Обзор
https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-108-115

BY 4.0

Хирургическое лечение постампутационных деформаций стоп при диабетической нейропатии

***П.С. Бардюгов*[1] ✉, *М.В. Паршиков*[2], *Н.В. Ярыгин*[2]**

Отделение диабетической стопы
[1] ГНЦ РФ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» МЗ РФ
Российская Федерация, 117292, Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 11
[2] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ
Российская Федерация, 127006, Москва, ул. Долгоруковская, д. 4

✉ **Контактная информация:** Бардюгов Петр Сергеевич, врач травматолог-ортопед отделения диабетической стопы ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» МЗ РФ. Email: petrbardiugov@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ Во всем мире растет количество проведенных ампутаций пациентам с синдромом диабетической стопы. Почти половина данных операций – так называемые «малые ампутации», проводимые в пределах стопы. Высокая частота рецидива возникновения нейропатических язв, наступающие нарушения биомеханики, снижение качества жизни больных после этих операций стимулируют к изучению данной проблемы и поиску возможных путей лечения за счет возможностей хирургического лечения постампутационных деформаций стоп.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ Оценить характер хирургических вмешательств при постампутационных деформациях стоп у пациентов с диабетической нейропатией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ Поиск литературы проводился по базам данных медицинских публикаций *PubMed*, *CyberLeninka*, *Google Scholar*, *Scopus*, Medline, *eLIBRARY* среди статей на английском и русском языках. Поиск осуществлен по следующим терминам: малые ампутации, трансметатарзальная резекция, синдром диабетической стопы, *diabetic foot syndrome*, *transmetatarsal amputation*, *minor amputation*.

РЕЗУЛЬТАТЫ Хирургические методы лечения деформаций после ампутации части переднего отдела стопы в мировой литературе представлены широко, являются более изученными. Возможности коррекции деформаций стоп, наступивших после ампутации всего переднего отдела (от трансметатарзальной ампутации до уровня сустава Шопара) менее освещены, изучены данное направление и методики изучены в меньшей степени.

ВЫВОДЫ Хирургические методы коррекции постампутационных деформаций стоп прочно вошли в широкую международную практику. Их эффективность подтверждена рядом исследований с высоким уровнем доказательности. Тем не менее требуется более широкое, академичное изучение проблемы ортопедического статуса у пациентов с данной патологией и соответствующих методов хирургического лечения.

Ключевые слова: малые ампутации, синдром диабетической стопы, постампутационные деформации, нарушения биомеханики

Ссылка для цитирования Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В. Хирургическое лечение постампутационных деформаций стоп при диабетической нейропатии. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь.* 2024;13(1):108–115. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-108-115

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование Исследование не имеет спонсорской поддержки

МА — «малые» ампутации
ПАД — постампутационные деформации
РКИ — рандомизированное контролируемое исследование
СД — сахарный диабет
СДС — синдром диабетической стопы
ФРСД — Федеральный регистр больных сахарным диабетом

ВВЕДЕНИЕ

По последним данным Федерального регистра больных сахарным диабетом (ФРСД), в 2016 г. распространенность синдрома диабетической стопы (СДС) в РФ среди больных сахарным диабетом (СД) составила: СД 1-го типа — 4,7%, СД 2-го типа — 1,9%. Соотношение различных форм СДС при СД 1-го типа: нейропатическая с трофической язвой — 41,6%, нейропатическая (стопа Шарко) — 17,9%, нейроишемическая — 28,3%, ишемическая — 12,2%; СД 2-го типа: 41,6%, 7,4%, 32,4%, 18,5% соответственно.

С 2013 по 2016 г. на территории РФ отмечался рост новых случаев ампутаций/год: при СД 1-го типа с 10,5 до 12,4/10 тыс взрослых больных, при СД 2-го типа — с 9,6 до 10,9/10 тыс взрослых больных соответственно (рис. 1). При этом отмечалась значительная межрегиональная вариабельность по их частоте — от 2,9 до

© Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В. М., 2024

0,13% при СД 1-го типа, от 6,0 до 0,04% — при СД 2-го типа.

Доля ампутаций, выполняемых на уровне бедра при обоих типах СД, несколько снизилась: при СД 1-го типа — с 43,6% в 2013 г. до 37,0% в 2016 г., при СД 2-го типа — с 52,2% в 2013 г. до 45,5% в 2016 г. Однако возросло количество проводимых ампутаций на уровне голени. Особенно увеличилось число проведения так называемых «малых» ампутаций (МА) в пределах стопы [1] (рис. 2).

В 2016 г. были впервые опубликованы данные по динамике ампутаций нижних конечностей у больных СД в 26 странах европейского экономического союза и развития (*OECD — Organization for Economic Cooperation and Development*) за период с 2000 по 2011 г. Согласно данным этого анализа, количество ампутаций уменьшилось с 13,2 на 100 тыс населения в 2000 г. (диапазон 5,1–28,1) до 7,8 в 2011 г. (1,0–18,4) соответственно. Данная частота проведения ампутаций, хоть и является несколько меньшей, однако сопоставима с российской статистикой [2].

При этом распределение доли проведения МА в пределах стопы по данным зарубежных авторов соотносится с отечественными. Так, данные финского национального регистра демонстрируют следующее соотношение между МА и высокими ампутациями в период с 1997 по 2007 г.: увеличение с 0,86 (0,8–0,92) до 1,35 (1,26–1,46) (p<0,001) [3].

Таким образом, можно отметить тенденцию к увеличению числа больных, перенесших МА в международном масштабе.

Проведение МА подразумевает удаление нежизнеспособных тканей в пределах сегмента стопы при развитии гнойно-некротического процесса и ставит перед собой задачу уберечь пациента от ампутации на более высоком уровне (голени или бедра), а иногда для сохранения его жизни. Однако после стабилизации процесса, очищения или полного заживления ран становится актуальной проблема функции стопы или ее культи, а также всей нижней конечности в целом.

Цель исследования: оценить характер хирургических вмешательств при постампутационных деформациях стоп у пациентов с диабетической нейропатией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск литературы проводился по базам данных медицинских публикаций *PubMed*, *CyberLeninka*, *Google Scholar*, *Scopus*, *Medline*, *eLIBRARY* среди статей на английском и русском языках. Поиск осуществлен по следующим терминам: малые ампутации, трансметатарзальная резекция, синдром диабетической стопы, *diabetic foot syndrome*, *transmetatarsal amputation*, *minor amputation*.

