



## Медицинская реабилитация после травм нижних конечностей у пациентов с сахарным диабетом: обзор литературы

Васильева В.А.\* , Марченкова Л.А., Ответчикова Д.И., Рожкова Е.А., Фесюн А.Д.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Сахарный диабет (СД) у пациентов с травмами нижних конечностей является глобальной проблемой здравоохранения. Сочетание этих патологий у одного пациента требует проведения реабилитационных мероприятий для восстановления максимальной функциональной активности и поддержания исходного качества жизни пациентов. СД как самостоятельная патология оказывает негативное влияние на здоровье пациента, а также отягощает течение восстановительного периода после травматического повреждения костей, увеличивая риск неблагоприятных исходов в раннем и позднем послеоперационном периодах.

**ЦЕЛЬ.** Проанализировать научные данные за 2013–2023 гг. о применении методов медицинской реабилитации у пациентов с травмами нижних конечностей и сахарным диабетом.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ.** Поиск проводился в источниках Web of Science, PubMed и Scopus в соответствии с принципами PRISMA и выявил первоначально 181 запись. Из них 45 статей были включены в исследование с публикацией 2013–2023 гг. Были использованы ключевые слова: «lower limb injuries», «diabetes mellitus», «rehabilitation», «mechanotherapy», «physical therapy», «physiotherapy». В обзоре литературы проводится анализ публикаций, на основании которого сделан вывод о том, что при травмах нижних конечностей у пациентов с СД необходимо участие специалистов мультидисциплинарной команды для составления оптимальной реабилитационной программы, нацеленной на предотвращение возникновения осложнений и их прогрессирования, на достижение скорейшего и полного восстановления утраченных функций. Персонализированный подход, индивидуально подобранные методы терапии и применение современных технологий помогут достичь наилучших результатов в восстановлении пациентов с СД и травмами нижних конечностей.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В обзоре сформулирован вывод об основных задачах реабилитации, которые включают: контроль уровня глюкозы и метаболических нарушений; осмотр и уход за поврежденными тканями с целью профилактики развития язв и инфицирования травмированных кожных покровов; постепенное увеличение физической нагрузки; цели должны учитывать индивидуальные особенности пациента; использование методов физиотерапии для улучшения микроциркуляции и активации регенерации тканей (чрескожная электронейростимуляция (ЧЭНС), электрофорез, магнитные поля, ультратонотерапия, криотерапия, лазеротерапия, дарсонвализация, импульсные электрические поля, ультразвуковая терапия, озокеритотерапия и пелоидотерапия); применение механотерапии с биологической обратной связью и роботизированных систем для повышения общей выносливости, силовых показателей, улучшения функции баланса и формирования правильного стереотипа ходьбы (реабилитационная дорожка с визуальной обратной связью о ходьбе C-Mill).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сахарный диабет, реабилитация, травмы нижних конечностей, роботизированная механотерапия, физическая терапия, физиотерапия.

**Для цитирования / For citation:** Васильева В.А., Марченкова Л.А., Ответчикова Д.И., Рожкова Е.А., Фесюн А.Д. Медицинская реабилитация после травм нижних конечностей у пациентов с сахарным диабетом: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 22(3):61-68. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-61-68> [Vasileva V.A., Marchenkova L.A., Otvetchikova D.I., Rozhkova E.A., Fesyun A.D. Medical Rehabilitation after Lower Limb Injuries in Patients with Diabetes Mellitus: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 22(3):61-68. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-61-68> (In Russ.)]

\* **Для корреспонденции:** Васильева Валерия Александровна, E-mail: [vasilevava@nmicrk.ru](mailto:vasilevava@nmicrk.ru)

Статья получена: 24.04.2024  
Статья принята к печати: 14.06.2024  
Статья опубликована: 17.06.2024

# Medical Rehabilitation after Lower Limb Injuries in Patients with Diabetes Mellitus: a Review

 Valeriia A. Vasileva\*,  Larisa A. Marchenkova,  Daria I. Otvetchikova,  Elena A. Rozhkova,  Anatoliy D. Fesyun

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Diabetes mellitus (DM) in patients with lower extremity injuries is a global health problem. The combination of these pathologies in one patient requires rehabilitation measures to restore maximum functional activity and maintain the patients' initial quality of life. Diabetes as an independent pathology has a negative impact on the patient's health and also aggravates the recovery period after traumatic bone injury, increasing the risk of adverse outcomes in the early and late postoperative periods.

**AIM.** To analyze the scientific data of the last ten years on the use of medical rehabilitation methods in patients with lower extremity injuries and diabetes mellitus.

**MAIN CONTENT.** The search was conducted in Web of Science, PubMed, and Scopus according to PRISMA guidelines and initially identified 181 records. Of these, 45 articles were included in the study with publication periods 2013–2023. Key words used: lower limb injuries, diabetes mellitus, rehabilitation, mechanotherapy, physical therapy, physiotherapy. The literature review analyzes publications on the basis of which a description is made that in case of injuries of the lower extremities in patients with diabetes, the participation of specialists from a multidisciplinary team is necessary to draw up an optimal rehabilitation program aimed at preventing the occurrence of complications and their progression, achieving a speedy and complete recovery of lost functions. A personalized approach, individually selected therapy methods and the use of modern technologies will help achieve the best results in the recovery of patients with diabetes and lower extremity injuries.

