

## ЛЕЧЕНИЕ РАН ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ ЛОКАЛЬНЫМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Трандофилов А.М., Сапронова Н.Г., Простов И.И.,  
Калинина А.А.\*

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский  
университет», Ростов-на-Дону

DOI: 10.25881/20728255\_2025\_20\_2\_132

**Резюме.** Целью работы стало обобщение опыта использования терапии локальным отрицательным давлением в контексте лечения пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС) в сравнении с традиционными методами лечения. В связи с высокой заболеваемостью в РФ сахарным диабетом и ростом гнойно-некротических осложнений медицинское сообщество продолжает работать над оптимизацией лечения СДС. Однако, активному изучению некоторых научно обоснованных способов адъювантной терапии уделяется недостаточно внимания. Одним из эффективных методов местного лечения является вакуумная терапия. Метод претерпел существенные изменения в последнее десятилетие и нашел широкое применение в разнообразных сферах медицины, открывая новую эру в лечении раневых повреждений. В связи с этим проведен анализ научных и научно-исследовательских работ, посвященных механизму действия и возможности использования локального отрицательного давления у пациентов с СДС. Как один из элементов комплексного лечения он обладает высокой ценностью, особенно в случаях недостатка пластического материала при закрытии дефекта, когда традиционные методы местного лечения неэффективны. Результаты исследования могут служить основой для разработки новых клинических рекомендаций и улучшения существующих протоколов ведения пациентов с СДС.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, синдром диабетической стопы, локальное отрицательное давление, вакуумная терапия.

### Актуальность проблемы

Актуальность помощи больным сахарным диабетом (СД) обусловлена значительным ростом заболеваемости. В РФ 3,42% населения состоит на диспансерном учете по СД, из них 92,3% – СД 2 типа. Причем эти показатели соответствуют выявленным и зарегистрированным случаям заболевания, более половины больных СД 2 типа не диагностированы и не получают лечения. В настоящее время оказание стандартизированной медицинской помощи больным СД во всех регионах базируется на международном и отечественном опыте, включая рекомендации ВОЗ, Международной диабетической федерации (IDF), Европейской ассоциации по изучению диабета (EASD), Американской диабетической ассоциации (ADA), Американской ассоциации клинических эндокринологов (AACE), Международного общества по детскому и подростковому диабету (ISPAD), Российской ассоциации эндокринологов (РАЭ), а также результатах завершённых международных и отечественных рандомизированных клинических испытаний на основе доказательной медицины [1].

### TREATMENT OF WOUNDS IN DIABETIC FOOT SYNDROME WITH LOCAL NEGATIVE PRESSURE: CURRENT CONCEPTS AND PROSPECTS

Trandofilov A.M., Sapronova N.G., Prostov I.I., Kalinina A.A.\*  
Rostov State Medical University, Rostov-on-Don

**Abstract.** The aim of the work was to summarize the best practices in using local negative pressure therapy in the context of treating patients with diabetic foot syndrome (DFS) in comparison with traditional treatment methods. Due to the high incidence of diabetes mellitus in the Russian Federation and the increase in purulent-necrotic complications, the medical community continues to work on optimizing the treatment of DFS. However, insufficient attention is being paid to the active study of some scientifically proven methods of adjuvant therapy. One of the effective methods of local treatment is vacuum therapy. The method has undergone significant changes in the last decade and has found wide application in various fields of medicine, opening a new era in the treatment of wound injuries. In this regard, the analysis of scientific and research papers devoted to the study of the mechanism of action and the possibility of using local negative pressure in patients with DFS has been carried out. As one of the elements of complex treatment, it has a high value, especially in cases of a lack of plastic material when closing a defect, when traditional methods of local treatment are ineffective. The results of the study can serve as a basis for the development of new clinical recommendations and improvement of existing protocols for the management of patients with DFS.

**Keywords:** diabetes mellitus, diabetic foot syndrome, local negative pressure, vacuum therapy.

Синдром диабетической стопы (СДС) – одно из жизнеугрожающих осложнений СД, представляет собой комплекс патологических изменений стоп, развивающихся у пациентов вследствие поражения периферической нервной системы, сосудистого русла, кожных покровов, мягких тканей, костей и суставов. Клинически СДС манифестирует острыми и хроническими язвенными дефектами, костно-суставными деструкциями и гнойно-некротическими процессами. Распространенность данного синдрома среди больных СД варьирует от 4 до 10%. В основе патогенеза СДС лежит сложный комплекс взаимосвязанных и потенцирующих друг друга патологических процессов, включающий полинейропатию, диабетическую остеоартропатию, микро- и макроангиопатию. Данные нарушения обуславливают развитие тяжелых осложнений, вплоть до потери конечности и возникновения угрозы для жизни пациента [2].

К принципам местного лечения СДС относится хирургическая обработка раны, устранение ишемии (реваскуляризация конечности), устранение отека, очищение раны, контроль экссудации, разгрузка конечности,

\* e-mail: prokoptsova1999@mail.ru

адьювантная терапия, включая терапию отрицательным давлением [1].

Целью настоящей работы стало обобщение передового отечественного и международного опыта использования терапии локальным отрицательным давлением в контексте лечения пациентов с СДС.