Из исследования исключены литературные источники, посвященные методам ортопедической коррекции деформаций стоп изолированно от СДС и проявлениям СДС без упоминания ортопедических методов лечения (хирургия гнойных осложнений, сосудистая хирургия, сахароснижающая терапия и пр.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

При дистальной диабетической нейропатии происходит нарушение мышечно-сухожильного баланса за счет дегенеративной фиброзной и жировой перестройки дистальных мышц: межкостных и червеобразных.

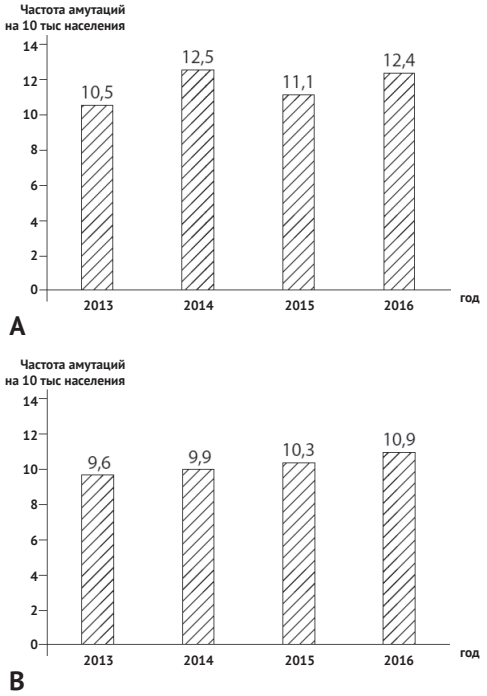

Рис. 1. Частота новых наблюдений ампутаций в год на 10 тыс взрослых пациентов с сахарным диабетом 1-го (*A*) и 2-го типа (*B*)

Fig. 1. Frequency of new observations of amputations per year per 10 thousand adult patients with type 1 (A) and type 2 (B) diabetes mellitus

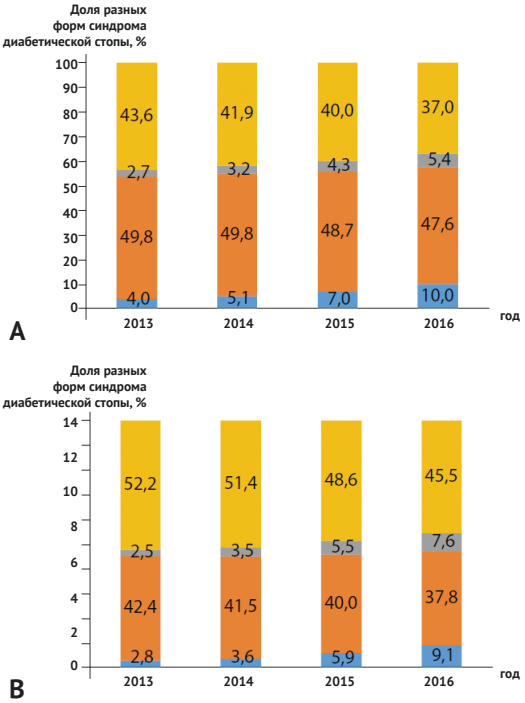

Рис. 2. Распределение по уровню ампутаций у больных с сахарным диабетом 1-го (*A*) и 2-го типа (*B*)

Fig. 1. Distribution by level of amputations in patients with type 1 (A) and type 2 (B) diabetes mellitus

Это приводит к «перетягиванию» сухожилий длинных сгибателей и разгибателей и формированию или усилению имеющихся молоткообразной и когтеобразной деформации, подвывихам и даже вывихам пальцев [4,

5]. Нейропатия способствует снижению эластичности икроножной и камбаловидной мышц. Как следствие — ограничение дорсифлексии в голеностопном суставе, эквинус стопы [6]. Описанные нарушения биомеханики, статические деформации стоп приводят к формированию зон повышенного механического воздействия, в области которых на фоне дистальной нейропатии и специфических гисто-биохимических изменений формируются «нейропатические» язвенные дефекты [7–9].

Вероятность рецидива язв после перенесенной МА составляет 40–65% в первые 3 года после ампутации. Этих пациентов относят к самой высокой (третей) группе риска [10–12].

Попытки классифицировать степень тяжести нарушения биомеханики у пациентов с СДС проводились отечественными исследователями [13]. Однако единой систематики, иной ортопедической классификации, отражающей причинно-следственные связи между уровнем ампутации, тяжестью нейропатии не было найдено.

Среди постампутационных деформаций (ПАД) стопы целесообразно выделить две основные группы, исходя из уровня проведенной ранее ампутации:

— ПАД переднего отдела стопы (утрата части пальцев, головок плюсневых костей), когда передний отдел сохранен частично;

– ПАД культи стопы (утрата всего переднего отдела, вплоть до сустава Шопара).

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАД ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА

Постампутационная деформация переднего отдела у пациентов с СДС требует того же подхода, который необходим при статических деформациях стоп (без проведенных ранее МА) [14]. Хирургические методы ортопедической коррекции статических деформаций у больных с СДС достаточно широко представлены в научной литературе: общепризнанным ориентиром могут служить рекомендации Международной рабочей группы по диабетической стопе (*The International Working Group of the Diabetic Foot — IWGDF*) [15, 16] согласно которым целесообразно прибегнуть к хирургическому лечению при отсутствии эффективности всех методов консервативной разгрузки зон язвенного дефекта, таких как разгрузочные высокая иммобилизирующая повязка, ботинок (высокий или низкий), стельки из вспененного материала. Если же язвы нет, то в качестве профилактики рекомендуется использовать ортопедическую обувь, стельки и корректоры пальцев (рис. 3).

Данные рекомендации преимущественно основаны на работах с максимально высоким уровнем доказательности — рандомизированных контролируемых исследованиях (РКИ). Такие исследования проведены в отношении следующих методов хирургического лечения:

Резекция головок плюсневых костей [17] выполняется при наличии язв подошвенной поверхности в проекции головок плюсневых костей.

Удлинение трёхглавой мышцы голени — наиболее изученный метод, позволяющий уменьшить подошвенное давление на весь передний отдел и способствовать заживлению язв данной области, освещенный в наибольшем количестве РКИ [18–20] и обзоре литературы [21] (рис. 4).