**CONCLUSION.** The review formulated a conclusion about the main objectives of rehabilitation: which include: control of glucose levels and metabolic disorders; examination and care of damaged tissues in order to prevent the development of ulcers and infection of injured skin; gradual increase in physical activity; goals should take into account the individual characteristics of the patient; the use of physiotherapy methods to improve microcirculation and activate tissue regeneration (transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS), electrophoresis, magnetic fields, ultrasonotherapy, cryotherapy, laser therapy, darsonvalization, pulsed electric fields, ultrasound therapy, ozokerite therapy and peloid therapy); the use of mechanotherapy with biofeedback and robotic systems to increase overall endurance, strength, improve balance function and form the correct walking stereotype (rehabilitation track with visual feedback about walking C-Mill).

**KEYWORDS:** diabetes mellitus, rehabilitation, lower limb injuries, robotic mechanotherapy, physical therapy, physiotherapy.

**For citation:** Vasileva V.A., Marchenkova L.A., Otvetchikova D.I., Rozhkova E.A., Fesyun A.D. Medical Rehabilitation after Lower Limb Injuries in Patients with Diabetes Mellitus: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 22(3):61-68. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-61-68>

\* **For correspondence:** Valeriia A. Vasileva, E-mail: [vasilevava@nmicrk.ru](mailto:vasilevava@nmicrk.ru)

**Received:** 24.04.2024

**Accepted:** 14.06.2024

**Published:** 17.06.2024

## ВВЕДЕНИЕ

С изменением образа жизни за последние десятилетия, снижением физической активности населения и развитием культуры «быстрого» питания сахарный диабет 2-го типа (СД2) стал распространенным заболеванием во всем мире. С 2000 г. глобальная заболеваемость СД2 увеличилась втрое [1]. Общая численность пациентов с СД в Российской Федерации, состоящих на диспансерном учете на 01.01.2021, по данным ФГБУ «Эндокринологический научный центр» Минздрава России, составляет 4 799 552 человека (3,23 % населения Российской Федерации), из них с сахарным диабетом 1-го типа (СД1) — 5,5 % (265,4 тыс.), с СД2 — 92,5 % (4,43 млн) [2, 3]. С совершенствованием подходов к гипогликемической терапии СД значительно увеличилась и продолжительность жизни этих пациентов. Таким образом, образовывается большая популяция лиц с СД, которые имеют функциональные ограничения вследствие ос-

ложнений диабета, возрастных изменений или травм, следовательно, они нуждаются в реабилитации. Установлено, что СД представляет основную глобальную причину сокращения срока жизни без инвалидности и увеличения лет жизни, прожитых с инвалидностью (years lived with a disability, YLD). При этом у каждого четвертого пациента с СД2 заболевание и его осложнения остаются недиагностированными, даже в развитых странах [4].

Диабетическая нейропатия (ДН) служит основной причиной формирования функциональных ограничений у лиц с СД [5]. Характерными жалобами пациентов с ДН являются: боль (тупая и симметричная, в дистальных частях нижних конечностей и стопах); парестезии (покалывание, зябкость, ползание мурашек); жжение или онемение в нижних конечностях; судороги в мышцах голени и стоп; слабость; вегетативно-трофические нарушения, вплоть до формирования трофических язв и деформирующей остеоартропатии (ДОАП).

Таким образом, на фоне СД могут развиваться следующие функциональные нарушения [5, 6]:

- ограничения в мобильности;
- ухудшение координации и стабильности при ходьбе;
- снижение силы и гибкости;
- проблемы с мелкой моторикой;
- сенсорный дефицит;
- ограничение самообслуживания.

Развитие у пациента осложнений СД, особенно ДН, требует комплексного подхода, который включает не только медикаментозное лечение, но и медицинскую реабилитацию. Основными свойствами универсального воздействия и требованиями, предъявляемыми к физиотерапевтическим методам для лечения ДН, являются неинвазивность, эффективность и безопасность. Не существует единого подхода к реабилитации пациентов с СД, однако имеется значительная научная база, демонстрирующая эффективность и безопасность применения физиотерапии, рефлексотерапии и методы лечебной физкультуры (ЛФК) [6].

## ЦЕЛЬ

Проанализировать научные данные за 2013–2023 гг. о применении методов медицинской реабилитации у пациентов с травмами нижних конечностей и сахарным диабетом.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

### *Методы реабилитации при сахарном диабете*

Согласно клиническим рекомендациям Минздрава России, пациенту с СД2 в отсутствие значимой метаболической декомпенсации и без выраженных стадий осложнений для улучшения общего состояния здоровья может быть рекомендовано санаторно-курортное лечение — бальнеологические курорты с питьевыми минеральными водами и водами минеральными природными для наружного бальнеотерапевтического применения. Целесообразно использование таких факторов, как диетическая терапия, ЛФК [7].

У пациентов с ДН рекомендуется достижение и поддержание индивидуальных целевых показателей углеводного обмена и уход за ногами для предотвращения прогрессирования осложнения и минимизации риска развития трофических язв. У пациентов с ДААП рекомендуется проводить регулярные консультации врача-травматолога-ортопеда для подбора индивидуального ортопедического пособия (обуви, ортезов и т. д.) [7].

