

<https://doi.org/10.17238/2072-3180-2023-4-104-111>

УДК 616-001.4-002.3:615.81

© Гайворонская Т.В., Гуленко О.В., Новикова И.С., 2023

Обзор/Review



ВАКУУМ-ТЕРАПИЯ В УХОДЕ ЗА ГНОЙНОЙ РАНОЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Т.В. ГАЙВОРОНСКАЯ, О.В. ГУЛЕНКО, И.С. НОВИКОВА

Кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 350063, Краснодар, Россия

Резюме

Введение. В настоящее время применение метода вакуумной терапии ран различной этиологии и локализации становится все более популярным. Проведено множество исследований, доказывающих положительное влияние данного метода на течение раневого процесса, однако статуса метода выбора/стандарта в хирургической практике он так и не приобрел.

Цель исследования. Провести анализ противоречивых результатов терапии ран локальным отрицательным давлением в сравнении с традиционным уходом.

Материалы и методы исследования. В базах данных произведен поиск рандомизированных контролируемых испытаний и обзоров, в которых производилось сравнение постоперационного лечения гнойных ран стандартными методами и отрицательным давлением за период 1993–2021 гг. В ходе анализа применен ряд методов исследования: исторический, описательно-аналитический, интернет- и контент-анализ.

Результаты исследования. В настоящее время, устройство VAC используются как универсальный инструмент в арсенале заживления ран, помимо этого, они выступают в качестве дополнительного ресурса у пациентов с коморбидным фоном. Данный метод лечения применим на анатомически сложных раневых поверхностях, что выгодно отличает его от других. Применение вас-терапии сопряжено с возникновением ряда осложнений, однако частота их возникновения весьма незначительна, что позволяет считать ее безопасным.

Заключение. Вас-терапия является перспективным и эффективным методом лечения ран различной этиологии, течения и локализации, выгодно отличающимся от других методик низкой частотой развития осложнений, высокой эффективностью, возможностью применения в анатомически сложных областях и снижением уровня затрат при проведении терапии.

Ключевые слова: лечение ран, аспирационная повязка, отрицательное давление, VAC, вакуум-терапия

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Гайворонская Т.В., Гуленко О.В., Новикова И.С. Вакуум-терапия в уходе за гнойной раной: обзор литературы. *Московский хирургический журнал*, 2023. № 4. С. 104–111. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2023-4-104-111>

Вклад авторов: Гайворонская Т.В., Гуленко О.В., Новикова И.С. – разработка концепции и дизайна исследования; Гайворонская Т.В., Гуленко О.В., Новикова И.С. – сбор данных, анализ и интерпретация полученных данных; Новикова И.С. – подготовка опубликованной работы; Гуленко О.В. – участие в научном дизайне; Гайворонская Т.В. – критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания; Новикова И.С. – подготовка, создание опубликованной работы в части визуализации и отображения данных.

VACUUM THERAPY IN THE CARE OF A PURULENT WOUND: LITERATURE REVIEW

TATIANA V. GAIVORONSKAYA, OLGA V. GULENKO, IRINA S. NOVIKOVA

Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery of the Kuban State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 350063, Krasnodar, Russia

Abstract

Introduction. Currently, the use of the method of vacuum therapy of wounds of various etiologies and localization is becoming more and more popular. Many studies have been conducted proving the positive effect of this method on the course of the wound process, but it has not acquired the status of the method of choice/standard in surgical practice.

The purpose of the study. To analyze the contradictory results of wound therapy with local negative pressure in comparison with traditional care.

Materials and methods of research. The databases were searched for randomized controlled trials and reviews comparing postoperative treatment of purulent wounds with standard methods and negative pressure for the period 1993–2021. In the course of the analysis, a number of research methods were applied: historical, descriptive-analytical, Internet and content analysis.

The results of the study. Currently, the VAC device is used as a universal tool in the arsenal of wound healing, in addition, they act as an additional resource in patients with a comorbid background. This method of treatment is applicable on anatomically complex wound surfaces, which distinguishes it from

others. The use of vac therapy is associated with the occurrence of a number of complications, but the frequency of their occurrence is very insignificant, which makes it safe to consider it.

Conclusion. Vac therapy is a promising and effective method of treating wounds of various etiologies, course and localization, favorably differing from other methods with a low incidence of complications, high efficiency, the possibility of application in anatomically complex areas and a reduction in the cost of therapy.

Key words: wound treatment, aspiration bandage, negative pressure, VAC, vacuum therapy.

Conflict of interests: none.

For citation: Gayvoronskaya T.V., Gulenko O.V., Novikova I.S. Vacuum therapy in the care of a purulent wound: a literature review. *Moscow Surgical Journal*, 2023, № 4, pp. 104–111. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2023-4-104-111>

Contribution of the authors: Gaivoronskaya T.V., Gulenko O.V., Novikova I.S. – development of the concept and design of the study; Gaivoronskaya T.V., Gulenko O.V., Novikova I.S. – data collection, analysis and interpretation of the data obtained; Novikova I.S. – preparation of the published work; Gulenko O.V. – participation in scientific design; Gaivoronskaya T.V. – critical revision of the draft of the manuscript with the introduction of valuable comments of intellectual content; Novikova I.S. – preparation, creation of the published work in terms of visualization and data display.