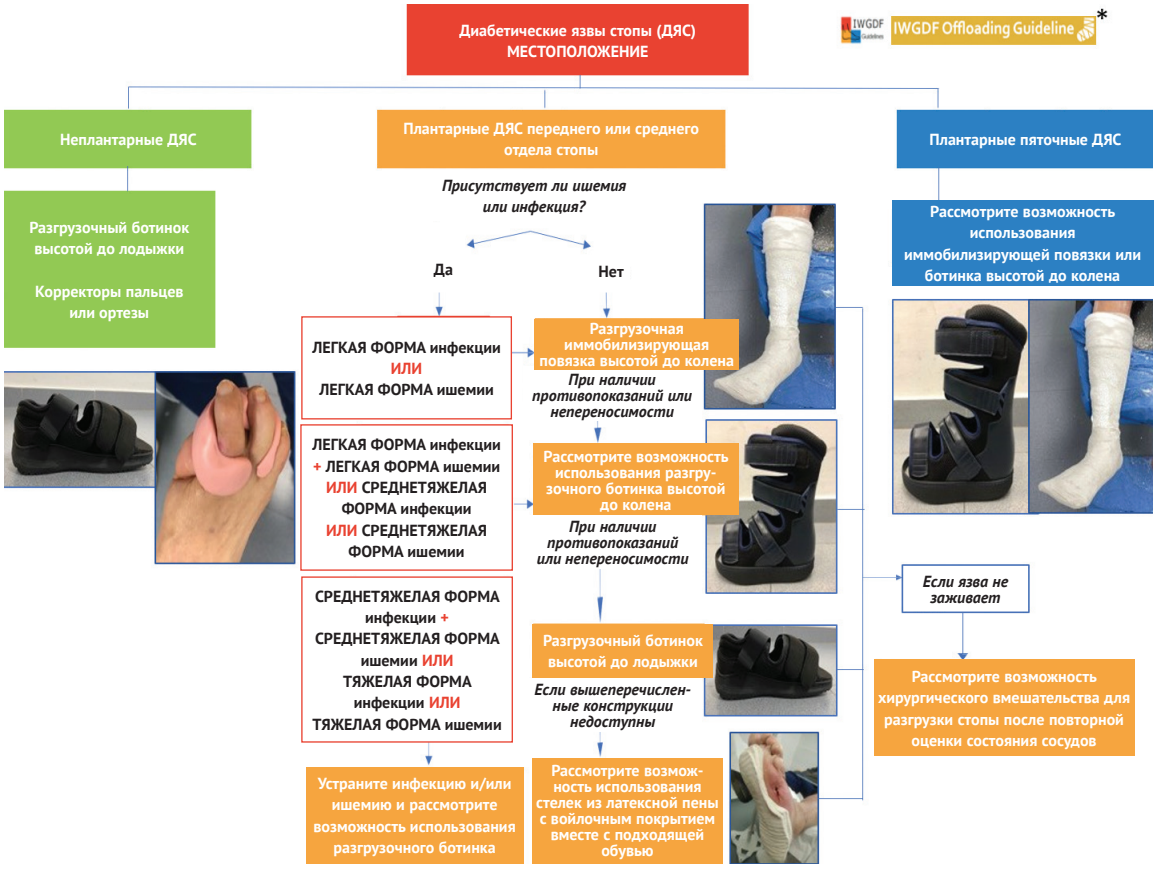

Рис. 3. Алгоритм ортопедического лечения (разгрузки) диабетических язв [15, 16]
Fig. 3. Algorithm for orthopedic treatment (offloading) of diabetic ulcers [15, 16]

Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care. 2024;13(1):108–115. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-108-115

Тенотомия сухожилий сгибателей и разгибателей пальцев [22, 23] позволяет, благодаря устранению молоткообразной деформации пальца, вывести из-под нагрузки зону язвенного дефекта.

Другие методики также продемонстрировали свою эффективность, но даны в рекомендациях «меньшей силы»: на основании ретроспективных контролируемых исследований.

Это **резекционная артропластика плюснефаланговых суставов по типу *Keller*** [24–26], позволяющая увеличить мобильность в соответствующем суставе и уменьшить давление на подошвенную поверхность пальца.

И неконтролируемые исследования «низкого уровня доказательности», такие как наблюдение за серией случаев, посвященных **остеотомии плюсневых костей** [27–32], за счет которой происходит разгрузка зоны язвенного дефекта в проекции головки соответствующей плюсневой кости и создаются условия для заживления язвы.

Более перспективным по отношению к ПАД стоп представляется комбинация методов коррекции. В исследовании *Hamilton G.A. et al.* [33] описан успешный опыт сухожильно-мышечной пластики (одновременного удлинения трёхглавой мышцы, транспозиции сухожилия длинной малоберцовой мышцы на сухожилие короткой малоберцовой) и резекции головок малых плюсневых костей по отношению к пациентам с язвами под головками оставшихся малых плюсневых костей.

Положительный эффект технологии транспозиции малоберцовых мышц объясняется тем, что выполняется резекция головок только малых плюсневых костей, в то время как для избежания перегрузки подошвенной поверхности в проекции головки I плюсневой кости производится «ослабление» пронации (за которую «отвечает» длинная малоберцовая мышца).

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАД КУЛЬТИ СТОПЫ

Характер деформаций, возникающих после ампутации переднего отдела стопы, требующих коррекции, упомянуты в работе Д.И. Лавровой и Б.В. Шишкина в 2017 г. [34]. По отношению к диабетической стопе это эквинусная, варусная, или эквиноварусная деформация ее культи. При запущенных формах деформации культя принимает характер порочной, то есть неопорной, с нейропатическими язвами в зонах повышенного механического воздействия (дистальный отдел культи, наружно-подошвенная поверхность культи).

Таким образом, учитывая описанное ранее влияние дистальной нейропатии на формирование деформаций дистального сегмента нижней конечности в сочетании с потерей всего переднего отдела стопы, можно предположить, насколько выражена степень нарушения биомеханики нижней конечности у пациентов, перенесших данный вид хирургического лечения гнойно-некротических осложнений при СДС.

Научная доказанность хирургических методов «разгрузки» при этих деформациях представлена гораздо скуднее. Из методов, упомянутых в рекомендациях Международной рабочей группы по диабетической стопе (*IWGDF*), можно выделить только удлинение трёхглавой мышцы, остальные хирургические техники предназначены для операции на сохранившихся структурах переднего отдела стопы. Однако в литературе можно встретить достаточное количество публикаций, посвященных различным методам лечения ПАД культи стопы низкого уровня доказательности (серия клинических случаев).