### Исторические факты

История применения локального отрицательного давления в лечебной практике насчитывает столетия, начиная с античности. В Древнем Риме Клавдий Гален использовал нагретые лампы для создания вакуума над кожными разрезами, полагая, что это способствует удалению «ядов» из крови. Аналогично, существовали методы оральной аспирации для дренирования ран. В XIX веке британский хирург Франсис Фокс разработал «стеклянную пиявку» — аспиратор с широким основанием для эффективного прилегания к коже. В 1890 г. Густав Биер усовершенствовал это устройство, создав систему банок различных форм, соединенных с инфузионной системой и грушей для активной аспирации на различных участках тела. Н.И. Пирогов теоретически обосновал применение вакуум-аспирации, считая, что разреженный воздух способствует экссудации и очищению раневой поверхности. В 1985 г. Н. Багаутлинов впервые применил устройство для создания отрицательного давления в сочетании с абсорбирующей повязкой для лечения инфицированных ран. В 1987 г. Ю.А. Давыдов и А.Б. Ларичев предложили использование вакуум-аспирационных систем для лечения инфекционных поражений мягких тканей. Патофизиологические основы воздействия локального отрицательного давления на заживление ран были исследованы и описаны М.Ж. Морукувас в 1997 г., а применение этого метода для лечения открытых переломов было представлено W. Fleischmann в 1998 г. Таким образом, эволюция методов лечения с использованием локального отрицательного давления прошла долгий путь от эмпирических наблюдений до научно обоснованных методик, применяемых в современной хирургической практике [3].

### Терапия локальным отрицательным давлением

За последние десятилетия метод вакуумной терапии, основанный на использовании локального отрицательного давления, претерпел существенные изменения и нашел широкое применение в разнообразных сферах медицины, открывая новую эру в лечении раневых повреждений. Так, вакуумная терапия была предложена в качестве «золотого метода» в лечении перфоративных ран органов брюшной полости при перитоните, при медиастенитах после проведения операций на сердце, а также в случаях осложненных не срастающихся переломов и обширных травматических повреждений конечностей. Недавно вакуум-ассистированная терапия нашла применение и в условиях амбулаторного лечения, демонстрируя значительные результаты в лечении инфицированных ран,

что способствует уменьшению необходимости госпитализации [4].

### Патогенетические аспекты

В ходе исследования влияния локального отрицательного давления на раневой процесс было выявлено множество положительных эффектов. Исследование фрагментов мышечного лоскута пациентов, получающих вакуумную терапию, продемонстрировало снижение экспрессии воспалительных цитокинов (IL-1b, TNF-α) и снижение тканевой инфильтрации макрофагами, в сравнении традиционными способами ведения пациентов с СДС [5].

В перекрестном пилотном исследовании было отмечено, что локальное отрицательное давление оказывает стимулирующее воздействие на миграцию и пролиферацию эндотелиоцитов, а также активирует процесс ангиогенеза. В частности, было установлено, что применение прерывистого отрицательного давления приводит к значительному увеличению популяции мигрирующих и пролиферирующих эндотелиоцитов. При этом, не было выявлено статистически значимого влияния данного воздействия на функциональную активность фибробластов кожи [6].

Исследование использования разных режимов локального отрицательного давления в раневой терапии продемонстрировало, что применение прерывистой вакуум-терапии, характеризующейся чередованием циклов создания отрицательного давления и периодов покоя, оказывает благоприятное воздействие на эластические свойства тканей. Данный режим стимуляции способствует повышению продукции факторов роста эндотелия сосудов (VEGF) и фибробластов (FGF-2), играющих ключевую роль в ангиогенезе и регенерации тканей [7].

Активная аспирация способствует эффективному удалению из интерстициального пространства избыточной жидкости, бактериальной флоры, токсинов и продуктов метаболизма, включая вещества, ингибирующие процессы репарации тканей, такие как матриксные металлопротеиназы и продукты их дегградации [8].

Терапия локальным отрицательным давлением оказывает существенное влияние на микроциркуляцию в области раны, способствуя снижению интерстициального отека и межклеточного давления. Данный эффект обусловлен созданием отрицательного давления, которое оптимизирует лимфодренаж и транскапиллярный обмен, улучшая перфузию тканей и доставку кислорода и питательных веществ к раневой поверхности [9].

Усиление микроциркуляции создает благоприятные условия для регенерации тканей и активизирует процессы грануляции. Улучшение перфузии раневого ложа также играет важную роль в снижении бактериальной обсемененности раны, способствуя ее деконтаминации [10].

Использование терапии отрицательным давлением способствует уменьшению болевого синдрома, улучшению подвижности суставов, ускорению резорбции

гематом и экхимозов, а также повышению тонуса кожи за счет улучшения микроциркуляции и лимфодренажа [11].

Вакуумметрическое давление стимулирует локальный кровоток посредством увеличения объемной скорости кровообращения до четырех раз по сравнению с исходным уровнем. Это обеспечивает улучшение трофики тканей и доставку кислорода и питательных веществ к поврежденным участкам [12].

Отрицательное давление оказывает эффект стягивания краев раны, что приводит к уменьшению ее общей площади и ускорению процессов эпителизации [13]. Контролируемое снижение парциального давления кислорода в раневом ложе, способствует сокращению частоты перевязок, минимизирует контакт раневой поверхности с воздухом, инструментами и руками медицинского персонала, что снижает риск инфицирования раны госпитальными штаммами микроорганизмов [14]. А улучшение местного крово- и лимфообращения, вызванное вакуумной терапией, обеспечивает повышенную доставку лекарственных препаратов системного действия, в частности антибактериальных средств, к очагу воспаления, что повышает эффективность проводимой медикаментозной терапии [15].