Введение

Постоперационный уход за ранами в условиях стационара за последние годы претерпел значительные изменения в контексте используемых лекарственных средств и технологий. Одной из методик, набирающей популярность, стала vac-терапия ран всевозможных этиологий и локализаций [1]. Vac-терапия или терапия отрицательным давлением включает ряд принципиальных составляющих, а именно повязку (дизайн которой изменчив, в зависимости от решаемых задач), связанную посредством трубки со специальным медицинским вакуумом. Данная технология направлена на улучшение процессов заживления за счет умеренной дегидратации, количественного снижения контаминации и усиления перфузии раневой поверхности посредством приложенного отрицательного давления. Vac-терапия может быть применена при лечении различных типов ран, однако чаще всего ее использование показано при хроническом течении раневого процесса.

Несмотря на ряд исследований эффективности этой техники, предполагающих очевидную пользу отрицательного давления на процесс заживления раны, этот способ так и не приобрел статус метода выбора/стандарта в хирургической практике. Более того, ряд научных работ свидетельствует о неубедительности доказательств эффективности vac-терапии. По мнению Прохорова А.В. (2017), механизмы терапевтического воздействия отрицательного давления на раневой процесс окончательно не изучены [2].

Целью настоящего обзора являлся анализ противоречивых результатов терапии ран локальным отрицательным давлением в сравнении с традиционным уходом.

Материалы и методы

Проведен поиск рандомизированных контролируемых испытаний и обзоров, в которых сравнивали постоперационное лечение отрицательным давлением и стандартный уход за раной. Глубина поиска с 1991 г. по март 2021 г. включительно.

Использованные базы данных – MEDLINE, Scopus, EMBASE, Cochrane, eLibrary, CyberLeninka (для статей, написанных на английском и русском языках). Проводилось изучение полного текста статей для проверки степени соответствия исследований критериям приемлемости. Использованные ключевые слова на русском и английском языках поиска: «negative pressure dressing», «negative pressure therapy», «negative pressure wound therapy», «subatmospheric pressure dressing», «subatmospheric pressure therapy», «suction dressing», «topical negative pressure», «VAC», «vacuum assisted closure», «vacuum therapy»; «лечение отрицательным давлением», «vac-терапия ран», «терапия ран отрицательным давлением», «аспирационная повязка», «местное отрицательное давление», «вакуум-терапия». Было определено два, наиболее часто сравниваемых критерия, встречающиеся во всех анализируемых исследованиях: динамика площади раны и скорость заживления в сутках. Были применены следующие методы исследования: исторический, описательно-аналитический, интернет-анализ, а также контент-анализ.

Результаты

Клиническая потребность и целевая аудитория VAC. Заживление ран является финалом сложного взаимодействия между ретикулоэндотелиальной и иммунной системами, при котором на результат влияет ряд внутренних и внешних факторов. В недавнем прошлом для ускорения заживления ран использовался ряд адъювантных терапий, таких как гипербарический кислород, факторы роста и кожные заменители. За последнее десятилетие vac-терапия серьезно заинтересовала хирургов разных специализаций, включивших ее в свой арсенал для заживления ран, несмотря на то что метод не является новой концепцией в лечении ран. Вакуум был с успехом использован в основе техники, называемой вакуум-поддержка фасциального закрытия (vacuum assisted fascial closure, VAFC) при лечении открытого живота, и особенно там, где фигурирует выраженная контаминация и механическое загрязнение, массивный отек кишечника и рецидивирующие кровотечения [3]. По данным

некоторых исследований в абдоминальной хирургии, система VAC (vacuum assisted closure) может быть эффективным и экономически оправданным методом контроля оттока из кожно-кишечных свищей, косвенно ускоряющим заживление мацерированной кожи вокруг фистулы [4]. Установлено, что применение VAC повышает выживаемость и снижает частоту неудач при лечении медиастинита после стернотомии по сравнению с традиционным лечением, дополнительно улучшая раннюю послеоперационную функцию легких и снижая легочные осложнения у пациентов с большими ранами грудины [5]. При лечении пациентов со злокачественными новообразованиями VAC в сочетании с повязкой, насыщенной серебром, сокращалась общая продолжительность лечения, снижалась вероятность проведения дополнительных хирургических процедур, что позволяло проводить повторную брахитерапию и применение внешнего луча. Последовательное облучение не оказывало влияния на соседние ткани лоскута, которые беспрепятственно заживали после транспозиции. Таким образом, комбинация VAC и брахитерапии может эффективно заменить косвенные и трудоемкие интраоперационные процедуры лучевой терапии [6]. Отмечено эффективное применение VAC для заживления или улучшения клинического профиля ран в различных случаях: обнаженная кость и связки у ожоговых пациентов; обширные раны после некротического фасциита; спасение аллопластических материалов, подвергшихся экспозиции в облучаемых ранах; обнаженные фиксирующие конструкции в ранах позвоночника; улучшение биоинженерных тканевых трансплантатов в ранах диабетической стопы; при лечении инфицированных сосудистых трансплантатов и в хронических пилонидальных синусах [7]. У пациентов с сахарным диабетом наличие высокой бактериальной нагрузки на рану и такие осложнения, как полинейропатия и периферическая ангиопатия, приводят к язвам стоп, гангрене и остеоартропатии, что может потребовать частичной или полной ампутации [8]. Свободная пересадка лоскута или пластика местными тканями часто затруднены или невозможны из-за нарушения артериального кровообращения, однако, в подобных клинических случаях, VAC может существенно облегчить заживление ран [9].

Santosa KB et. all (2018) провели литературный поиск работ, посвященных терапии ран отрицательным давлением у детей грудного возраста, а также периода первого и второго детства [10]. Учитывая низкий процент серьезных осложнений в «педиатрической популяции», авторы пришли к выводу, что VAC-терапия демонстрирует не только широкое применение метода во всех возрастных группах и областях, но и является достаточно безопасным и эффективным инструментом заживления ран [10].