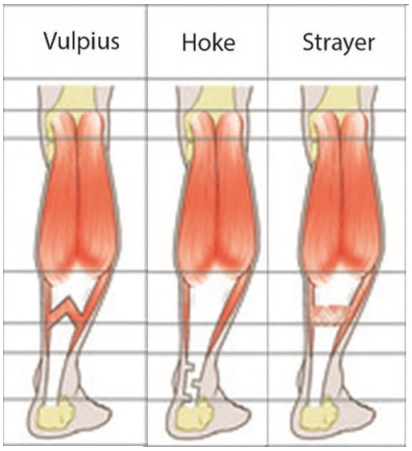

Рис. 4. Схема методик удлинения трёхглавой мышцы голени
Fig. 4. Scheme of methods for lengthening of the triceps surae muscle

Транспозиция сухожилия короткой малоберцовой мышцы. Хирургическое вмешательство заключается в отсечении сухожилия короткой малоберцовой мышцы от места прикрепления и фиксации к сухожилию длинной малоберцовой мышцы в комбинации с чрескожным удлинением ахиллова сухожилия: происходит коррекция избыточной эквино-варусной (супинационной) деформации культи стопы [35].

Интрамедуллярная фиксация I плюсневой кости осуществляется после ручного устранения избыточной супинации одновременно с формированием культи стопы. Интрамедуллярно проводится длинный винт через I плюсневую кость в таранную, с последующим закрытием шлица винта мышцей, приводящей первый палец или аллотрансплантатом [36]. Авторы заостряют внимание на более низком уровне нагноений операционной раны, состоятельности швов по сравнению с сухожильно-пластическими операциями, проводящимися с той же целью (коррекция эквиноварусной деформации культи).

Транспозиция сухожилий длинного сгибателя первого пальца и длинного разгибателя пальцев. При формировании культи производиться фиксация указанных сухожилий анкерными винтами к культе I плюсневой кости (сухожилие длинного сгибателя первого пальца) и культе IV плюсневой кости (сухожилие длинного разгибателя пальцев), таким образом сохраняется супинационно-пронационный сухожильно-мышечный баланс, что является профилактикой развития деформаций [37].

Последние три метода описаны одним коллективом авторов. По их мнению, они применимы как в виде профилактических мероприятий (на этапе формирования культи), так и на поздних сроках — для коррекции сформировавшейся деформации.

Транспозиция сухожилий передней большеберцовой, длинного разгибателя первого пальца и длинного разгибателя пальцев на таранную кость. Данная методика описана в работе *Green C.J. et al.* [38], осуществлена по отношению к 41 пациенту. Технология заключалась в одномоментном проведении экзартикуляции на уровне сустава Шопара, выделении сухожилий указанных мышц и фиксации последних

трансоссально к шейке таранной кости совместно с проведением релиза икроножной мышцы (методика *Strayer* или *Vulpius*) с сочетанием мини-инвазивного удлинения ахиллова сухожилия по Ноке. Результаты оценивались на протяжении 4 лет. Формирование эквинусной контрактуры голеностопного сустава и образование язвы констатировано только у одного больного. Авторы отмечают у пациентов способность самостоятельно передвигаться без потребности в использовании громоздких ортопедических изделий в абсолютном большинстве случаев.

Артродез голеностопного и подтаранного суставов в положении коррекции продемонстрировал успех как метод профилактики и лечения типичных деформаций, характерных для короткой культи стопы. Но, к сожалению, анализу подверглась малая серия случаев. В наблюдении *De Gere et al*. [39] отмечено, что у 6 из 7 пациентов примененная тактика позволила избежать образования язв с сохранением возможности активно перемещаться в течение 4 лет наблюдения. У одного из 7 развились тяжелые гнойные осложнения, приведшие к ампутации конечности на уровне голени. Указывается, что хирургическое лечение включало два этапа: удаление гнойно-некротических тканей, а в последующем — формирование культи, удлинение ахиллова сухожилия и артродез суставов в физиологическом положении культи при помощи интрамедуллярного штифта.

ОБСУЖДЕНИЕ

Потеря любого функционального анатомического образования, то есть выполнение ампутации даже одного пальца, не может не повлечь за собой нарушение биомеханики дистального отдела нижней конечности. При наличии дистальной нейропатии, усугубляющей и без того нарушенную биомеханику, неминуемо наступает перегрузка оставшихся опорных структур культи стопы. Тем не менее, категория больных с ПАД стоп не выделяется в отдельную группу специфической ортопедической патологии на общем фоне СДС и не рассматривается прицельно с учетом наличия очевидных особенностей. В должной степени пока не изучены, не классифицированы конкретные причинно-следственные связи между уровнем МА и характером нарушения биомеханики.

Вероятно, в основном источнике информации о методах лечения СДС, на который можно ориентироваться (клинические рекомендации Международной рабочей группы по диабетической стопе — *The International Working Group of the Diabetic Foot — IWGDF*), описаны методы, применимые практически только для ПАД, при которых часть переднего отдела стопы сохранена. Для тех случаев, когда весь передний отдел стопы утерян, информации о хирургических методах лечения практически нет (кроме универсального удлинения трёхглавой мышцы голени).

Кроме того, в данном руководстве не уточняется, когда можно судить об отсутствии эффективности от проводимого консервативного лечения и приступать к хирургическим методам, то есть отсутствуют конкретные показания. Не рассматриваются иные клинические критерии, кроме заживления язвы: функциональная активность пациента, биомеханические показатели и качество жизни.

В данных рекомендациях отсутствует четко сформированная тактика: методики вырваны из контекста, нет рекомендаций: в каких случаях целесообразно применять отдельно взятую методику, а в каких их сочетание, несмотря на очевидную разницу между ортопедическим статусом и степенью биомеханических нарушений у пациентов с первичным деформациями (без перенесенных ранее ампутаций), с ПАД стопы и ПАД культи стопы.

Действительно, в мировой литературе опубликовано мало исследований хирургических методов лечения ПАД стоп с высоким уровнем доказательности: из упомянутых 5 три посвящены удлинению трёхглавой мышцы. Однако это, вероятно, является логичным, учитывая, как сложно провести исследование такого уровня по отношению к коморбидным пациентам. Например, наличие нейропатических язв при СДС обусловлено слишком большим количеством факторов кроме наличия деформаций и зон повышенного механического воздействия. Это и вес пациента, уровень физической активности, характер и качество консервативного ортопедического сопровождения (обувь, стельки и т.д.), степень тяжести нейропатии, приверженность лечению и т.д. Отсутствие же статистического анализа публикаций, носящих характер наблюдения за рядом клинических случаев, объяснимо малым количеством выборки.

