2018;6(2):161. <https://doi.org/10.18535/jmscr/v6i2.161>
 54. Singh D., Chopra K., Sabino J., Brown E. Practical Things You Should Know about Wound Healing and Vacuum-Assisted Closure Management. *Plast. Rec. Surg.* 2020;145(4):839-854. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000006652>
 55. Vaccaro A. R., Rothman R. H., Albert T. J. Disorders of the skin and soft tissues. In: *Essential Surgical Practice.* CRC Press. 2015;361-388. <https://doi.org/10.1201/b17820-21>
 56. Дедов И. И., Шестакова М. В., Галстян Г. Р., Григорян О. Р., Есаян Р. М. [и др.]. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. *Сахарный диабет.* 2015;1S(18):111-112. [Dedov I. I., Shestakova M. V., Galstyan G. R., Grigoryan O. R., Esayan R. M. [et al.]. Algorithms of specialized medical care for patients with diabetes mellitus. *Sakharnyi diabet.* – *Diabetes mellitus.* 2015;1S(18):111-112. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14341/DM2015IS>
 57. Webster J., Scuffham P., Stankiewicz M., Chaboyer W. P. Negative pressure wound therapy for skin grafts and surgical wounds healing by primary intention. *Coch. Datab. Syst. Rev.* 2014;10:CD009261. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009261.pub3>
 58. Винник Ю. С., Маркелова Н. М., Соловьева Н. С., Шишакская Е. И., Кузнецов М. Н. [и др.]. Современные раневые покрытия в лечении гнойных ран. *Новости хирургии.* 2015;5(23):552-558. [Vinnik Yu. S., Markelova N. M., Solovyova N. S., Shishatskaia E. I., Kuznetsov M. N. [et al.]. Modern wound coatings in the treatment of purulent wounds. *Novosti khirurgii.* – *Surgery news.* 2015;5(23):552-558. (In Russ.)].
 59. Wolvos T. The evolution of negative pressure wound therapy: negative pressure wound therapy with instillation. *J. Wound Care.* 2015;24(4):15-20. <https://doi.org/10.12968/jowc.2015.24.Sup4b.15>
 60. Гафиуллиев М. Р., Суворова С. А., Орёлкин В. И., Орёлкина Ю. Д. Применение вакуумной аспирационной системы для лечения гнойных ран передней брюшной стенки после осложненной абдоминопластики. Раны и раневые инфекции. *Журнал им. проф. Б. М. Костюченко.* 2019;6(3):44-49. [Gafulllov M. R., Suvorova S. A., Gorelkin V. I., Orelkina Yu. D. Application of a vacuum aspiration system for the treatment of purulent wounds of the anterior abdominal wall after complicated abdominoplasty. Wounds and wound infections. *Zhurnal im. prof. B. M. Kostyuchenka.* – *The journal named after prof. B. M. Kostyuchenka.* 2019;6(3):44-49. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2019-6-3-44-49>

Поступила 05.03.2024

Сведения об авторах:

Печёнкин Евгений Владимирович, кандидат медицинских наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой факультетской хирургии; тел.: +79624019450; e-mail: docent26ev@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-1574-5314>

Чудин Владислав Вячеславович, ассистент; тел.: +79187441274; e-mail: chudinvlad@ro.ru; <https://orcid.org/0009-0003-3045-5823>

Полапин Иван Анатольевич, кандидат медицинских наук, ассистент; тел.: +79187766312; e-mail: gecsl@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-7667-7778>

Кобыляцкий Никита Игоревич, врач-хирург; тел.: +79187550750; e-mail: nikitakob@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-3603-1008>

Немчинов Александр Олегович, кандидат медицинских наук, заведующий хирургическим отделением, врач-хирург; тел.: +79289824858; e-mail: alex1980play@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-3045-5823>