«Вакуумное заживление» также использовалось в протоколах двухэтапных вмешательств на обширных ранах нижних конечностей для полного закрытия дефектов или подготовки ран ко второму этапу, что позволяло планировать окончательную реконструктивную операцию свободным (кожным)

лоскутом у тяжелых пациентов с минимальным риском. Результаты работы Поповой А.Н. с соавт. (2021) демонстрирует успешное выполнение аутодермопластики расщепленными перфорированными кожными трансплантатами обширных рвано-укушенных ран верхних конечностей, предварительно подвергшимися терапии отрицательным давлением. На фоне проведенной вакуум-терапии отмечалось купирование воспалительных явлений, покрытие ран грануляционной тканью, сглаживание раневых участков с поверхностью кожи, что явилось благоприятным фоном для дальнейшей реконструкции [11].

Использование в челюстно-лицевой области. По данным Монакова В.А. (2014), использование вакуум-терапии при лечении гнойных ран в челюстно-лицевой области способствовало сокращению сроков реабилитации, улучшению функциональных и косметических результатов, что позволяет рекомендовать данный метод в лечении больных с одонтогенными флегмонами [12]. Исследование Кабановой А.А. и Походенько-Чудаковой И.О. (2019), посвященное комплексному лечению пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюсти, осложненным флегмоной прилежащих клетчаточных пространств, с участием вакуум-терапии, указывает на положительные изменения в ряде клинических характеристик: улучшение иммунного ответа, микроциркуляции и ускорение процесса очищения гнойной раны, что обеспечило благоприятные условия для регенеративных процессов [13].

Патогенетические механизмы регенерации с участием вакуум-терапии. Исследования терапии VAC in vitro показали активизацию миграции фибробластов, усиление пролиферации через митоз и создание микросреды, которая способствует образованию грануляционной ткани [14]. Эти данные также согласуются с экспериментальными исследованиями на кроликах, констатирующими факт стимуляции ангиогенеза за счёт увеличения калибра капилляров и объема крови в зоне влияния VAC. Кроме того, при локальном воздействии отрицательного давления, те же авторы, наблюдали сужение эндотелиальных пространств и восстановление целостности базальных мембран капилляров, что уменьшало отёк тканей за счёт снижения проницаемости кровеносных сосудов и удаления избыточной жидкости из раны. Также было показано повышенное образование грануляционной ткани при различных режимах использования VAC [15]. По мнению Левчук А.Л. с соавт. (2020), ангиогенез в ране запускается за счёт микродеформации под влиянием VAC, которая приводит к увеличению давления на подповерхностные ткани, что способствует сдавлению мелких кровеносных сосудов и обратимому дефициту микроциркуляции. Местное снижение градиента циркуляции создает картину гипоксии в тканях, которая благоприятствует появлению новых сосудов в ране [16].

Бактериальная контаминация раны – это один из ведущих причинных факторов нарушения заживления с доказанным уровнем колонизации >10⁵ колоний бактерий на грамм ткани. Однако к однозначному мнению по вопросу влияния VAC на

бактериальную колонизацию авторы не пришли. Часть исследований показали значительное уменьшение количества микроорганизмов в тканях после четырех дней применения, однако их оппоненты утверждают обратное, а именно, увеличение бактериальной колонизации при лечении VAC-терапией в диапазоне 104–106 [17]. По мнению части авторов, VAC-воздействие существенно снижает микробную обсемененность инфицированной раны, что ускоряет переход экссудативной фазы воспаления к пролиферативной [18]. В связи с этим, некоторые авторы предположили возможность использования вакуум-терапии как альтернативы антибактериальному медикаментозному лечению [18, 19]. Однако, по мнению Дорониной Л.П. и Токмаковой А.Ю. (2008), VAC не может применяться в качестве монотерапии при наличии раневой инфекции, так как данные условия диктуют тщательное наблюдение за состоянием дна раны, характером экссудата и т.д. При прогрессировании инфекционного процесса авторы рекомендуют отменить VAC с назначением системной антибиотикотерапии [20].

В отечественной литературе имеются исследования, указывающие на деформацию раневого ложа и уменьшение площади раны под воздействием отрицательного давления [12, 18].

Исследования *in vitro* показали, что приложение механических сил, таких как VAC, может активизировать заживления ран за счет стимулирования деления клеток, ангиогенеза и локальной выработки факторов роста [21]. При воздействии вакуум-терапии сохраняется и поддерживается влажность раневой среды, что также является фактором, стимулирующим ангиогенез, фибринолиз и функционирование факторов роста [18]. Циклическое приложение субатмосферного давления меняет цитоскелет клеток в раневом ложе и запускает каскад внутриклеточных сигналов, способствующих увеличению скорости деления клеток и последующего образования грануляционной ткани [21]. Применение метода VAC во время заживления ран увеличивает экспрессию белка Bcl-2, связанного с апоптотической модуляцией, и, влияет на экспрессию белка NGF / NGFmRNA, который, по мнению автора, может способствовать процессу заживления ран [22]. Также, одним из механизмов заживления хронических ран при использовании VAC считается подавление экспрессии мРНК MMP-1, 2, 13 и синтеза белка, что способствует снижению деградации коллагена и желатина [23].