Одинаковым для всех работ, посвященных коррекции постампутационных деформаций, является только констатация положительной динамики коррекции ортопедического статуса, функциональных возможностей, и лишь в некоторых случаях подтвержденная фотографически, иллюстративно. В оценке хирургического лечения деформаций стоп разработаны различные шкалы, широко применяющиеся по отношению к пациентам без СДС, например *AOFAS* [40], *Grulier* [41]. Однако в оценке эффективности хирургического лечения ПАД подобные шкалы, к сожалению, не используются. В то же время это было бы логичным, учитывая специфику патогенеза СДС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургические методы коррекции деформаций стоп, в том числе постампутационных деформаций, в лечении синдрома диабетической стопы давно не являются экзотикой, редкостью, экспериментом и прочно вошли в широкую международную практику. Их эффективность подтверждена рядом исследований с высоким уровнем доказательности. Тем не менее требуется более широкое, академичное изучение проблемы ортопедического статуса у пациентов с постампутационной деформацией и соответствующих методов хирургического лечения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галстян Г.Р., Викулова О.К., Исаков М.А., Железнякова А.В., Серков А.А., Егорова Д.Н., и др. Эпидемиология синдрома диабетической стопы и ампутаций нижних конечностей в российской федерации по данным федерального регистра больных сахарным диабетом (2013–2016 гг.). *Сахарный диабет*. 2018;21(3):170–177. https://doi.org/10.14341/dm9688
2. Carinci F, Massi Benedetti M, Klazinga NS, Uccioli L. Lower extremity amputation rates in people with diabetes as an indicator of health systems performance. A critical appraisal of the data collection 2000–2011 by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). *Acta Diabetol*. 2016;53(5):825–832. PMID: 27443839 https://doi.org/10.1007/s00592-016-0879-4
3. Winell K, Venermo M, Ikonen T, Sund R. Indicators for comparing the incidence of diabetic amputations: a nationwide population-based register study. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2013;46(5):569–574. PMID: 24007756 https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2013.07.010
4. Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, Sangla K, Cunningham M, Buttner P, et al. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis of findings fromthe gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013;28(8):831–845. PMID: 24035444 https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004
5. Andersen H. *Motor neuropathy. Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier; 2014. p. 81–95. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53480-4.00007-2
6. Frykberg RG, Bowen J, Hall J, Tallis A, Tierney E, Freeman D. Prevalence of equinus in diabetic versus nondiabetic patients. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2012;10(2):84–88. PMID: 22461264 https://doi.org/10.7547/1020084
7. Судницын А.С., Щурова Е.Н., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А., Мигалкин Н.С. Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):102–110. https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110
8. Артемова Е.В., Горбачева А.М., Галстян Г.Р., Токмакова А.Ю., Гаврилова С.А., Дедов И.И. Механизмы нейрогуморальной регуляции клеточного цикла кератиноцитов при сахарном диабете. *Сахарный диабет*. 2016;19(5):366–374. https://doi.org/10.14341/DM8131
9. Lazzarini PA, Crews RT, Van Netten JJ, Bus SA, Fernando ME, Chadwick PJ, et al. Measuring plantar tissue stress in people with diabetic peripheral neuropathy: a critical concept in diabetic foot management. *J Diabetes Sci Technol*. 2019;13(5):869–880. PMID: 31030546 https://doi.org/10.1177/1932296819849092
10. Jupiter DC, Thorud JC, Buckley CJ, Shibuya N. The impact of foot ulceration and amputation on mortality in diabetic patients. I: from ulceration to death, a systematic review. *Int Wound J*. 2016;13(5):892–903. PMID: 25601358 https://doi.org/10.1111/iwj.12404
11. Armstrong DG, Boulton AJ, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence. *N Engl J Med*. 2017;376(24):2367–2375. PMID: 28614678 https://doi.org/10.1056/NEJMra1615439
12. Crawford F, Cezard G, Chappell FM, Murray GD, Price JF, Sheikh A, et al. A systematic review andindividual patient data meta-analysis of prognostic factors for foot ulceration in people with diabetes: the international research collaboration for the prediction of diabetic foot ulcerations (PODUS). *Health Technol Assess*. 2015;19(57):1–210. PMID: 26211920 https://doi.org/10.3310/hta19570
13. Паршиков М.В., Бардюгов П.С., Ярыгин Н.В. Ортопедические аспекты классификаций синдрома диабетической стопы. *Гений Ортопедии.* 2020;26(2):173–178. https://doi.org/10.18019/1028-4427-2020-26-2-173-178
14. Бардюгов П.С., Паршиков М.В. Деформации стоп у пациентов с синдромом диабетической стопы (обзор литературы). *Гений ортопедии.* 2022;28(3):452–458. https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-3-452-458
15. Bus SA, Lavery LA, Monteiro-Soares M., Rasmussen A, Raspovic A, Sacco ICN, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev*. 2020;36(Suppl 1):e3269. PMID: 32176451 https://doi.org/10.1002/dmrr.3269
16. Bus SA, Armstrong DG, Gooday C, Jarl G, Caravaggi C, Viswanathan V, et al. Guidelines on offloading foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev*. 2020;36(Suppl 1):e3274. PMID: 32176441 https://doi.org/10.1002/dmrr.3274
17. Piaggesi A, Schipani E, Campi F, Romanelli M, Baccetti F, Arvia C, et al. Conservative surgical approach versus non-surgical management for diabetic neuropathic foot ulcers: a randomized trial. *Diabet Med*. 1998;15(5):412–417. PMID: 9609364 https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9136(199805)15:5<412::aid-dia584>3.0.co;2-1