Реабилитация пациентов с сочетанной сердечно-сосудистой патологией включает в себя поддержание индивидуальных целевых показателей и липидного обмена и артериального давления, а также работу с другими факторами риска. При сопутствующих заболеваниях артерий нижних конечностей рекомендуется активное динамическое наблюдение сердечно-сосудистого хирурга с регулярным контролем ультразвукового дуплексного сканирования артерий нижних конечностей и применение дезагрегантной терапии при необходимости [7].

Целью физиотерапии при реабилитации пациентов с ДН является обеспечение обезболивающего и противовоспалительного эффекта, улучшение микроциркуляции и метаболизма в нижних конечностях, а также по возможности восстановление утраченных сенсор-

ных функций. Бальнеотерапевтические процедуры воздействуют на организм через рефлекторные и гуморальные механизмы. Минеральные воды, обладая определенной температурой, химическим составом и гидростатическими свойствами, оказывают воздействие в первую очередь на рецепторы кожи и слизистых оболочек [7].

ЛФК применяется у пациентов с СД и осложнениями с целью усиления терапевтического эффекта физиотерапевтических методов и восстановления базовых двигательных функций. Кроме того, физическая нагрузка может обеспечить лучшую регуляцию гликемии, предотвращение прогрессирования осложнений, обеспечить поддержку нормальной массы тела, улучшение функционального состояния нервной системы, расширение диапазона адаптационных возможностей к физическим нагрузкам, а также улучшение психоэмоционального состояния и обеспечение высокого качества жизни [6, 7].

Таким образом, к методам реабилитации при СД можно отнести следующие [6–9]:

- 1) ЧЭНС;
- 2) локальная флюктуоризация;
- 3) лекарственный электрофорез с введением противовоспалительных препаратов;
- 4) магнитные поля;
- 5) ультратонотерапия;
- 6) локальная криотерапия;
- 7) лазеротерапия;
- 8) местная дарсонвализация;
- 9) импульсные электрические поля;
- 10) ультразвуковая терапия;
- 11) озокеритотерапия и пелоидотерапия;
- 12) минеральные ванны;
- 13) массаж (классический, пневмомассаж, тайский);
- 14) иглорефлексотерапия и акупунктура;
- 15) лечебная гимнастика и гидрокинезотерапия;
- 16) дозированная ходьба;
- 17) механотерапия.

### *Глобальное бремя травмы нижних конечностей*

Проблема травматизма распространена по всему миру и до сих пор является серьезным вызовом для общественного здравоохранения, имеет медицинское, социальное и экономическое значение. Годовой прирост травм составляет от 1,5 до 10 %. Таким образом, травма представляет собой пандемию, которая, по прогнозам, станет второй наиболее распространенной причиной потери лет жизни с поправкой на инвалидность в течение следующих 13 лет [10]. Среди причин травм дорожно-транспортные происшествия занимают от 1,5 до 16 %, причин инвалидности — от 28,4 до 30 %, смертности — от 11 до 33,2 %. Число пациентов, умерших от травматических повреждений и получивших лечение в связи с непреднамеренными падениями, резко возросло за последнее десятилетие, причем более половины этого прироста приходится на пациентов старше 65 лет [11].

По данным Gubin M. et al. (2022), в России первое место в структуре травм у взрослых трудоспособного возраста занимают травмы области голеностопного сустава и стопы. За последние 3 года их количество значи-

тельно увеличилось, аналогично числу травм запястья и кисти, занимающих второе место. Травмы колена и голени находятся на третьем месте по распространенности. При этом пациенты с переломами костей нижних конечностей составляют от 8,5 до 25 % общего количества пострадавших с переломами костей опорно-двигательного аппарата [12].

Поскольку травмы нижних конечностей приводят к значительному ограничению двигательных функций, данные состояния требуют своевременной и грамотной программы реабилитации. Для них характерен длительный период восстановления и/или сращения в случае перелома, контрактуры, нарушение конгруэнтности суставных поверхностей и нарушение двигательных функций и стереотипа походки. Длительная консолидация перелома, стойкие контрактуры суставов приводят к изменениям биомеханики опорно-двигательного аппарата в целом и потере социальной активности. Глобальное бремя травм нижней конечности формируется также за счет значительного снижения качества жизни пациентов, продолжительного и часто дорогостоящего лечения, утраты трудоспособности, высокой инвалидизации и утраты способности к самообслуживанию [13, 14].

### **Реабилитация при травме нижних конечностей**

Полноценная реабилитация при травмах нижних конечностей позволяет устранить асимметрию конечностей, купировать боль и восстановить двигательную активность. Поскольку длительная иммобилизация способствует прогрессированию двигательных нарушений, для их предотвращения и сокращения срока восстановления рекомендовано раннее начало проведения реабилитационных мероприятий. Реабилитационное лечение существенно сокращает сроки восстановления, минимизирует риск возникновения осложнений со стороны опорно-двигательного аппарата, при этом отсутствие реабилитации может провоцировать развитие остеоартрита, нарушений координации, формирование патологической походки и хронического болевого синдрома [13].