Учитывая вышеуказанные положительные эффекты, терапия локальным отрицательным давлением является перспективным методом комплексного лечения трофических изменений при СДС.

### Состояние артериального кровотока

В тоже самое время поражение крупных сосудов (макроангиопатия) является характерным сопутствующим заболеванием при СД и одной из ведущих причин развития трофических нарушений и последующей ампутации конечности. Атеросклеротическое поражение сосудов при СД отличается рядом особенностей, таких как ускоренное прогрессирование, манифестация в более молодом возрасте, мультисегментарный и нередко симметричный характер поражения. Патологические изменения преимущественно локализируются в подколенных, берцовых артериях и артериях стопы, наряду с атеросклеротическим поражением и диффузным фиброзом интимы сосудов наблюдается специфическое обызвествление медиального слоя артерий, известное как склероз Менкеберга [16].

Важную роль в развитии СДС играет микроангиопатия, характеризующаяся генерализованным поражением микроциркуляторного русла различных органов и тканей. Особое значение имеет микроангиопатия дистальных отделов конечностей, отличающаяся злокачественным течением с частым развитием трофических нарушений, трудно поддающихся терапии. Патогенез диабетических микроангиопатий многофакторен и включает метаболические, обменные и аутоиммунные механизмы, тесно связанные с гиперкоагуляцией и микротромбозом [17].

### Комплексное лечение СДС

Комплексное хирургическое лечение гнойно-некротических поражений при СДС включает следующие ключевые компоненты. Компенсация СД: достижение и поддержание адекватного гликемического контроля является основополагающим фактором успешного лечения, поскольку гипергликемия усугубляет течение инфекционного процесса и замедляет репаративные процессы [18–20].

Иммобилизация пораженной конечности: снижение нагрузки на пораженную область способствует уменьшению отека, улучшению микроциркуляции и созданию благоприятных условий для заживления. Для этого могут применяться специальная разгрузочная обувь, различные ортезы, или, в некоторых случаях, постельный режим [21].

Местная терапия язвенно-некротических поражений: применение современных перевязочных материалов, обладающих сорбционными, антимикробными и ранозаживляющими свойствами, позволяет эффективно очищать рану от некротических тканей, поддерживать оптимальную влажность и стимулировать регенерацию [19; 22; 23].

Системная антибиотикотерапия, назначенная с учетом чувствительности возбудителей, является неотъемлемой частью лечения инфекционного процесса. Выбор препарата, дозы и продолжительность курса определяются тяжестью инфекции, этиологией возбудителя и индивидуальными особенностями пациента [20; 24; 25].

Купирование критической ишемии у пациентов с нейроишемической формой СДС: восстановление кровоснабжения пораженной конечности является важным компонентом для обеспечения репаративных процессов. С этой целью могут применяться методы консервативной терапии (вазодилататоры, антиагреганты) или, при наличии показаний, хирургические вмешательства (ангиопластика, шунтирование) [26; 27].

Хирургическая обработка гнойно-некротического очага: принцип активного хирургического лечения предполагает широкий доступ к очагу инфекции, тщательную ревизию и радикальное удаление всех нежизнеспособных тканей (некрэктомия). Это обеспечивает элиминацию источника инфекции и создает условия для последующего заживления [27; 28].

Кожная пластика, закрытие раневых и язвенных дефектов с помощью различных методов кожной пластики (аутодермопластика, лоскутная пластика) способствует ускорению заживления, предотвращает развитие вторичной инфекции и улучшает функциональный результат лечения [29].

### Перспективы терапии локальным отрицательным давлением

Современный арсенал хирургических методов лечения СДС включает широкий спектр средств для местной терапии. Адьювантная терапия, включающая

в себя использование местного введения факторов роста, ацеллюлярного матрикса или использование коллагенсодержащих повязок или терапию локальным отрицательным давлением занимает одно из ведущих мест, демонстрируя высокую эффективность в лечении различных поражений стоп. Данный метод способствует активному дренированию раны, стимуляции грануляции и улучшению микроциркуляции в тканях, что в свою очередь ускоряет процессы заживления и снижает риск развития осложнений [1; 30].

Применение терапии локальным отрицательным давлением у пациентов с СДС, осложненной атеросклерозом артерий нижних конечностей, должно предшествовать тщательная оценка состояния магистрального кровотока в пораженном сегменте.

Абсолютно противопоказано использование отрицательного давления у больных с критической ишемией конечности ( $\text{ТсрO}_2 < 30$  мм рт. ст.), остеомиелитом, флегмоной и гангреней стопы [1]. В случае необходимости выполнения реконструктивных вмешательств на сосудах (открытых или эндоваскулярных) терапия локальным отрицательным давлением может быть применена только после восстановления адекватной перфузии конечности (реваскуляризации). В ситуациях, когда реваскуляризация не представляется возможной, допустимо кратковременное («пробное») применение метода с целью оценки жизнеспособности тканей. При этом, данная методика демонстрирует неожиданно положительные результаты даже в случаях, когда прогноз представляется неблагоприятным [31].