18. Mueller MJ, Sinacore DR, Hastings MK, Strube MJ, Johnson JE. Effect of Achilles tendon lengthening on neuropathic plantar ulcers. A randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(8):1436–1445. PMID: 12925622 https://doi.org/10.2106/00004623-200308000-00003
19. Allam AM. Impact of Achilles tendon lengthening (ATL) on the diabetic plantar forefoot ulceration. *Egypt J Plast Reconstr Surg*. 2006;30(1):43–48.
20. Maluf KS, Mueller MJ, Strube MJ, Engsberg JR, Johnson JE. Tendon Achilles lengthening for the treatment of neuropathic ulcers causes a temporary reduction in forefoot pressure associated with changes in plantar flexor power rather than ankle motion during gait. *J Biomech*. 2004;37(6):897–906. PMID: 15111077 https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.10.009
21. Dallimore SM, Kaminski MR. Tendon lengthening and fascia release for healing and preventing diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2015;8(1):33. PMID: 26300980 https://doi.org/10.1186/s13047-015-0085-6 eCollection 2015.
22. Bonanno DR, Gillies EJ. Flexor Tenotomy Improves Healing and Prevention of Diabetes-Related Toe Ulcers: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(3):600–604. PMID: 28476394 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.02.011
23. Askø Andersen J, Rasmussen A, Engberg S, Bencke J, Frimodt-Møller M, Kirketerp-Møller K, et al. Flexor Tendon Tenotomy Treatment of the Diabetic Foot: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*. 2022;45(11):2492–2500. PMID: 36151947 https://doi.org/10.2337/dc22-0085
24. Armstrong DG, Lavery LA, Vazquez JR, Short B, Kimbriel HR, Nixon BP, et al. Clinical efficacy of the first metatarsophalangeal joint arthroplasty as a curative procedure for hallux interphalangeal joint wounds in patients with diabetes. *Diabetes Care*. 2003;26(12):3284–3287. PMID: 14633815 https://doi.org/10.2337/diacare.26.12.3284
25. Tamir E, Tamir J, Beer Y, Kosashvili Y, Finestone AS. Resection Arthroplasty for resistant ulcers underlying the hallux in insensate diabetics. *Foot Ankle Int*. 2015;36(8):969–975. PMID: 25810459 https://doi.org/10.1177/1071100715577952
26. Yammine K, Assi C. A Meta-Analysis of the Outcomes of Resection Arthroplasty for Resistant Hallucal Diabetic Ulcers. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(4):795–801. PMID: 33771433 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2020.04.025
27. Biz C, Gastaldo S, Dalmau-Pastor M, Corradin M, Volpin A, Ruggieri P. Minimally invasive distal metatarsal diaphyseal osteotomy (DMDO) for chronic plantar diabetic foot ulcers. *Foot Ankle Int*. 2018;39(1):83–92. PMID: 29110516 https://doi.org/10.1177/1071100717735640
28. Botezatu I, Laptoiu D. Minimally invasive surgery of diabetic foot – review of current techniques. *J Med Life*. 2016;9(3):249–254. PMID: 27974928
29. Robinson D, Yassin M, Garti A, Ashkenazi U, Weisbrot M, Heller E. Percutaneous Correction of Forefoot Deformities in Diabetic Patients in Order to Prevent Pressure Sores. *Foot Ankle Surg*. 2016;22(2):80. https://doi.org/10.1016/j.fas.2016.05.200
30. Оболенский В.Н., Процко В.Г., Оснач С.А. Миниинвазивная корригирующая остеотомия у больных с язвенным дефектом переднего отдела диабетической стопы. *Хирург*. 2018;(3–4):70–79.
31. Fleischli JE, Anderson RB, Davis WH. Dorsiflexion Metatarsal Osteotomy for Treatment of Recalcitrant Diabetic Neuropathic Ulcers. *Foot Ankle Int*. 1999;20(2):80–85. PMID: 10063975 https://doi.org/10.1177/107110079902000203
32. Yammine K, Nahed M, Assi C. Metatarsal Osteotomies for Treating Neuropathic Diabetic Foot Ulcers: A Meta-analysis. *Foot Ankle Spec*. 2018;12(6):555–562. PMID: 30565498 https://doi.org/10.1177/1938640018819784
33. Hamilton GA, Ford LA, Perez H, Rush SM. Salvage of the neuropathic foot by using bone resection and tendon balancing: A retrospective review of 10 patients. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44(1):37–43. PMID: 15704081 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2004.11.001
34. Лаврова Д.И., Шишкина Б.В. Оценка нарушений функций ходьбы и стояния при ампутации стопы. *Медико-социальные проблемы инвалидности.* 2017;(1):44–47.
35. Schweinberger MH, Roukis TS. Balancing of the Transmetatarsal Amputation with Peroneus Brevis to Peroneus Longus Tendon Transfer. *J Foot Ankle Surg*. 2007;46(6):510–514. PMID: 17980854 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.05.012
36. Schweinberger MH, Roukis TS. Intramedullary Screw Fixation for Balancing of the Dysvascular Foot Following Transmetatarsal Amputation. *J Foot Ankle Surg*. 2008;47(6):594–597. PMID: 19239874 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.12.002
37. Roukis TS. Flexor Hallucis Longus and Extensor Digitorum Longus Tendon Transfers for Balancing the Foot Following Transmetatarsal Amputation. *J Foot Ankle Surg*. 2009;48(3):398–401. PMID: 19423046 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2008.12.013
38. Green CJ, Bibbo C, McArdle A, Knight C. A Functional Chopart's Amputation With Tendon Transfers. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(1):213–217. PMID: 32981826 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2020.08.019
39. De Gere MW, Grady JF. A Modification of Chopart's Amputation with Ankle and Subtalar Arthrodesis by Using an Intramedullary Nail. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44(4):281–286. PMID: 16012435 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.04.014
40. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*. 1994;15(7):349–353. PMID: 7951968 https://doi.org/10.1177/107110079401500701