При изучении вазомоторных реакций бедренных артерий свиней, в период VAC-воздействия, было показано усиление вазоконстрикции, опосредованной рецепторами эндотелина типа A и B, что может быть компенсировано более эффективным эндотелий-зависимым расширением сосудов. В артериях, подвергшихся воздействию VAC, не наблюдалось спонтанного кровотечения, перфорации, расслоения или других макроскопических изменений [24]. Давление в ране ниже атмосферного (125 мм ртутного столба) способствует заживлению раны посредством вторичного или третичного натяжения: воздействие макронапряжения (центростремительной силы) сближает края

раны, а макронапряжение (воздействие на микроциркуляцию) вызывает растяжение клеток, усиление перфузии тканей, митоз клеток и пролиферацию фибробластов, тем самым создавая условия для заживления ран на клеточном уровне [24]. Кроме того, исследование Богданова К.Д. и Близнёвой Н.С. (2020) показало достоверное увеличение размера фибробласта и его ядра в 1,5–2 раза, а также диаметра сосудов и их количества ($p < 0,01$) в ране при воздействии вакуум-терапии [25].

Отрицательные эффекты VAC. Низкое отрицательное давление во время лечения, особенно в мягких тканях, способно минимизировать возможные ишемические эффекты, а периодическая терапия VAC способна еще больше увеличить кровоток. Так, в клинических наблюдениях Якубов Р.А. и др. (2017), упоминалось о возникновении петехиальных и аррозивных кровотечений в 12,5 % случаев после применения вакуум-терапии [26]. Также, вывод об осторожности использования VAC при лечении ран со значительно обнаженными сосудами был сделан White (2005), показавшим, что отрицательное давление способно провоцировать возникновение эрозии и кровотечения левой передней большеберцовой артерии при лечении ран соответствующей локализации, а также при обширных ранах с нарушением целостности кожи [27]. Наряду с этим, Santosa KB (2020) описывает 12 летальных исходов и 174 осложнений у детей при использовании устройства VAC-терапии. Примечательно, что в числе указанных случаев 9 смертей и 27 осложнений были связаны с кровотечением. По мнению того же автора, опасными исходами применения вакуум-терапии у детей являются развитие сепсиса и септицемии, а также образование свищей [28]. В свою очередь, Якубов Р.А. и др. (2017) в своем исследовании также отмечали образование кишечного свища в послеоперационном периоде у взрослых пациентов с VAC-терапией [26]. Однако несмотря на вышеприведенные данные, упомянутые авторы считают процент грозных осложнений весьма незначительным, что позволяет считать VAC-терапию безопасным способом лечения, в том числе в младшем детском возрасте [26, 28]. Некоторые пациенты жаловались на болевые ощущения или дискомфорт во время первой процедуры, но снижение давления во время аспирации помогало минимизировать боль и/или дискомфорт.

Таким образом, абсолютные противопоказания для использования VAC-терапии включают прямой контакт окклюзионной повязки с открытыми кровеносными сосудами, анастомозами, органами, нервами, злокачественными новообразованиями, некишечными и необъяснимыми свищами. Относительные противопоказания включают применение VAC в ранах, которые склонны к кровоточивости, со значительной эксфолиацией и некрозом кожи, у пациентов без адекватного гемостаза раны и/или принимающих антикоагулянты или ингибиторы агрегации тромбоцитов. Такие больные должны находиться под наблюдением на предмет внезапного кровотечения, которое при отсутствии должной помощи может привести к летальному исходу.

Экономическая оценка методики. Анализ экономической составляющей показал, что терапия VAC была вполне рентабельной, в том числе у детей [24, 28]. Следует отметить, что вакуумные повязки фиксируют бесценно на длительный срок. Это позволяет, даже в первую фазу раневого процесса, обходиться без частых перевязок, препаратов для лечения ран (экономия материала, времени, снижение нагрузки на персонал). Отсутствие необходимости в частых перевязках у стационарного больного означает минимизацию контакта раны с инструментарием, воздухом лечебного учреждения и руками медицинского персонала, что, бесспорно, снижает риск контаминации раны госпитальными штаммами микроорганизмов и является дополнительной профилактикой внутрибольничных инфекций [18]. Все перечисленные факты в совокупности сокращают период стационарного лечения на 2-е суток, что имеет весомое социально-экономическое значение [13]. В свою очередь, Гамзатов и др. (2014) считают VAC экономически выгодным методом лечения инфицированных ран, нанесенных животными, позволяющий снизить расходы и минимизировать продолжительность лечения [29]. По мнению, изложенному в выводах «Консенсуса по применению терапии ран отрицательным давлением при диабетических ранах стопы», терапия VAC, в сравнении с обычным лечением, снижает количество перевязок, потребление медицинских расходных материалов и потребность в человеческих ресурсах, что приводит к снижению затрат на лечение и медицинских расходов, повышая общий коэффициент эффективности лечения [7].

Обсуждение

Устройство VAC можно рассматривать как универсальный инструмент в арсенале заживления ран и дополнительный ресурс, способный принести значительную пользу при заживлении ран у пациентов с коморбидным фоном. К достоинствам метода также можно отнести возможность его использования на анатомически сложных раневых поверхностях, в том числе и в челюстно-лицевой области [2, 12, 13]. Однако, когда инфекция обширна или распространяется на несколько слоев тканей, приходится сталкиваться со скоплением жидкости в участках со сложным доступом даже при вакуумной терапии [30]. Также, фиксация повязки дренажной системы на раны челюстно-лицевой области сопряжена с определенными трудностями ввиду особенностей разных анатомических зон. Несмотря на неугасающий интерес к этому методу лечения, следует отметить дефицит исследований по применению вакуум-терапии в челюстно-лицевой области при гнойно-воспалительных процессах, особенно с учетом реалий нынешнего периода (проблема резистентности инфекции к антибактериальным препаратам, перегрузка органов здравоохранения в период пандемии коронавирусной инфекции нового типа).