Программа реабилитации составляется с учетом общего состояния пациента, его нервно-психического статуса, способа иммобилизации, характеристик перелома и других факторов. В травматологической практике выделяют три периода: период иммобилизации, постиммобилизации и восстановительный. Цель периода иммобилизации — обеспечить условия для максимально возможной моторной активности пациента [10].

Реабилитационные мероприятия начинают с назначения ЛФК сразу после поступления в лечебное учреждение. В рекомендациях Национального института здравоохранения и совершенствования медицинской помощи Великобритании (NICE) указано, что следует начинать реабилитацию как можно скорее и избегать задержек. К восстановлению двигательной функции приступают уже в иммобилизационном периоде. Начинать реабилитацию рекомендуется с упражнений с нагрузкой собственным весом [15].

На 2–3-й день после травмы рекомендуется приступать к массажу выше или ниже гипсовой повязки. В зоне перелома разрешены поглаживание, поколачивание,

легкая вибрация. В раннем периоде возможно использовать методы пассивной гимнастики. Для уменьшения болей и отека на фоне воспалительной реакции применяют методы физиотерапии. Физиотерапевтические методы также включают низкочастотную магнитотерапию, ультравысокочастотную терапию, электрофорез анальгетиков и другие процедуры. В постиммобилизационный период применяют аналогичные методы с постепенным увеличением нагрузки. В некоторых центрах реабилитации применяется кинезиотейпирование, которое может оказывать положительное воздействие на мышечную систему [11].

В постиммобилизационном периоде показаны дренажный массаж и электростимуляция мышц для восстановления сенсорной функции, улучшения микроциркуляции крови и оттока лимфы. В функциональном и тренировочном периодах реабилитационный комплекс расширяется и усложняется. Силовые тренировки с постепенно увеличивающейся нагрузкой и аэробные упражнения позволяют поддерживать мышечную массу, повысить выносливость и обеспечить как сохранение, так и восстановление двигательных функций [12].

Противопоказания к ЛФК включают в себя: общее тяжелое состояние пациента; признаки интоксикации; стойкий болевой синдром; увеличенный риск кровотечения. Основные методы ЛФК включают в себя: лечение положением; идеомоторные упражнения, общеразвивающие упражнения для здоровых конечностей, динамические упражнения для свободных от иммобилизации суставов поврежденной конечности; ходьбу при травмах верхних конечностей; ходьбу на костылях при повреждении нижних конечностей; изометрические упражнения для неповрежденной и травмированной конечности (в случае сопоставления отломков), а также дыхательную гимнастику. При выполнении упражнений важно избегать усиления боли. Первые сеансы проводятся под контролем инструктора ЛФК, затем пациент выполняет упражнения самостоятельно 2–3 раза в день [14].

Особое внимание стоит уделить нарушениям походки у лиц после травм нижних конечностей. Во избежание формирования патологического стереотипа ходьбы важно своевременно оценить функцию походки в пациента и назначить соответствующие реабилитационные методики [15].

Реабилитация после травм нижних конечностей может проводиться как в стационарных, так и в домашних условиях с подключением дистанционного телемедицинского контроля, ставшего популярным на фоне недавней пандемии COVID-19. Срок восстановления зависит от функционального состояния конечности. В рекомендациях NICE также советуют оценить, есть ли у человека когнитивные, слуховые, зрительные, коммуникативные нарушения или эмоциональные проблемы, которые могут повлиять на эффективность реабилитации и качество жизни. Важной составляющей частью реабилитации является психологическая поддержка и психотерапия, что помогает пациенту справиться с эмоциональными, когнитивными и психосоматическими последствиями травмы. При необходимости в программу реабилитации включают трудотерапию, арт-терапию, работу с логопедом [10–15].

### **Особенности восстановления после травмы нижних конечностей у пациентов с СД**

Учитывая высокую распространенность таких состояний, как СД и травмы, а также потребность этих пациентов в реабилитационных мероприятиях, медицинским работникам стоит уделить внимание специфике восстановительного периода и выбору лучших реабилитационных подходов в данной группе лиц. Тем не менее существует дефицит исследований, касающихся последствий травм у пациентов с СД, и в зарубежной, и в отечественной научной литературе [7].

Основываясь на данных о патофизиологических процессах при хронической гипергликемии, можно предположить, что на фоне СД и ДН период восстановления после травмы нижних конечностей будет более длительным, а риск развития осложнений — более высоким по сравнению с пациентами без коморбидной патологии. Таким образом, данные пациенты требуют особого подхода и пристального внимания со стороны врачей-реабилитологов [16].

Известно, что наличие СД служит независимым фактором худшего прогноза, отягощает исходы травмы и ассоциировано с высокой госпитальной смертностью у пациентов травматологических отделений [17–20].