41. Groulier P, Curvale G, Prudent HP, Vedel F. Resultats du traitement de l`hallux valgus selon la technique de Mac Bride “modifee” avec ou sans osteotomie phalangienne ou metetarsienne complimentaire. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1988;74(6):539–548. PMID: 3238084

REFERENCES

1. Galstyan GR, Vikulova OK, Isakov MA, Zheleznyakova AV, Serkov AA, Egorova DN, et al. Trends in the epidemiology of diabetic foot and lower limb amputations in Russian Federation according to the Federal Diabetes Register (2013–2016). *Diabetes mellitus*. 2018;21(3):170–177.
2. Carinci F, Massi Benedetti M, Klazinga NS, Uccioli L. Lower extremity amputation rates in people with diabetes as an indicator of health systems performance. A critical appraisal of the data collection 2000–2011 by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). *Acta Diabetol*. 2016;53(5):825–832. PMID: 27443839 https://doi.org/10.1007/s00592-016-0879-4
3. Winell K, Venermo M, Ikonen T, Sund R. Indicators for comparing the incidence of diabetic amputations: a nationwide population-based register study. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2013;46(5):569–574. PMID: 24007756 https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2013.07.010
4. Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, Sangla K, Cunningham M, Buttner P, et al. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis of findings fromthe gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013;28(8):831–845. PMID: 24035444 https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004
5. Andersen H. *Motor neuropathy. Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier; 2014. p. 81–95. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53480-4.00007-2
6. Frykberg RG, Bowen J, Hall J, Tallis A, Tierney E, Freeman D. Prevalence of equinus in diabetic versus nondiabetic patients. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2012;10(2):84–88. PMID: 22461264 https://doi.org/10.7547/1020084
7. Sudnitsyn AS, Shchurova EN, Varsegova TN, Stupina TA, Migalkin NS. Some Morphological and Functional Aspects of Chronic Osteomyelitis in Patients with Neurogenic Foot Deformities. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(2):102–110. https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110
8. Artemova EV, Gorbacheva AM, Galstyan GR, Tokmakova AYu, Gavrilova SA, Dedov II. Neurohumoral mechanisms of keratinocytes regulation in diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*. 2016;19(5):366–374. (In Russ.) https://doi.org/10.14341/DM8131
9. Lazzarini PA, Crews RT, Van Netten JJ, Bus SA, Fernando ME, Chadwick PJ, et al. Measuring plantar tissue stress in people with diabetic peripheral neuropathy: a critical concept in diabetic foot management. *J Diabetes Sci Technol*. 2019;13(5):869–880. PMID: 31030546 https://doi.org/10.1177/1932296819849092
10. Jupiter DC, Thorud JC, Buckley CJ, Shibuya N. The impact of foot ulceration and amputation on mortality in diabetic patients. I: from ulceration to death, a systematic review. *Int Wound J*. 2016;13(5):892–903. PMID: 25601358 https://doi.org/10.1111/iwj.12404
11. Armstrong DG, Boulton AJ, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence. *N Engl J Med*. 2017;376(24):2367–2375. PMID: 28614678 https://doi.org/10.1056/NEJMra1615439
12. Crawford F, Cezard G, Chappell FM, Murray GD, Price JF, Sheikh A, et al. A systematic review andindividual patient data meta-analysis of prognostic factors for foot ulceration in people with diabetes: the international research collaboration for the prediction of diabetic foot ulcerations (PODUS). *Health Technol Assess*. 2015;19(57):1–210. PMID: 26211920 https://doi.org/10.3310/hta19570
13. Parshikov M, Bardiugov P, Yarygin N. Orthopaedic aspects of diabetic foot syndrome classifications. *Genij Ortopedii.* 2020;26(2):173–178. https://doi.org/10.18019/1028-4427-2020-26-2-173-178
14. Bardyugov P, Parshikov M. Foot deformities in patients with diabetic foot disease (literature review). *Genij Ortopedii*. 2022;28(3):452–458. https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-3-452-458
15. Bus SA, Lavery LA, Monteiro-Soares M., Rasmussen A, Raspovic A, Sacco ICN, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36(Suppl 1):e3269. PMID: 32176451 https://doi.org/10.1002/dmrr.3269
16. Bus SA, Armstrong DG, Gooday C, Jarl G, Caravaggi C, Viswanathan V, et al. Guidelines on offloading foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev*. 2020;36(Suppl 1):e3274. PMID: 32176441 https://doi.org/10.1002/dmrr.3274
17. Piaggesi A, Schipani E, Campi F, Romanelli M, Baccetti F, Arvia C, et al. Conservative surgical approach versus non-surgical management for diabetic neuropathic foot ulcers: a randomized trial. *Diabet Med*. 1998;15(5):412–417. PMID: 9609364 https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9136(199805)15:5<412::aid-dia584>3.0.co;2-1
18. Mueller MJ, Sinacore DR, Hastings MK, Strube MJ, Johnson JE. Effect of Achilles tendon lengthening on neuropathic plantar ulcers. A randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(8):1436–1445. PMID: 12925622 https://doi.org/10.2106/00004623-200308000-00003
19. Allam AM. Impact of Achilles tendon lengthening (ATL) on the diabetic plantar forefoot ulceration. *Egypt J Plast Reconstr Surg*. 2006;30(1):43–48.
20. Maluf KS, Mueller MJ, Strube MJ, Engsberg JR, Johnson JE. Tendon Achilles lengthening for the treatment of neuropathic ulcers causes a temporary reduction in forefoot pressure associated with changes in plantar flexor power rather than ankle motion during gait. *J Biomech*. 2004;37(6):897–906. PMID: 15111077 https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.10.009
21. Dallimore SM, Kaminski MR. Tendon lengthening and fascia release for healing and preventing diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2015;8(1):33. PMID: 26300980 https://doi.org/10.1186/s13047-015-0085-6 eCollection 2015.
22. Bonanno DR, Gillies EJ. Flexor Tenotomy Improves Healing and Prevention of Diabetes-Related Toe Ulcers: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(3):600–604. PMID: 28476394 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.02.011
23. Askø Andersen J, Rasmussen A, Engberg S, Bencke J, Frimodt-Møller M, Kirketerp-Møller K, et al. Flexor Tendon Tenotomy Treatment of the Diabetic Foot: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*. 2022;45(11):2492–2500. PMID: 36151947 https://doi.org/10.2337/dc22-0085
24. Armstrong DG, Lavery LA, Vazquez JR, Short B, Kimbriel HR, Nixon BP, et al. Clinical efficacy of the first metatarsophalangeal joint arthroplasty as a curative procedure for hallux interphalangeal joint wounds in patients with diabetes. *Diabetes Care*. 2003;26(12):3284–3287. PMID: 14633815 https://doi.org/10.2337/diacare.26.12.3284
25. Tamir E, Tamir J, Beer Y, Kosashvili Y, Finestone AS. Resection Arthroplasty for resistant ulcers underlying the hallux in insensate diabetics. *Foot Ankle Int*. 2015;36(8):969–975. PMID: 25810459 https://doi.org/10.1177/1071100715577952
26. Yammine K, Assi C. A Meta-Analysis of the Outcomes of Resection Arthroplasty for Resistant Hallucal Diabetic Ulcers. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(4):795–801. PMID: 33771433 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2020.04.025
27. Biz C, Gastaldo S, Dalmau-Pastor M, Corradin M, Volpin A, Ruggieri P. Minimally invasive distal metatarsal diaphyseal osteotomy (DMDO) for chronic plantar diabetic foot ulcers. *Foot Ankle Int*. 2018;39(1):83–92. PMID: 29110516 https://doi.org/10.1177/1071100717735640
28. Botezatu I, Laptoiu D. Minimally invasive surgery of diabetic foot – review of current techniques. *J Med Life*. 2016;9(3):249–254. PMID: 27974928
29. Robinson D, Yassin M, Garti A, Ashkenazi U, Weisbrot M, Heller E. Percutaneous Correction of Forefoot Deformities in Diabetic Patients in Order to Prevent Pressure Sores. *Foot Ankle Surg*. 2016;22(2):80. https://doi.org/10.1016/j.fas.2016.05.200
30. Obolensky VN, Protsko VG, Osnach SA. Mini-Invasive Corrective Osteotomy in Patients with an Ulcerative Anterior Defect of the Diabetic Foot. *Khirurg*. 2018;(3–4):70–79. (in Russ.)
31. Fleischli JE, Anderson RB, Davis WH. Dorsiflexion Metatarsal Osteotomy for Treatment of Recalcitrant Diabetic Neuropathic Ulcers. *Foot Ankle Int*. 1999;20(2):80–85. PMID: 10063975 https://doi.org/10.1177/107110079902000203
32. Yammine K, Nahed M, Assi C. Metatarsal Osteotomies for Treating Neuropathic Diabetic Foot Ulcers: A Meta-analysis. *Foot Ankle Spec*. 2018;12(6):555–562. PMID: 30565498 https://doi.org/10.1177/1938640018819784
33. Hamilton GA, Ford LA, Perez H, Rush SM. Salvage of the neuropathic foot by using bone resection and tendon balancing: A retrospective review of 10 patients. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44(1):37–43. PMID: 15704081 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2004.11.001
34. Lavrova JI, Shishkin BV. Evaluation of the Gait Function Impairments and Standing in a Foot Amputation. *Medico-Sotsialnye Problemy Invalidnosty*. 2017;(1):44–47. (In Russ.)
35. Schweinberger MH, Roukis TS. Balancing of the Transmetatarsal Amputation with Peroneus Brevis to Peroneus Longus Tendon Transfer. *J Foot Ankle Surg*. 2007;46(6):510–514. PMID: 17980854 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.05.012
36. Schweinberger MH, Roukis TS. Intramedullary Screw Fixation for Balancing of the Dysvascular Foot Following Transmetatarsal Amputation. *J Foot Ankle Surg*. 2008;47(6):594–597. PMID: 19239874 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.12.002
37. Roukis TS. Flexor Hallucis Longus and Extensor Digitorum Longus Tendon Transfers for Balancing the Foot Following Transmetatarsal Amputation. *J Foot Ankle Surg*. 2009;48(3):398–401. PMID: 19423046 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2008.12.013
38. Green CJ, Bibbo C, McArdle A, Knight C. A Functional Chopart's Amputation With Tendon Transfers. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(1):213–217. PMID: 32981826 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2020.08.019
39. De Gere MW, Grady JF. A Modification of Chopart's Amputation with Ankle and Subtalar Arthrodesis by Using an Intramedullary Nail. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44(4):281–286. PMID: 16012435 https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.04.014

40. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*. 1994;15(7):349–353. PMID: 7951968 https://doi.org/10.1177/107110079401500701

41. Groulier P, Curvale G, Prudent HP, Vedel F. Resultats du traitement de l`hallux valgus selon la technique de Mac Bride "modifee" avec ou sans osteotomie phalangienne ou metetarsienne complimentaire. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1988;74(6):539–548. PMID: 3238084

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бардюгов Петр Сергеевич — врач травматолог-ортопед отделения диабетической стопы ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» МЗ РФ;
https://orcid.org/0000-0002-5771-0973, petrbardiugov@gmail.com;
55%: сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание и редактирование текста

Паршиков Михаил Викторович — доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ
http://orcid.org/0000-0003-4201-4577, parshikovmikhail@gmail.com;
25%: концепция и дизайн исследования, редактирование текста

Ярыгин Николай Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, чл. корр. РАН, заведующий кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ;
http://orcid.org/0000-0003-4322-6985, dom1971@yandex.ru;
20%: концепция и дизайн исследования, редактирование текста

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Surgical Treatment of Post-Amputation Foot Deformations in Diabetic Neuropathy

***P.S. Bardyugov*[1] ✉, *M.V. Parshikov*[2], *N.V. Yarygin*[2]**

Diabetic Foot Department
[1] National Medical Research Center for Endocrinology
11, Dmitry Ulyanov Str., Moscow 117292, Russian Federation
[2] Russian University of Medicine
4, Dolgorukovskaya Str., Moscow 127006, Russian Federation

✉ **Contacts:** Petr S. Bardiugov, Traumatologist-Orthopedist, Diabetic Foot Department, National Medical Research Center for Endocrinology. Email: petrbardiugov@gmail.com

RELEVANCE The number of amputations performed on patients with diabetic foot syndrome is increasing all over the world. Almost half of these operations are the so-called "minor amputations" carried out within the foot. The high recurrence rate of neuropathic ulcers, impaired biomechanics, and a decrease in the quality of life of patients after these surgeries encourage the study of this problem and the search for possible treatment options due to the capabilities of surgical treatment for post-amputation foot deformities.

AIM OF STUDY To evaluate the nature of surgical interventions for post-amputation foot deformities in patients with diabetic neuropathy.

MATERIAL AND METHODS The literature search was carried out in the databases of medical publications PubMed, CyberLeninka, Google Scholar, Scopus, Medline, eLIBRARY among articles in English and Russian. The search was performed using the following terms: transmetatarsal resection, diabetic foot syndrome, transmetatarsal amputation, minor amputation.

RESULTS Surgical treatment methods for deformities after amputation of part of the forefoot are widely presented in the world literature and are more studied. The possibilities of correcting foot deformities that occurred after amputation of the entire anterior section (from transmetatarsal amputation to the level of the Chopart`s joint) are less covered, this direction and methods have been studied to a lesser extent.

CONCLUSIONS Surgical methods for the correction of post-amputation foot deformities have firmly entered the wide international practice. Their effectiveness is confirmed by studies with a high level of evidence. Nevertheless, a wider, academic research of the problem of orthopedic status in patients with this pathology and the corresponding methods of surgical treatment is required.

Keywords: minor amputations, diabetic foot syndrome, post-amputation deformities, biomechanical dysfunction
For citation Bardyugov PS, Parshikov MV, Yarygin NV. Surgical Treatment of Post-Amputation Foot Deformations in Diabetic Neuropathy. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2024;13(1):108–115. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-108-115 (in Russ.)
Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests
Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Petr S. Bardyugov	Traumatologist-Orthopedist of the Diabetic Foot Department, National Medical Research Center for Endocrinology; https://orcid.org/0000-0002-5771-0973, petrbardiugov@gmail.com; 55%, collection and processing of material, analysis of data obtained, text writing and editing
Mikhail V. Parshikov	Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine, Russian University of Medicine; https://orcid.org/0000-0003-4201-4577, parshikovmikhail@gmail.com; 25%, research concept and design, text editing
Nikolay V. Yarygin	Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine, Russian University of Medicine; https://orcid.org/0000-0003-4322-6985, dom1971@yandex.ru; 20%, research concept and design, text editing

Received on 12.01.2023
Review completed on 11.10.2023
Accepted on 13.10.2023

Поступила в редакцию 12.01.2023
Рецензирование завершено 11.10.2023
Принята к печати 13.10.2023