Лечение ран разной этиологии, остроты течения и локализации требует междисциплинарного и системного подхода, в

рамках которого именно VAC может стать важным дополнительным методом. Стандартизированное лечение и применение терапии отрицательным давлением потенциально может улучшить дренаж раневого экссудата, перфузию раны, тем самым, способствуя её заживлению.

К числу потенциальных рисков описываемой методики относятся: кровотечения, возникновение эрозий, развитие сепсиса и септицемии, образование свищей, развитие токсического шока.

Заключение

Проведенный анализ многочисленных публикаций коллег и литературных источников позволяет сделать вывод о перспективности и эффективности применения vac-терапии в качестве дополнительного метода лечения ран различной этиологии, течения и локализации. Однако, потенциальные риски обсуждаемой методики требуют более детального изучения механизмов ее действия для определения четких показаний, противопоказаний, формирования клинических рекомендаций по применению и прогностической оценке потенциальных эффектов.

Список литературы:

1. Suissa D., Danino A., Nikolis A. Negative-pressure therapy versus standard wound care: a meta-analysis of randomized trials. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 128(5), pp. 498e–503e. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e31822b675c>
2. Прохоров А.В. Современный взгляд на гангрену Фурнье. *ТМЖ*. 2017. № 1. С. 5–9. <https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.5-9>
3. Rezende-Neto J.B., Camilotti B.G. New non-invasive device to promote primary closure of the fascia and prevent loss of domain in the open abdomen: a pilot study. *Trauma Surg Acute Care Open*, 2020, № 5(1), pp. e000523. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2020-000523>
4. Albayati W.K., Youha S.A., Ali A.A., Fakhra Z. A Randomized Controlled Trial to Assess the Cost-effectiveness of a Novel, Simple Modification to the Negative Pressure Wound Therapy System. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2021, № 9 (8), pp. e3787. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000003787>
5. Fleck T., Gustafsson R., Harding K., Ingemansson R., Lirtzman M.D., Meites H.L., Moidl R., Price P., Ritchie A., Salazar J., Sjögren J., Song D.H., Sumpio B.E., Toursarkissian B., Waldenberger F., Wetzel-Roth W. The management of deep sternal wound infections using vacuum assisted closure (V.A.C.) therapy. *Int Wound J*, 2006, № 3(4), pp. 273–280. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2006.00273.x>
6. Naghavi A.O., Gonzalez R.J., Scott J.G., Mullinax J.E., Abuodeh Y.A., Kim Y., Binitie O., Ahmed K.A., Bui M.M., Saini A.S., Zager J.S., Biagioli M.C., Letson D., Harrison L.B., Fernandez D.C. Implications of staged reconstruction and adjuvant brachytherapy in the treatment of recurrent soft tissue sarcoma. *Brachytherapy*, 2016, № 15 (4), pp. 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.03.013>