В исследовании Daly S.L. et al. (2022) изучались связи между наличием СД2 и клиническими исходами у пациентов старше 45 лет с тяжелыми травмами в условиях системы здравоохранения США [17]. Период наблюдения составил 24 месяца. Из 11 490 участников, доживших до выписки из больницы, 8493 оставались живы через 2 года после травмы. Из них 953 человека (11 %) страдали СД2, 7540 человек (89 %) не имели нарушений углеводного обмена. У участников исследования с СД2 наблюдался более высокий уровень внутрибольничной смертности по сравнению с пациентами без СД2 (19 % против 16 % соответственно;  $p < 0,001$ ). В группе пациентов с СД2 по сравнению с группой пациентов без СД2 через 24 месяца после травмы наблюдались худшие показатели физического функционирования по расширенной шкале исходов Глазго (отношение шансов [ОШ] 0,58, 95 %-й доверительный интервал [ДИ] 0,48–0,69) и более низкий шанс возвращения к работе или учебе (ОШ 0,51, 95 % ДИ 0,37–0,71). Пациенты с СД2 имели более высокий риск возникновения проблем с мобильностью (ОШ 1,92, 95 % ДИ 1,60–2,30), самообслуживанием (ОШ 1,94, 95 % ДИ 1,64–2,29), повседневной деятельностью (ОШ 1,50, 95 % ДИ 1,26–1,79), возникновения боли и дискомфорта (ОШ 1,75, 95 % ДИ 1,49–2,07), развития тревоги и депрессии (ОШ 1,45, 95 % ДИ 1,24–1,70) или инвалидности (ОШ 1,51, 95 % ДИ 1,28–1,79). Авторы заключили, что у пациентов с тяжелой травмой и СД2 прогноз хуже, чем у пациентов без СД2, как во время госпитализации, так и через 24 месяца после травмы [17].

Beaulieu R.A. et al. (2014) в своем наблюдательном исследовании в условиях реальной клинической практики также установили, что пациенты с диагнозом СД из травматологических клиник чаще выписывались не домой, а в другие больницы, хосписы и дома престарелых [18].

Tebby J. et al. (2014) ретроспективно оценили влияние СД на исходы у пациентов с множественными повреждениями [19]. Было проанализировано 5489 исто-

рий болезни пациентов с политравмой, у 222 из них был СД, у 2558 пациентов не было сопутствующих заболеваний, еще у 2709 лиц имелась коморбидная патология, но не было СД. Более высокий уровень смертности был обнаружен в группе пациентов с СД по сравнению с лицами без хронических заболеваний (32,4 % против 12,9 %,  $p < 0,05$ ). Исследователи установили, что частота осложнений, включая почечную недостаточность, инфаркт миокарда, острый респираторный дистресс-синдром, тромбоэмболию легочной артерии и тромбоз глубоких вен, выше в группе пациентов с СД [19].

Более тяжелое течение травмы объясняется низкими функциональными и регенеративными резервами организма на фоне хронической гипергликемии, сниженным иммунным ответом, нарушениями микроциркуляции и поражением нервной ткани. Кроме того, наличие СД может исказить клиническую картину самой травмы и ее осложнений по причине нарушений чувствительности на фоне ДН, что создает определенные трудности в диагностике. Среди осложнений травм нижней конечностей артрофиброз является одним из типичных состояний, риск которого повышается при наличии у пациента СД и при длительной иммобилизации. Кроме того, у пациентов с СД и ДН минимальные повреждения на ногах могут приводить к формированию трофических язв, которые требуют назначения дополнительного лечения, повышают риск сепсиса и нетравматических ампутаций. Перелом на фоне диабета может длительно срастаться и осложняться остеомиелитом [20].

Таким образом, любая травма и повреждение нижних конечностей у лиц с СД требует внимательного подхода, качественного оказания медицинской помощи и применения наиболее эффективных и современных методов реабилитации.

### **Подходы к реабилитации пациентов с травмой нижних конечностей и СД**

На фоне СД травма нижних конечностей протекает тяжелее, чем у лиц без коморбидной патологии. Чтобы улучшить исходы пациентов, не допустить развития и прогрессирования осложнений, добиться максимально возможного восстановления трудоспособности, физического и социального функционирования, реабилитационные мероприятия у данной категории лиц должны быть тщательно подобраны. Допустимо использовать все методы, применяемые при СД и при травмах нижних конечностей по отдельности [6, 7].

Не стоит забывать о первостепенном значении коррекции гипергликемии и сопутствующих метаболических нарушений. Все реабилитационные мероприятия должны проводиться на фоне грамотно подобранной сахароснижающей терапии, при целевых значениях глюкозы крови, пульса и артериального давления, адекватной гидратации, вне состояния ацидоза [21].

У лиц с СД необходимо особое внимание уделять осмотру поврежденных тканей и послеоперационной раны, если таковая имеется. Регулярная смена повязки и качественная санация, своевременное выявление признаков присоединения гнойной инфекции позволит избежать осложнений и формирования трофических язв [22].

Старт реабилитации должен быть максимально щадящим, поскольку физические резервы у пациентов с СД, как правило, снижены, особенно у пожилых, длительно страдающих СД на фоне неудовлетворительной компенсации, и при значительной массе тела [14].

Следует ставить реалистичные цели реабилитации, стараться действовать поэтапно и постепенно, с пониманием контекста и бытовых условий самого пациента, учетом его предпочтений и ожиданий, что повысит мотивацию, приверженность и обеспечит лучший результат [15].