По данным литературных источников терапия локальным отрицательным давлением демонстрирует наибольшую эффективность в первой фазе раневого процесса. При переходе во вторую фазу возможно продолжение вакуумной терапии, которая является высокоэффективной как для подготовки раневой поверхности к пластическому закрытию, так и в качестве средства длительного применения при обширных и глубоких дефектах стопы. Она стимулирует репаративные процессы и обеспечивает защиту тканей от вторичной инфекции госпитальной флорой [32]. Важно предотвращать избыточное высушивание раны, которое может возникнуть при проведении вакуумной терапии, для этого рекомендуется использование комбинированных повязок, поддерживающих влажную среду в ране. Преимуществом метода также является тот факт, что пациенты, находящиеся на данной терапии, в большей степени привержены к разгрузке стопы, являющейся одним из основных патогенетических факторов лечения больных с СДС, нежели больные, получающие лечение стандартными повязками [33]. Оценка состояния раны должна проводиться после каждой смены вакуумной повязки для принятия решения о продолжении терапии. Длительность вакуумной терапии при лечении ран у пациентов с СДС определяется индивидуально и зависит от клинических задач. Тщательный мониторинг состо-

яния раны и индивидуальный подход к определению длительности терапии являются залогом успешного лечения [34; 35].

Перспективные разработки отечественных ученых по использованию терапии локальным отрицательным давлением в лечении СДС статистически значимо доказали преимущество метода, что подтверждается работами Герасимчука П.А. и соав. (2019), где на большом репрезентативном материале доказано ускорение формирования грануляционной ткани, начиная с  $4,61 \pm 0,96$  суток, и достижение готовности раневой поверхности к пластическому закрытию (наложение вторичных швов, аутодермопластика) к  $6,43 \pm 0,48$  суткам против  $9,42 \pm 1,46$  суткам в группе контроля. Цитологическая характеристика определялась некротическим или дегенеративно-воспалительным типом. На фоне применения вакуумной терапии уже на 3-и сутки лечения у 36,8% пациентов с нейропатической формой (НФ) и у 20,3% с ишемической формой (ИФ) СДС наблюдался переход к воспалительному типу цитогамм. К 6-м суткам регенераторный тип цитогамм был зафиксирован у 50,0% пациентов с НФ и у 3,6% с ИФ, что позволяло рассматривать возможность пластического закрытия ран. На 9-е сутки доля регенераторных цитогамм составила 83,4% для НФ и 67,9% для ИФ, в то время как в контрольной группе соответствующие показатели были 53,9% и 41,6% соответственно. К 14-м суткам регенераторный тип цитогамм преобладал у 94,5% и 78,6% пациентов основных групп (контроль – 69,3% и 62,7%, соответственно). Морфологическое исследование биоптатов раневых дефектов выявило положительные изменения тканей, свидетельствующие о переходе из фазы воспаления в фазу регенерации, уже на 5-е сутки применения терапии локальным отрицательным давлением. К 10-м суткам лечения формировалась массивная грануляционная ткань с высокой плотностью тонкостенных сосудов и выраженной инфильтрацией лейкоцитами и лимфоцитами. Данная морфологическая картина соответствовала изменениям, наблюдаемым в контрольной группе лишь на 15-е сутки лечения. Применение вакуумной терапии сопровождалось значительным снижением болевого синдрома, оцениваемого по цифровой рейтинговой шкале (Numerical Rating Scale, NRS). Интенсивность боли в основной группе на 2–3-и сутки послеоперационного периода составляла  $3,13 \pm 0,21$  балла, в то время как в контрольной группе —  $6,57 \pm 0,54$  балла. В течение 3–4 сутки у всех пациентов основной группы на фоне терапии локальным отрицательным давлением наблюдалось купирование лимфангоита и лимфаденита, улучшение общего состояния и нормализация температуры тела. В контрольной группе аналогичные улучшения отмечались лишь на 5–6-е сутки лечения [36].

Проанализировав исследование Ельшина Е.Б. (2024) по внедрению нового метода комплексного лечения с применением локального отрицательного давления у пациентов с осложненным СДС, были установлены значительные преимущества по сравнению со стандартной

методикой. В раннем послеоперационном периоде (к 21 суткам) было отмечено ускорение эпителизации раневой поверхности стопы в 2,3 раза.

В среднесрочной перспективе (3 месяца наблюдения) доля благоприятных клинических исходов в основной группе составляла 94,3%, что существенно превышало аналогичный показатель в контрольной группе (70,9%). Разработанный комплексный этапный подход к лечению гнойно-септических поражений при СДС обеспечивал улучшенные результаты и в отдаленном периоде (1 год наблюдения). В частности, данный метод способствовал формированию нормотрофического рубца, снижал частоту рецидивов раневого процесса на 21,6% и уменьшал количество ампутаций голени на 7,3% по сравнению со стандартной методикой. Преимущество авторского метода было подтверждено более высокой долей благоприятных клинических исходов (на 28,8%). Анализ рисков показал снижение относительного риска на 83,77% и абсолютного риска на 28,9%. Кроме того, применение предложенного комплексного этапного метода лечения на 148 больных установило улучшение показателей качества жизни в отдаленном периоде. Отмечено повышение средних значений физического компонента здоровья на 19,9% и психического благополучия на 21,6% по сравнению с контрольной группой [36].