7. Ji S., Liu X., Huang J., Bao J., Chen Z., Han C., Hao D., Hong J., Hu D., Jiang Y., Ju S., Li H., Li Z., Liang G., Liu Y., Luo G., Lv G., Ran X., Shi Z., Tang J., Wang A., Wang G., Wang J., Wang X., Wen B., Wu J., Xu H., Xu M., Ye X., Yuan L., Zhang Y., Xiao S., Xia Z. Consensus on the application of negative pressure wound therapy of diabetic foot wounds. *Burns Trauma*, 2021, № 9, pp. tkab018. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkab018>
8. Цюрюпа В.Н., Власова И.В., Зобнина А.В. Современные аспекты скрининговой диагностики диабетической полинейропатии и ангиопатии нижних конечностей у больных сахарным диабетом 2 типа. *Политравма*, 2010. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-aspekty-skriningovoy-dagnostiki-diabeticheskoy-polineuropatii-i-angiopatii-nizhnih-konechnostey-u-bolnyh-saharnym> (дата обращения: 14.11.2023).
9. Мукушев М.М., Жумабаев М.Н., Нурманов К.Ж., Абди Ж.О., Нурбаева Д.С. Современные методы местного лечения ран при синдроме диабетической стопы. *Прикаспийский вестник медицины и фармации*, 2021. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-mestnogo-lecheniya-ran-pri-sindrome-diabeticheskoy-stopu> (дата обращения: 14.11.2023).
10. Santosa K.B., Keller M., Olsen M.A., Keane A.M., Sears E.D., Snyder-Warwick A.K. Negative-Pressure Wound Therapy in Infants and Children: A Population-Based Study. *J Surg Res*, 2019, 235, pp. 560–568. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.10.043>
11. Попов А.Н., Ячевская С.А. Опыт успешного лечения пациентки с обширными и глубокими рвано-укушенными ранами туловища и конечностей, причиненными собакой. *Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченко*, 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-uspeshnogo-lecheniya-patsientki-s-obshirnymi-i-glubokimi-rvano-ukushennymi-ranami-tulovischa-i-konechnostey-prichinennymi> (дата обращения: 14.11.2023).
12. Монаков В.А., Савельев А.Л. Принципиальная схема использования дренажно-вакуумной системы в лечении больных с флегмонами челюстно-лицевой области. *Известия Самарского научного центра РАН*, 2014. № 5–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipalnaya-shema-ispolzovaniya-drenazhno-vakuumnoy-sistemy-v-lechenii-bolnyh-s-flegmonami-chelyustno-litsevoy-oblasti> (дата обращения: 14.11.2023).
13. Кабанова А.А., Походенько-Чудакова И.О. Комплексное лечение острого одонтогенного остеомиелита челюсти, осложненного флегмоной прилежащих клетчаточных пространств. *Современная стоматология*, 2019. № 2 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-lechenie-ostrogo-odontogennogo-osteomielita-chelyusti-oslozhnennogo-flegmonoy-prilezhaschih-kletchatochnyh-prostranstv> (дата обращения: 14.11.2023).
14. Nolf M.C. Filling the vacuum: Role of negative pressure wound therapy in open wound management in cats. *J Feline Med Surg*, 2021, № 23 (9), pp. 823–833. <https://doi.org/10.1177/1098612X211037873>
15. Chen S.Z., Li J., Li X.Y., Xu L.S. Effects of vacuum-assisted closure on wound microcirculation: an experimental study. *Asian J Surg*, 2005, № 28 (3), pp. 211–217. [https://doi.org/10.1016/S1015-9584\(09\)60346-8](https://doi.org/10.1016/S1015-9584(09)60346-8)
16. Левчук А.Л., Сысоев О.Ю., Стойко Ю.М. Применение метода локального отрицательного давления в лечении пациентов с инфицированными сетчатыми эндопротезами после герниопластик. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова*, 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniemetoda-lokalnogo-otritsatelnogo-davleniya-v-lechenii-patsientov-s-infitsirovannymi-setchatymi-endoprotezami-posle> (дата обращения: 14.11.2023).
17. Haidari S., Ipma F.F.A., Metsemakers W.J., Maarse W., Vogely H.C., Ramsden A.J., McNally M.A., Govaert G.A.M. The Role of Negative-Pressure Wound Therapy in Patients with Fracture-Related Infection: A Systematic Review and Critical Appraisal. *Biomed Res Int*, 2021, pp. 7742227. <https://doi.org/10.1155/2021/7742227>
18. Оболенский В.Н., Ермолов А.А. Метод локального отрицательного давления в профилактике и лечении раневых инфекций (обзор литературы). *Медицинский алфавит*, 2017, № 1 (5). С. 49–52.
19. Часнойть А.Ч., Жилинский Е.В., Серебряков А.Е., Лещенко В.Т. Механизмы действия вакуумной терапии ран. *Международные обзоры: клиническая практика и здоровье*, 2015, № 4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-deystviya-vakuumnoy-terapii-ran> (дата обращения: 14.11.2023).
20. Доронина Л.П., Токмакова А.Ю. Применение вакуум-терапии у больных с синдромом диабетической стопы. По материалам 3-го Всемирного конгресса по заживлению ран, Торонто, 4-8 июня 2008 г. *Сахарный диабет*, 2009. 12 (1), С. 67–70. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-5427>
21. Normandin S., Safran T., Winocour S., Chu C.K., Vorstenbosch J., Murphy A.M., Davison P.G. Negative Pressure Wound Therapy: Mechanism of Action and Clinical Applications. *Semin Plast Surg*, 2021, № 35 (3), pp. 164–170. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>
22. Tang S.Y., Chen S.Z., Hu Z.H., Song M., Cao D.Y., Lü X.X. Influence of vacuum-assisted closure technique on expression of Bcl-2 and NGF/NGFmRNA during wound healing. *Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi*, 2004, № 20 (2), pp. 139–142.
23. Zhou M., Yu A., Wu G., Xia C., Hu X., Qi B. Role of different negative pressure values in the process of infected wounds treated by vacuum-assisted closure: an experimental study. *International Wound Journal*, 2013, № 10 (5), pp. 508–115. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2012.01008.x>
24. Al Fadhli A., Alexander G., Kanjoor J.R. Versatile use of vacuum-assisted healing in fifty patients. *Indian J Plast Surg*, 2009, № 42 (2), pp. 161–168. <https://doi.org/10.4103/0970-0358.59273>
25. Богданов К.Д., Близнецова Н.С. Эффективность вакуум-терапии при подготовке хронических ран к аутодермопластике. *FORCIPE*, 2020. № S. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-vakuum-terapii-pri-podgotovke-hronicheskikh-ran-k-autodermoplastike> (дата обращения: 14.11.2023).
26. Якубов Р.А., Бекетов Д.А., Халтурин И.В., Анисимов А.Ю. NPWT-терапия в комплексной лечебной программе панкреатогенного сепсиса. *ПМ*, 2017. № 4 (105). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/npwt-terapiya-v-kompleksnoy-lechebnoy-programme-pankreatogennogo-sepsisa> (дата обращения: 14.11.2023).
27. White R.A., Miki R.A., Kazmier P., Anglen J.O. Vacuum-assisted closure complicated by erosion and hemorrhage of the anterior

tibial artery. *J Orthop Trauma*, 2005, № 19 (1), pp. 56–59. <https://doi.org/10.1097/00005131-200501000-00011>

28. Santosa K.B., Keane A.M., Keller M., Olsen M.A., Sears E.D., Snyder-Warwick A.K. Inpatient Versus Outpatient Management of Negative Pressure Wound Therapy in Pediatric Patients. *J Surg Res*, 2020, № 254, pp. 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.04.025>

29. Гамзатов Г.М., Амирилаева М.М., Магомедова З.А. Вакуум-терапия в лечении гнойных. 2-й Международный конгресс, посвященный 70-летию Института хирургии им. А.В. Вишневского, 2014. С. 112–113.

30. Shin S.H., Park I.K., Kang J.W., Lee Y.S., Chung Y.G. Vacuum-Assisted Closure (VAC) Using Multiple Foam Pieces for Hidden Space Drainage through Less Exposure in Musculoskeletal Infections. *J Hand Surg Asian Pac Vol*, 2018, № 23 (3), pp. 369–376. <https://doi.org/10.1142/S242483551850039X>

References:

1. Suissa D., Danino A., Nikolis A. Negative-pressure therapy versus standard wound care: a meta-analysis of randomized trials. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 128(5), pp. 498e–503e. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e31822b675c>

2. Prokhorov A.V. A modern look at Fournier's gangrene. *TMJ*, 2017, № 1, pp. 5–9. <https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.5-9> (in Russ.)