Реабилитационная программа обязательно должна включать методы физиотерапии, так как именно они имеют максимальный метаболический эффект и оказывают интенсивное местное действие, позволяя добиться улучшения микроциркуляции и кровообращения в зоне травмы, тем самым ускоряя процессы регенерации. ЧЭНС и другие методы стимуляции нервов обоснованы у лиц с выраженной ДН [23].

Регулярная адекватная физическая нагрузка позволит повысить адаптационные резервы организма, выносливость, силу и гибкость. Кроме того, известно, что физическая нагрузка способствует нормализации уровня глюкозы в крови. Предпочтительным выглядит применение методов механотерапии с биологической обратной связью (БОС). Данные методы включают в себя тренировки с применением специальных высокотехнологичных тренажеров, разработанных с учетом особенностей биомеханики опорно-двигательного аппарата и обеспечивающих мониторинг витальных функций пациента в реальном времени, что позволяет получать информацию о состоянии организма, недоступную при обычных условиях [24]. Подобные тренажеры доказательно более эффективны и обеспечивают лучший комплаенс, нетравматичны и позволяют подобрать оптимальную дозированную нагрузку. Для пациента это позволяет персонализировать физическую терапию, делая ее более специфической.

Нарушения двигательных функций и патологическая походка, характерные для травм нижних конечностей, также требуют диагностики и коррекции у пациентов с СД. Формирование правильного стереотипа ходьбы возможно также при использовании специальных тренажеров в виде беговых дорожек с БОС [25]. Данный метод способствует скорейшему восстановлению утраченных функций и навыков, так как основан на принципах нейропластичности — способности нервной системы изменять свою структуру и функцию под воздействием опыта и обучения. Примером такого подхода может стать реабилитационная дорожка с визуальной обратной связью о ходьбе C-Mill, которая широко используется в медицинской практике и существенно улучшает показатели динамики ходьбы и устойчивости у пациентов различных медицинских групп. Роботизированные сис-

темы применяются как для выполнения простых и повторяющихся движений, так и для осуществления более сложной, контролируемой мультисенсорной стимуляции пациентов. Это способствует увеличению уровня активности и участия пациентов, что в дальнейшем благоприятно сказывается на их состоянии. Данный метод физической терапии, основанный на принципах моторного обучения, отличается эффективностью и безопасностью, позволяет провести объективную оценку результатов реабилитационного курса [26].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. СД и травмы нижних конечностей являются глобальной проблемой здравоохранения. Эти состояния требуют проведения реабилитационных мероприятий для восстановления максимальной функциональности и качества жизни пациентов. Наличие СД отягощает течение восстановительного периода после травм, а также служит независимым фактором неблагоприятных исходов, смерти, развития ранних и поздних осложнений.

2. При травмах нижних конечностей у пациентов с СД необходимо особое внимание, комплексный подход и участие мультидисциплинарной команды для составления оптимальной реабилитационной программы, нацеленной на предотвращение прогрессирования и развития осложнений, достижение скорейшего и полного восстановления функций. Персонализированный подход, индивидуально подобранные методы терапии и применение современных технологий помогут достичь наилучших результатов в реабилитации пациентов с СД и травмами нижних конечностей.

3. Основные стратегии реабилитации включают: динамическое наблюдение, контроль уровня глюкозы, предотвращение метаболических нарушений; обработка поврежденных кожных покровов, предупреждение развития язв и их инфицирования; повышение адаптационных возможностей организма; цели реабилитации должны быть реалистичны, учитывать индивидуальные особенности пациента.

4. Методы восстановительного лечения при данных патологиях основаны на использовании физиотерапии для улучшения микроциркуляции и активации регенерации тканей (ЧЭНС, электрофорез, магнитные поля, ультратонотерапия, криотерапия, лазеротерапия, дарсонвализация, импульсные электрические поля, ультразвукотерапия, озокеритотерапия и пелоидотерапия); применении механотерапии с биологической обратной связью и роботизированных систем для повышения общей выносливости, силовых показателей, улучшения функции баланса и формирования правильного стереотипа ходьбы (реабилитационная дорожка с визуальной обратной связью о ходьбе C-Mill).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Васильева Валерия Александровна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.  
E-mail: [vasilevava@nmicrk.ru](mailto:vasilevava@nmicrk.ru);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6526-4512>

**Марченкова Лариса Александровна**, доктор медицинских наук, руководитель научно-исследовательского управления, заведующая отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Ответчикова Дарья Игоревна**, научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-3664>

**Рожкова Елена Анатольевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры организации здравоохранения и санаторно-курортного дела, и.о. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям

ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Васильева В.А. — набор материала, обработка и анализ данных, написание статьи, формулирование выводов; Марченкова Л.А. — концепция протокола исследования, формулирование выводов, корректировка текста статьи; Ответчикова Д.И. — набор материала; Рожкова Е.А. — корректировка текста статьи; Фесюн А.Д. — концепция протокола исследования, формулирование выводов.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Фесюн А.Д. — главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Valeriia A. Vasileva**, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Somatic Rehabilitation, Active Longevity and Reproductive Health Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: [vasilevava@nmicr.ru](mailto:vasilevava@nmicr.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6526-4512>