Луценко Ю.Г. (2022) в своем исследовании доказал положительные эффекты локального отрицательного давления и выявил статистически значимое ( $p = 0,001$ ) преобладание грануляционной ткани в области дна ран после применения вакуумной терапии. В краях ран грануляционная ткань встречалась в 1,75 раза чаще (в среднем 47,5%,  $p = 0,009$ ) по сравнению с показателями до лечения (27,1%). Лейкоцитарная инфильтрация краев ран в группе, получавшей терапию отрицательным давлением, в 1,27 раза превышала аналогичный показатель в группе, получавшей традиционное лечение (в среднем 85,4% против 62,3%;  $p = 0,010$ ). Полученные данные свидетельствуют о том, что терапия локальным отрицательным давлением демонстрирует наиболее выраженную стимуляцию репаративных процессов по сравнению с другими методами лечения. Ее применение в сочетании с реконструкцией бедренно-подколенного сегмента способствовало более раннему появлению грануляций – в среднем на 8,1 ( $\pm 0,56$ ) сутки, что сопровождалось удовлетворительными показателями кровотока. В группе, получавшей традиционное лечение, грануляции появлялись в среднем на 12,4 ( $\pm 0,56$ ) сутки ( $p < 0,001$ ) [37].

В своем исследовании Аляпышев Г.С. (2022) предложил и успешно внедрен в клиническую практику инновационный комплексный подход к лечению хронических ран у пациентов с СДС. Данный подход включает в себя поэтапное применение консервативной терапии, местное лечение с использованием локального отрицательного давления, биопластического материала «G-DERM» и современных перевязочных средств. Ре-

зультаты клинических исследований демонстрируют высокую эффективность разработанного комплекса. Через 3 месяца терапии отмечается ускорение эпителизации ран на 20,3% и сокращение продолжительности второй фазы раневого процесса на 42,6%, а также улучшение ближайших результатов лечения на 12,3%. В долгосрочной перспективе (через 12 месяцев) применение данного подхода приводит к следующим улучшениям: снижение числа рецидивов на 26,1%; улучшение показателей физического здоровья пациентов на 14,5%; улучшение показателей психологического здоровья пациентов на 8%; повышение относительной пользы лечения на 50%; снижение относительного риска рецидива на 54,9%; повышение абсолютной пользы лечения на 28%; снижение абсолютного риска рецидива на 28%. Таким образом, разработанный комплексный подход представляет собой эффективное средство для лечения хронических ран у пациентов с синдромом диабетической стопы, обеспечивая быстрое заживление ран, улучшение качества жизни пациентов и снижение риска рецидивов [38].

Печёнкин Е.В., и соав. (2024) в своем исследовании доказали положительные эффекты локального отрицательного давления. В группах сравнения проводилась оценка динамики раневого процесса, в ходе исследования было выявлено статистически значимое различие. У пациентов контрольной группы болевой синдром купировался в среднем к  $4,39 \pm 0,6$  дню, в то время как у пациентов основной группы – к  $2,88 \pm 0,53$  дню ( $p = 0,002$ ). Динамика отека окружающих тканей также различалась в зависимости от группы. В контрольной группе отек окружающих тканей купировался в среднем к  $6,79 \pm 0,97$  суткам, в основной группе – к  $4,25 \pm 0,54$  суткам ( $p < 0,001$ ). Количество раневого отделяемого в группе контроля снижалось в среднем к  $4,86 \pm 1,4$  суткам, в то время как в основной группе – к  $1,77 \pm 0,41$  суткам ( $p < 0,001$ ). Первые грануляционные ткани в контрольной группе появлялись в среднем на  $7,65 \pm 1,25$  сутки, в основной группе – на  $4,79 \pm 0,41$  сутки ( $p < 0,001$ ) [39].