3. Rezende-Neto J.B., Camilotti B.G. New non-invasive device to promote primary closure of the fascia and prevent loss of domain in the open abdomen: a pilot study. *Trauma Surg Acute Care Open*, 2020, № 5(1), pp. e000523. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2020-000523>

4. Albayati W.K., Youha S.A., Ali A.A., Fakhra Z. A Randomized Controlled Trial to Assess the Cost-effectiveness of a Novel, Simple Modification to the Negative Pressure Wound Therapy System. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2021, № 9 (8), pp. e3787. <https://doi.org/10.1097/GOX.00000000000003787>

5. Fleck T., Gustafsson R., Harding K., Ingemansson R., Lirtzman M.D., Meites H.L., Moidl R., Price P., Ritchie A., Salazar J., Sjögren J., Song D.H., Sumpio B.E., Toursarkissian B., Waldenberger F., Wetzell-Roth W. The management of deep sternal wound infections using vacuum assisted closure (V.A.C.) therapy. *Int Wound J*, 2006, № 3(4), pp. 273–280. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2006.00273.x>

6. Naghavi A.O., Gonzalez R.J., Scott J.G., Mullinax J.E., Abuodeh Y.A., Kim Y., Binitie O., Ahmed K.A., Bui M.M., Saini A.S., Zager J.S., Biagioli M.C., Letson D., Harrison L.B., Fernandez D.C. Implications of staged reconstruction and adjuvant brachytherapy in the treatment of recurrent soft tissue sarcoma. *Brachytherapy*, 2016, № 15 (4), pp. 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.03.013>

7. Ji S., Liu X., Huang J., Bao J., Chen Z., Han C., Hao D., Hong J., Hu D., Jiang Y., Ju S., Li H., Li Z., Liang G., Liu Y., Luo G., Lv G., Ran X., Shi Z., Tang J., Wang A., Wang G., Wang J., Wang X., Wen B., Wu J., Xu H., Xu M., Ye X., Yuan L., Zhang Y., Xiao S., Xia Z. Consensus on the application of negative pressure wound therapy of diabetic foot wounds. *Burns Trauma*, 2021, № 9, pp. tkab018. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkab018>

8. Tsyuryupa V.N., Vlasova I.V., Zobnina A.V. Modern aspects of screening diagnostics of diabetic polyneuropathy and angiopathy of the lower extremities in patients with type 2 diabetes mellitus. *Polytrauma*, 2010, № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-aspekty-skrinningovoy-dagnostiki-diabeticheskoy-polineyropatii-i-angiopatii-nizhnih-konechnostey-u-bolnyh-saharnym> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

9. Mukushev M.M., Zhumabaev M.N., Nurmanov K.Zh., Abdi Zh.O., Nurbayeva D.S. Modern methods of local treatment of wounds in diabetic foot syndrome. *Caspian Bulletin of Medicine and Pharmacy*, 2021, № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-mestnogo-lecheniya-ran-pri-sindrome-diabeticheskoy-stopy> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

10. Santosa K.B., Keller M., Olsen M.A., Keane A.M., Sears E.D., Snyder-Warwick A.K. Negative-Pressure Wound Therapy in Infants and Children: A Population-Based Study. *J Surg Res*, 2019, 235, pp. 560–568. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.10.043>

11. Popov A.N., Yachevskaya S.A. Experience of successful treatment of a patient with extensive and deep lacerated wounds of the trunk and limbs caused by a dog. Wounds and wound infections. *Journal named after Professor B.M. Kostyuchenka*, 2021, № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-uspeshnogo-lecheniya-patsientki-s-obshirnymi-i-glubokimi-rvano-ukushennymi-ranami-tulovischa-i-konechnostey-prichinennymi> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

12. Manakov V.A., Savelyev A.L. Schematic diagram of the use of a drainage-vacuum system in the treatment of patients with phlegmon of the maxillofacial region. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, № 5–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiplnaya-shema-ispolzovaniya-drenazhno-vakuumnoy-sistemy-v-lechenii-bolnyh-s-flegmonami-chelyustno-litsevoy-oblasti> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

13. Kabanova A.A., Pokhodenko-Chudakova I.O. Complex treatment of acute odontogenic osteomyelitis of the jaw complicated by phlegmon of adjacent cellular spaces. *Modern Dentistry*, 2019, № 2 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-lechenie-ostrogo-odontogennogo-osteomielita-chelyusti-oslozhnennogo-flegmonoy-prilezhaschih-kletchatochnyh-prostranstv> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

14. Löff M.C. Filling the vacuum: Role of negative pressure wound therapy in open wound management in cats. *J Feline Med Surg*, 2021, № 23 (9), pp. 823–833. <https://doi.org/10.1177/1098612X211037873>

15. Chen S.Z., Li J., Li X.Y., Xu L.S. Effects of vacuum-assisted closure on wound microcirculation: an experimental study. *Asian J Surg*, 2005, № 28 (3), pp. 211–217. [https://doi.org/10.1016/S1015-9584\(09\)60346-8](https://doi.org/10.1016/S1015-9584(09)60346-8)

16. Levchuk A.L., Sysoev O.Yu., Stoiko Yu.M. Application of the method of local negative pressure in the treatment of patients with infected mesh endoprostheses after hernioplasty. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov*, 2020, № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-lokalnogo-otritsatelnogo-davleniya-v-lechenii-patsientov-s-infitsirovannymi-setchatymi-endoprotezami-posle> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

17. Haidari S., Ijpmma F.F.A., Metsemakers W.J., Maarse W., Vogely H.C., Ramsden A.J., McNally M.A., Govaert G.A.M. The Role of Negative-Pressure

sure Wound Therapy in Patients with Fracture-Related Infection: A Systematic Review and Critical Appraisal. *Biomed Res Int*, 2021, pp. 7742227. <https://doi.org/10.1155/2021/7742227>

18. Obolensky V.N., Ermolov A.A. The method of local negative pressure in the prevention and treatment of wound infections (literature review). *Medical Alphabet*, 2017, № 1 (5), pp. 49–52. (In Russ.)