**Larisa A. Marchenkova**, Dr.Sci. (Med.), Head of the Research and Development Department, Leading Researcher, Head of Somatic Rehabilitation, Active Longevity and Reproductive Health Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Daria I. Otvetchikova**, Traumatologist, Researcher, Somatic Rehabilitation, Active Longevity and Reproductive Health Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-3664>

**Elena A. Rozhkova**, Dr.Sci. (Biol.), Professor at the Department of Rehabilitation Medicine, Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Department of Healthcare Organization and Health Resorts, Acting Director,

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Vasileva V.A. — set of research material, processing and analysis of data, writing an article, formulating conclusions; Marchenkova L.A. — concept of the research of the study, correction of the text of the article; concept of the research protocol, formulation of conclusions; Otvetchikova D.I. — set of research material; Rozhkova E.A. — correction of the text of the article; Fesyun A.D. — concept of the research of the study, formulation of conclusions.

**Funding.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure.** Fesyun A.D. — Editor-in-Chief of the Journal "Bulletin of Rehabilitation Medicine". Other authors declare of no potential conflict of interests.

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

#### Список литературы / References

1. National Diabetes Statistics Report 2020: Estimates of Diabetes and Its Burden in the US. Centers for Disease Control and Prevention. 2020; Available at: <https://diabetesresearch.org/wp-content/uploads/2022/05/national-diabetes-statistics-report-2020.pdf>. Accessed September 4, 2023
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К. и др. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010–2022 гг. Сахарный диабет. 2023; 26(2): 104–123. <https://doi.org/10.14341/DM13035> [Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., et al. Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register of Diabetes Mellitus for the period 2010–2022. Diabetes. 2023; 26(2): 104–123. <https://doi.org/10.14341/DM13035> (In Russ.)]
3. Куркин Д.В., Макарова Е.В., Крысанов И.С. и др. Характеристики закупок сахароснижающих лекарственных средств в коммерческом секторе в динамике за 2016–2020 гг. Проблемы Эндокринологии. 2023; 69(4): 50–60. <https://doi.org/10.14341/probl13200> [Kurkin D.V., Makarova E.V., Krysanov I.S., et al. Characteristics of purchases of hypoglycemic drugs in the commercial sector in dynamics for 2016–2020. Problems of Endocrinology. 2023; 69 (4): 50–60. <https://doi.org/10.14341/probl13200> (In Russ.)]