## Заключение

Таким образом, имеющиеся четкие рекомендации по использованию метода локального отрицательного давления в лечении пациентов с СДС, оставляют нерешенными вопросы четких показаний к методу в зависимости от микрофлоры ран и ее обсемененности, сроков проведения, последовательности действий, техники выполнения и режимов метода. Использование метода должно быть в комплексном хирургическом лечении раневых дефектов при СДС, только так можно продемонстрировать его преимущества и снизить частоту высоких ампутаций, сохранить опорную функцию стопы и повысить качество жизни пациентов.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом // Сахарный диабет. – 2023. – №11. – С.1-157. [Dedov I, Shestakova M, Mayorov A, et al. Standards of Specialized Diabetes Care. Diabetes mellitus. 2023; 11: 1-157. (In Russ.)] doi: 10.14341/DM13042.
2. Белик Б.М., Чумбуридзе И.П., Штильман М.Ю. и др. Комплексное лечение больных с гнойно-некротическими осложнениями при нейропатической форме синдрома диабетической стопы // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2020. – №4. – С.81-87. [Belik BM, Chumburidze IP, Shtilman MYu, et al. Complex treatment of patients with pyo-necrotic complications of the neuropathic form of diabetic foot syndrome. Pirogov Russian Journal of Surgery. 2020; 4: 81-87. (In Russ.)] doi: 10.17116/hirurgia202004181.
3. Овденко А.Г., Нефедов О.Н. Лечение вакуумом: от Римской империи до наших дней // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2018. – Т.13. – №3. – С.1159-1178. [Ovdenko AG, Nefedov ON. Vacuum treatment: from the Roman Empire to the present day. Health is the basis of human potential: problems and solutions. 2018; 13(3): 1159-1178. (In Russ.)]
4. Papp AA. Incisional Negative Pressure Therapy Reduces Complications and Costs in Pressure Ulcer Reconstruction. International Wound Journal. 2019; 2(16): 394-400.
5. Nickl S, Steindl J, Langthaler D, et al. First Experiences with Incisional Negative Pressure Wound Therapy in a High-Risk Poststernotomy Patient Population Treated with Pectoralis Major Muscle Flap for Deep Sternal Wound Infection. Journal of Reconstructive Microsurgery. 2018; 1(34): 1-7.
6. Oyvind HS. Intermittent mild negative pressure applied to the lower limb in patients with spinal cord injury and chronic lower limb ulcers: a crossover pilot study. Spinal Cord. 2018; 56(4): 372.
7. Hu J, Goekjian S, Stone N, et al. Negative pressure wound therapy for a giant wound secondary to malignancy-induced necrotizing fasciitis: case report and review of the literature. Wounds. 2018; 29(8): e55-e60.
8. Theoret JR, Li J, Navarro MA, et al. Native or proteolytically activated NanI sialidase enhances the binding and cytotoxic activity of Clostridium perfringens enterotoxin and beta toxin. Infect. Immun. 2018; 86(1): 730-817. doi: 10.1128/IAI.00730-17.
9. Батыршин И.М. Применение терапии локальным отрицательным давлением в лечении тяжелых форм хирургических инфекции: Дис. докт. мед. наук. – Санкт-Петербург; 2022. [Batyrsin IM. Primeneniye terapii lokalnym otritsatelnyim davleniyem v lechenii tyazhelykh form khirurgicheskikh infektsii. [dissertation] Sankt-Peterburg; 2022. (In Russ.)]
10. Аляпышев Г.С. Совершенствование подхода к хирургическому лечению хронических ран у больных с нейропатической формой синдрома диабетической стопы: Дис. канд. мед. наук. – Самара, 2022. [Alyapyshev GS. Sovershenstvovaniye podkhoda k khirurgicheskomu lecheniyu khronicheskikh ran u bolnykh s neyropaticheskoy formoy sindroma diabeticheskoy stopy. [dissertation] Samara; 2022. (In Russ.)]
11. Бубман Л.И., Тополянская С.В., Буриев И.М. и др. Применение метода локального отрицательного давления при лечении пациентов с боевыми травмами конечностей: обзор литературы // Клинический разбор в общей медицине. – 2024. – Т.5. – №6. – С.33-41. [Bubman LI, Topolyanskaya SV, Buriev IM, et al. Application of the local negative pressure method in the treatment of patients with combat injuries of the extremities: a review of the literature. Clinical review in general medicine. 2024; 5(6): 33-41. (In Russ.)] doi: 10.47407/kr2024.5.6.00432.
12. 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. doi: 10.1016/j.avsg.2015.08.010.
13. Оболенский В.Н. Современные методы лечения хронических ран // Медицинский Совет. – 2016. – №10. – С.148-154. [Obolensky VN. Modern methods of treatment of chronic wounds. Medical advice. 2016; 10: 148-154. (In Russ.)] doi: 10.21518/2079-701X-2016-10-148-154.
14. El-Sabbagh AH. Negative pressure wound therapy: An update. Chin. J. Traumatol. 2017; 20(2): 103-107. doi: 10.1016/j.cjte.2016.09.004.