19. Chasnoy A.Ch., Zhilinsky E.V., Serebryakov A.E., Leshchenko V.T. Mechanisms of action of vacuum therapy of wounds. *International Reviews: Clinical Practice and Health*, 2015, № 4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-deystviya-vakuumnoy-terapii-ran> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

20. Doronina L.P., Tokmakova A.Yu. Application of vacuum therapy in patients with diabetic foot syndrome. Based on the materials of the 3rd World Congress on Wound Healing, Toronto, June 4–8, 2008. *Diabetes Mellitus*, 2009, № 12 (1), pp. 67–70. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-5427> (in Russ.)

21. Normandin S., Safran T., Winocour S., Chu C.K., Vorstenbosch J., Murphy A.M., Davison P.G. Negative Pressure Wound Therapy: Mechanism of Action and Clinical Applications. *Semin Plast Surg*, 2021, № 35 (3), pp. 164–170. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731792>

22. Tang S.Y., Chen S.Z., Hu Z.H., Song M., Cao D.Y., Lü X.X. Influence of vacuum-assisted closure technique on expression of Bcl-2 and NGF/NGFmRNA during wound healing. *Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi*, 2004, № 20 (2), pp. 139–142.

23. Zhou M., Yu A., Wu G., Xia C., Hu X., Qi B. Role of different negative pressure values in the process of infected wounds treated by vacuum-assisted closure: an experimental study. *International Wound Journal*, 2013, № 10 (5), pp. 508–115. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2012.01008.x>

24. Al Fadhli A., Alexander G., Kanjoor J.R. Versatile use of vacuum-assisted healing in fifty patients. *Indian J Plast Surg*, 2009, № 42 (2), pp. 161–168. <https://doi.org/10.4103/0970-0358.59273>

25. Bogdanov K.D., Kuznetsova N.S. The effectiveness of vacuum therapy in the preparation of chronic wounds for autodermoplasty. *FORCIPE*, 2020, № S. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-vakuum-terapii-pri-podgotovke-hronicheskikh-ran-k-autodermoplastike> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

26. Yakubov R.A., Beketov D.A., Khalturin I.V., Anisimov A.Yu. NPWT therapy in the complex treatment program of pancreatogenic sepsis. *PM*, 2017, № 4 (105). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/npwt-terapiya-v-kompleksnoy-lechebnoy-programme-pankreatogennogo-sepsisa> (date of application: 14.11.2023). (In Russ.)

27. White R.A., Miki R.A., Kazmier P., Anglen J.O. Vacuum-assisted closure complicated by erosion and hemorrhage of the anterior tibial artery. *J Orthop Trauma*, 2005, № 19 (1), pp. 56–59. <https://doi.org/10.1097/00005131-200501000-00011>

28. Santosa K.B., Keane A.M., Keller M., Olsen M.A., Sears E.D., Snyder-Warwick A.K. Inpatient Versus Outpatient Management of Negative Pressure Wound Therapy in Pediatric Patients. *J Surg Res*, 2020, № 254, pp. 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.04.025>

29. Gamzatov G.M., Amirilaeva M.M., Magomedova Z.A. Vacuum therapy in the treatment of purulent. *2nd International Congress dedicated*

to the 70th anniversary of the Vishnevsky Institute of Surgery, 2014, pp. 112–113. (In Russ.)

30. Shin S.H., Park I.K., Kang J.W., Lee Y.S., Chung Y.G. Vacuum-Assisted Closure (VAC) Using Multiple Foam Pieces for Hidden Space Drainage through Less Exposure in Musculoskeletal Infections. *J Hand Surg Asian Pac Vol*, 2018, № 23 (3), pp. 369–376. <https://doi.org/10.1142/S242483551850039X>

Сведения об авторах:

Гайворонская Татьяна Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России. 350063, Россия, Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, e-mail: t.gaivoronskaya@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-2156>

Гуленко Ольга Владимировна – доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России. 350063, Россия, Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, e-mail: olga.gulenko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-903X>

Новикова Ирина Сергеевна – старший лаборант кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 350063, Россия, Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, e-mail: novikova.irina.1993@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0385-8518>

Information about the authors:

Gaivoronskaya Tatiana Vladimirovna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kuban State Medical University, Ministry of Health of Russia, 350063, Mitrofan Sedin str., 4, Krasnodar, Russia, e-mail: t.gaivoronskaya@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-2156>

Gulenko Olga Vladimirovna – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kuban State Medical University, Ministry of Health of Russia, 350063, Mitrofan Sedin str., 4, Krasnodar, Russia, e-mail: olga.gulenko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-903X>

Novikova Irina Sergeevna – Senior Laboratory Assistant of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery of the Kuban State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 350063, Mitrofan Sedin str., 4, Krasnodar, Russia, e-mail: novikova.irina.1993@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0385-8518>