4. Gyasi R.M., Odei J., Hambali M.G., et. al. Diabetes mellitus and functional limitations among older adults: Evidence from a large, representative Ghanaian aging study. *Journal of Psychosomatic Research*. 2023; 174: 111481. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2023.111481>
5. Feldman E.L., Callaghan B.C., Pop-Busui R., et. al. Diabetic neuropathy. *Nature Reviews Disease Primers*. 2019; 5(1): 41. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0092-1>
6. Васильева В.А., Марченкова Л.А. Современные методы лечения диабетической нейропатии (обзор литературы). Арбатские чтения: Сборник научных трудов. 2020; 2: 8–18. <https://doi.org/10.38006/907345-21-8.2020.8.18> [Vasilyeva V.A., Marchenkova L.A. Modern methods of treating diabetic neuropathy (literature review). *Arbat readings: Collection of scientific works*. 2020; 2: 8–18. <https://doi.org/10.38006/907345-21-8.2020.8.18> (In Russ.)]
7. Федеральные клинические рекомендации. Сахарный диабет 2-го типа у взрослых. 2022. 251 с. [Federal'nye klinicheskie rekomendacii. Saharnyj diabet 2 tipa u vzroslyh. 2022. 251 p. (In Russ.)]
8. Марченкова Л.А., Чесникова Е.И., Васильева В.А. и др. Способ реабилитации пациентов с сенсомоторной формой диабетической нейропатии нижних конечностей. Патент RU 2784306 C1, 23.11.2022. [Marchenkova L.A., Chesnikova E.I., Vasilyeva V.A., et al. Method for rehabilitation of patients with sensorimotor form of diabetic neuropathy of the lower extremities. Patent RU 2784306 C1, 23.11.2022 (In Russ.)]
9. O'Hagan C., De Vito G., Boreham C.A. Exercise prescription in the treatment of type 2 diabetes mellitus: current practices, existing guidelines and future directions. *Sports Medicine*. 2013; 43(1): 39–49. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0004-y>
10. Дементьев А.С., Журавлева Н.И., Кочетков С.Ю., Чепанова Е.Ю. Травматология и ортопедия. Стандарты медицинской помощи: справочное издание. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 752 с. [Dementyev A.S., Zhuravleva N.I., Kochetkov S.Yu., Chepanova E.Yu. *Travmatologiya i ortopediya. Standarty medicinskoj pomoshchi: spravochnoe izdanie*. M.: GEOTAR-Media, 2018. 752 p. (In Russ.)]
11. Бодрова Р.А., Петрова Р.В., Делян А.М. и др. Современный подход к реабилитации пациентов с переломами костей нижних конечностей. Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2023; 5(1): 40–51. <https://doi.org/10.36425/rehab233510> [Bodrova R.A., Petrova R.V., Delyan A.M., et. al. Modern approach to the rehabilitation of patients with fractures of the lower extremities. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2023; 5(1): 40–51. <https://doi.org/10.36425/rehab233510> (In Russ.)]
12. Gubin M., Olkhovsky V., Grygorian E. Forensic medical determination of severity of chest injuries with thorax trauma. 2022; 1(9): 45–49.
13. Чушинская М.М. Общие принципы реабилитации переломов конечностей. *Scientist*. 2020; 4(14): 20. [Chushinskaya M.M. General principles of rehabilitation of limb fractures. *Scientist*. 2020; 4(14): 20 (In Russ.)]
14. Hoyt B.W., Pavey G.J., Pasquina P.F., et al. Rehabilitation of Lower Extremity Trauma: a Review of Principles and Military Perspective on Future Directions. *Current Trauma Reports*. 2015; 1: 50–60. <https://doi.org/10.1007/s40719-014-0004-5>
15. National Institute for Health and Care Excellence. Rehabilitation after traumatic injury. 2022. Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng211> (Accessed January 12, 2024).
16. He K., Hemmila M.R., Cain-Nielsen A.H., et. al. Complications and resource utilization in trauma patients with diabetes. *Plos One*. 2019; 14(8): e0221414. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221414>
17. Daly S.L., Gabbe B.J., Clime R.E., Ekegren C.L. Association between type 2 diabetes and long-term outcomes in middle-aged and older trauma patients. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2022; 92(1): 185–192. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000003317>
18. Beaulieu R.A., McCarthy M.C., Markert R.J., et. al. Predictive factors and models for trauma patient disposition. *Journal of Surgical Research*. 2014; 190(1): 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.02.032>
19. Tebby J., Lecky F., Edwards A., et al. Outcomes of polytrauma patients with diabetes mellitus. *BMC Med*. 2014; 12: 111. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-12-111>
20. Ahmad R., Cherry R.A., Lendel I., et. al. Increased hospital morbidity among trauma patients with diabetes mellitus compared with age-and injury severity score-matched control subjects. *Archives of Surgery*. 2007; 142(7): 613–618. <https://doi.org/10.1001/archsurg.142.7.613>
21. Bassi-Dibai D., Santos-de-Araújo A.D., Dibai-Filho A.V., et al. Rehabilitation of Individuals with Diabetes Mellitus: Focus on Diabetic Myopathy. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022; 13: 869921. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.869921>
22. Turan Y., Ertugrul B.M., Lipsky B.A., Bayraktar K. Does physical therapy and rehabilitation improve outcomes for diabetic foot ulcers? *World Journal of Experimental Medicine*. 2015; 5(2): 130–139. <https://doi.org/10.5493/wjem.v5.i2.130>
23. Васильева В.А., Марченкова Л.А. Современные методы реабилитации пациента с сахарным диабетом 2-го типа. *Кардиологический вестник*. 2020; 3–2(2): 87. [Vasilyeva V.A., Marchenkova L.A. *Sovremennye metody reabilitacii pacienta s saharnym diabetom 2 tipa*. *Kardiologicheskij vestnik*. 2020; 3–2(2): 87 (In Russ.)]
24. Васильева В.А., Марченкова Л.А., Еремушкин М.А., Колышенков В.А. Влияние комплексной программы реабилитации с включением интерактивной балансотерапии с биологической обратной связью и кинезогидротерапии на функцию равновесия у пациентов с ожирением. *Врач*. 2022; 33(8): 71–74. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-08-15> [Vasilyeva V.A., Marchenkova L.A., Eremushkin M.A., Kolyshenikov V.A. The influence of a comprehensive rehabilitation program including interactive balance therapy with biofeedback and kinesihydrotherapy on balance function in obese patients. *Vrach (The Doctor)*. 2022; 33(8): 71–74. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-08-15> (In Russ.)]
25. Литвина Л.Д., Конева Е.С., Жуманова Е.Н. и др. Опыт включения аппаратных тренировок постурального контроля в комплексные программы реабилитации пациентов пожилого возраста. *Курортная медицина*. 2023; 2: 69–79. [https://doi.org/10.51871/2304-0343\\_2023\\_2\\_69](https://doi.org/10.51871/2304-0343_2023_2_69) [Litvina L.D., Koneva E.S., Zhumanova E.N., et. al. Experience of including hardware training of postural control into comprehensive rehabilitation programs for elderly patients. *Resort medicine*. 2023; 2: 69–79. [https://doi.org/10.51871/2304-0343\\_2023\\_2\\_69](https://doi.org/10.51871/2304-0343_2023_2_69) (In Russ.)]
26. Марченкова Л.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д. Метод реабилитации с использованием технологии виртуальной реальности и роботизированной механотерапии у пациентов с коксартрозом после операции эндопротезирования тазобедренного сустава. *Врач*. 2023; 2(34): 57–59. <https://doi.org/10.29296/25877305-2023-02-12> [Marchenkova L.A., Yurova O.V., Fesyun A.D. Method of rehabilitation using virtual reality technology and robotic mechanotherapy in patients with coxarthrosis after hip replacement surgery. *Vrach (The Doctor)*. 2023; 2(34): 57–59. <https://doi.org/10.29296/25877305-2023-02-12> (In Russ.)]