15. Everatt E, Mathioudakis N. Update on management of diabetic foot ulcers. Ann. N. Y. Acad. Sci. 2018; 1411: 153-165. doi: 10.1111/nyas.13569.
16. Куликова А.Н., Толстоколов А.С., Ларин И.В. Склероз Менкеберга: роль кальциноза в поражении артерий у больных сахарным диабетом // Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал имени академика А.В. Покровского. – 2020. – №4. – С.17-21. [Kulikova AN, Tolstokolov AS, Larin IV. Menkeberg's sclerosis: the role of calcification in arterial damage in patients with diabetes mellitus. Angiology and vascular surgery. The journal named after Academician A.V. Pokrovsky. 2020; 4: 17-21. (In Russ.)]
17. Зайцева Е.Л. Клинические, морфологические и иммуногистохимические особенности репарации мягких тканей нижних конечностей у больных с синдромом диабетической стопы на фоне различных методов местного лечения: Дис. канд. мед. наук. – Москва; 2015. [Zaytseva EL. Klinicheskiye, morfologicheskkiye i immunogistokhimicheskiye osobennosti reparatsii myagkikh tkaney nizhnikh konechnostey u bolnykh s sindromom diabeticheskoy stopy na fone razlichnykh metodov mestnogo lecheniya. [dissertation] Moskva; 2015. (In Russ.)]
18. Дедов И.И., Токмакова А.Ю., Егорова Д.Н. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению синдрома диабетической стопы // Раны и раневые инфекции журнал им. Проф. Б.М. Костюченко. – 2015. – Т.2. – №3. – С.64-83. [Dedov II, Tokmakova AYu, Egorova DN, et al. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of diabetic foot syndrome. Wounds and wound infections. Prof. B.M. Kostyuchenka. 2015; 2(3): 64-83. (In Russ.)]
19. Суздальцев И.В. Комплексное лечение язвенно-некротических поражений при синдроме диабетической стопы. – М.: Изд-во СтГМУ, 2018. [Suzdaltsev IV. Kompleksnoye lecheniye yazvenno-nekroticheskikh porazheniy pri sindrome diabeticheskoy stopy. Stavropol: Izd-vo StGMU; 2018. (In Russ.)]
20. Бурлева Е.П., Бабушкина Ю.В., Зайцева Л.Н. Клиническая значимость патогистологического исследования при остеомиелите костей стопы у пациентов с диабетической // Русский Медицинский Журнал. – 2022. – №1. – С.3-8. [Burleva EP, Babushkina YuV, Zaytseva LN. Klinicheskaya znachimost patogistologicheskogo issledovaniya pri osteomiyelite kostey stopy u patsiyentov s diabeticheskoy. Russkiy Meditsinskiy Zhurnal. 2022; 1: 3-8. (In Russ.)]
21. Бабушкина Ю.В., Бурлева Е.П., Фоминых А.Н. Принцип и результаты ведения синдрома диабетической стопы в областном подиатрическом кабинете // V Международный медицинский научно-практический форум: сборник научных работ. – 2016. – С.67-68. [Babushkina YuV, Burleva EP, Fominykh AN. Printsip i rezultaty vedeniya sindroma diabeticheskoy stopy v oblastnom podiatricheskom kabinete. V Mezhdunarodnyy meditsinskiy nauchno-prakticheskiy forum: sbornik nauchnykh работ. 2016: 67-68. (In Russ.)]
22. Калиниченко А.П. Клиникопато-генетические особенности течения раневого процесса при местном лечении больных с синдромом диабетической стопы: Дис. канд. мед. наук. – Симферополь, 2023. [Kalinichenko AP. Klinikopato-geneticheskiye osobennosti techeniya ranevogo protsessa pri mestnom lechenii bolnykh s sindromom diabeticheskoy stopy. [dissertation] Simferopol; 2023. (In Russ.)]
23. Патент РФ на изобретение RU 2 605 286 C1. Бюл. №35. Боклин А.А., Вагачев А.Н., Боклина О.А. и др. Способ лечения оперированных больных с синдромом диабетической стопы. Описание изобретения к патенту. – 2016. – С.975-979. [Patent RUS 2 605 286 C1. Byul. №35. Boklin AA, Vachev AN, Boklina OA, et al. Sposob lecheniya operirovannykh bolnykh s sindromom diabeticheskoy stopy. (In Russ.)]
24. Патент РФ на изобретение RU2737491C1. Бюл. №34. Кривошечков Е.П., Корымасов Е.А., Лысов Н.А. и др. Способ комплексного лечения больных с гнойно-некротическими осложнениями синдрома диабетической стопы. Описание изобретения к патенту – 2020. – №34. – С.1-2. [Patent RUS 2737491C1. Byul. №34. Krivoshchekov EP, Korymasov EA, Lysov NA, et al. Sposob kompleksnogo lecheniya bolnykh s gnoyno-nekroticheskimi oslozhnieniyami sindroma diabeticheskoy stopy. (In Russ.)]
25. Яковлев С.В., Брико Н.И., Сидоренко С.В. и др. Стратегия контроля антимикробной терапии при оказании стационарной медицинской помощи. – М.: Перо, 2018. – С.21-29. [Yakovlev SV, Briko NI, Sidorenko SV, et al. Strategiya kontrolya antimikrobnoy terapii pri okazanii statsionarnoy meditsinskoy pomoshchi. Moskva: Pero, 2018. (In Russ.)]
26. DarlingMSa D., Thomas F.X., Sarah E.D, et al. Outcomes after first-time lower extremity revascularization for chronic limb-threatening ischemia in insulin-dependent diabetic patients. Journal of Vascular Surgery. 2018; 68(5): 1455-1464. doi: 10.1016/j.jvs.2018.01.055.

27. Кривошеков Е.П., Ельшин Е.Б., Романов В.Е., Пути сохранения конечности в послеоперационном периоде лечения осложнений синдрома диабетической стопы // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2020. – Т.26. – №4. – С.33-41. [Krivoshechekov EP, Elshin EB, Romanov VE. Puti sokhraneniya konechnosti v posleoperatsionnom periode lecheniya oslozhneniy sindroma diabeticheskoy stopy. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. 2020; 26(4): 33-41. (In Russ.)]
28. Патент РФ на изобретение RU 2 619 257 C1. Бюл. №14. Корейба К.А., Корейба Е.А., Корейба В.К. Способ лечения дефектов мягких тканей у больных с синдромом диабетической стопы: патент на изобретение. – 2017. – №14. – С.1. [Patent RUS 2 619 257 C1. *Byul.* №14. Koreyba KA, Koreyba EA, Koreyba VK. *Sposob lecheniya defektov myagkikh tkaney u bolnykh s sindromom diabeticheskoy stopy*. (In Russ.)]
29. The management of diabetic foot: a clinical practice guideline by the society for vascular surgery in collaboration with the American podiatric medical association and the society for vascular medicine; 2016. doi: 10.1016/j.jvs.2015.10.003.
30. Кривошеков Е.П., Ельшин Е.Б. Вакуум терапия в лечении осложнений диабетической стопы // Вакуумная терапия ран у детей и взрослых. Российский и международный опыт. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – М.: Перо, 2018. – С.49-52. [Krivoshechekov EP, Elshin EB. *Vakuum terapiya v lechenii oslozhneniy diabeticheskoy stopy*. *Vakuumnaya terapiya ran u detey i vzroslykh*. Rossiyskiy i mezhdunarodnyy opyt. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. М.: Pero, 2018. (In Russ.)]
31. Xixu W, Wei W, Biao H, JueWang, et al. Effect of Percutaneous Endovascular Angioplasty Combined with Negative Pressure Drainage on the “One-Stop” Treatment of Ischemic Diabetic Foot Ulcer 2023; doi: 1016/j.avsg.2022.12.066.
32. Герасимчук П.А., Шидловский Д.Б., Фира П.А. Изучение влияния вакуумной терапии на течение раневого процесса у больных с синдромом диабетической стопы // Вестник РАМН. – 2019. – Т.74. – №4. – С.283-288. [Gerasimchuk PA, Shidlovskiy DB, Fira PA. *Izucheniye vliyaniya vakuumnoy terapii na techeniye ranevogo protsessa u bolnykh s sindromom diabeticheskoy stopy*. *Vestnik RAMN*. 2019; 74(4): 283-288. (In Russ.)]
33. Базиян-Кухто Э., Фисталь Я., Кухто А.П. Вакуум-терапия в лечении пациентов с гнойно-некротическими осложнениями критической ишемии нижних конечностей // Торсуевские чтения. Научно-практический журнал по дерматологии, венерологии, косметологии. – 2022. – №3 (37). – С.43-48. [Baziyan-Kukhto E, Fistal Ya, Kukhto AP. *Vakuum-terapiya v lechenii patsiyentov s gnoyno-nekroticheskimi oslozhneniyami kriticheskoy ishemii nizhnikh konechnostey*. *Torsuyevskiy chteniya*. *Nauchno-prakticheskoy zhurnal po dermatologii, venerologii, kosmetologii*. 2022; 3(37): 43-48. (In Russ.)]
34. Иnderбиев Т.С., Махаури А.Д. Вакуумная терапия в комплексном лечении гнойно-некротических поражений при нейроишемической форме синдрома диабетической стопы // Вакуумная терапия ран у детей и взрослых. Российский и международный опыт. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – М.: Перо, 2018. – С.41-43. [Inderbiyev TS, Makhauri AD. *Vakuumnaya terapiya v kompleksnom lechenii gnoyno-nekroticheskikh porazheniy pri neuroishemicheskoy forme sindroma diabeticheskoy stopy*. *Vakuumnaya terapiya ran u detey i vzroslykh*. Rossiyskiy i mezhdunarodnyy opyt. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. М.: Pero, 2018. (In Russ.)]
35. Дибиров М.Д., Гаджимурадов Р.У. Опыт применения вакуумной терапии в лечении трофических язв при синдроме диабетической стопы. // Вакуумная терапия ран у детей и взрослых. Российский и международный опыт. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – М.: Перо, 2018. – С.35-37. [Dibirov MD, Gadzhimuradov RU. *Opyt primeneniya vakuumnoy terapii v lechenii troficheskikh yavz pri sindrome diabeticheskoy stopy*. *Vakuumnaya terapiya ran u detey i vzroslykh*. Rossiyskiy i mezhdunarodnyy opyt. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. М.: Pero, 2018. (In Russ.)]
36. Ельшин Е.Б. Обоснование этапного лечения гнойно-некротических поражений у больных с нейропатической формой синдрома диабетической стопы: Дис. канд. мед. наук. – Самара, 2024. [Elshin EB. *Obosnovaniye etapnogo lecheniya gnoyno-nekroticheskikh porazheniy u bolnykh s neyropaticheskoy formoy sindroma diabeticheskoy stopy*. [dissertation] Samara; 2024. (In Russ.)]
37. Луценко Ю.Г., Гринцов А.Г. Эффективность применения вакуум-терапии в лечении больных синдромом диабетической стопы // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. – 2022. – Т.7. – №4. – С.113-118. [Lutsenko YuG, Grintsov AG. *Effektivnost primeneniya vakuuum-terapii v lechenii bolnykh sindromom diabeticheskoy stopy*. *Vestnik neotlozhnoy i vosstanovitelnoy khirurgii*. 2022; 7(4): 113-118. (In Russ.)]
38. Аляпышев Г.С. Совершенствование подхода к хирургическому лечению хронических ран у больных с нейропатической формой синдрома диабетической стопы: Дис. канд. мед. наук. – Самара, 2022. [Alyapyshev GS. *Sovershenstvovaniye podkhoda k khirurgicheskomu lecheniyu khronicheskikh ran u bolnykh s neyropaticheskoy formoy sindroma diabeticheskoy stopy*. [dissertation] Samara; 2022. (In Russ.)]
39. Печёнкин Е В., Чудин В В., Полапин И А, и др. Лечение инфицированных ран при синдроме диабетической стопы локальным отрицательным давлением // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2024. – Т.19. – №3. – С.277-282. [Pechenkin EV, Chudin VV, Polapin IA, et al. *Lecheniye infitsirovannykh ran pri sindrome diabeticheskoy stopy lokalnym otritsatelnyim davleniyem*. *Meditinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2024; 19(3): 277-282. (In Russ.)] doi: 10.14300/mnnc.2024.19063.