

НАРУШЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ СТОПЫ У ПАЦИЕНТОВ С САХРНЫМ ДИАБЕТОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Эргашев У.Ю., Моминов А.Т., Маликов Н.М., Якубов Д.Р.

Кафедра общей хирургии №2 Ташкентская медицинская Академия

Поиск изучение и анализ литературных источников, определяющих место повреждение стопы в патогенезе синдрома диабетической стопы и посвященных роли методов коррекции в комплексе лечения данного позднего осложнения сахарного диабета. Поиск литературы проводился по текстовым базам данных медицинских публикаций PubMed, CyberLeninka, Google Scholar, Scopus, Medline, eLIBRARY среди статей на английском и русском языках. Поиск осуществлен по следующим терминам: diabetes mellitus, foot deformities, diabetic foot syndrome, metatarsophalangeal arthroplasty, achilles tendon lengthening. Из исследования исключены литературные источники, посвященные методам ортопедической коррекции деформаций стоп изолированно от синдрома диабетической стопы, а также литературные источники, посвященные проявлениям синдрома диабетической стопы без упоминания ортопедических методов лечения (хирургия гнойных осложнений, сосудистая хирургия, сахароснижающая терапия). Изученная литература позволяет высоко оценить роль ортопедического лечения у пациентов с синдромом диабетической стопы. Так, эффективность консервативных методов давно подтверждена в работах с высокой степенью доказательности. Хирургическая коррекция проявлений СДС за счет ортопедических операций в публикациях такого уровня освещена не так подробно. Заключение. Обзор литературы посвящен актуальной проблеме на стыке различных специальностей в медицине. Приведен анализ результатов лечения по данным отечественных и зарубежных авторов. Кроме того, в представленной литературе сформированы задачи и цели для последующих исследований в данном направлении.

Ключевые слова: сахарный диабет, деформации стоп, синдром диабетической стопы, ортопедическое лечение.

VIOLATION OF THE INTEGRITY OF THE FOOT IN PATIENTS WITH DIABETES (LITERATURE REVIEW)

Abstract

The objective was to review the orthopaedic literature on treatments of diabetic foot disease. PubMed, CyberLeninka, Google Scholar, Scopus, Medline, eLIBRARY

were searched. Studies in English and in Russian that reported foot deformities in the pathogenesis of diabetic foot disease and orthopaedic correction methods in the complex treatment of this late complication of diabetes mellitus were included for review. All study designs were considered. The search was produced using the following terms: diabetes mellitus, foot deformities, diabetic foot syndrome, orthopaedic treatment, osteotomy, metatarsophalangeal arthroplasty, achilles tendon lengthening. Literature sources reporting methods of orthopaedic correction of foot deformities in isolation from the diabetic foot syndrome and literary sources reporting manifestations of the diabetic foot syndrome without description orthopedic methods of treatment (surgery for purulent complications, vascular surgery, hypoglycemic therapy) were excluded from the study. The literature review allowed us to evaluate the role of foot deformities in patients with diabetic foot syndrome to be addressed either conservatively or surgically. The effectiveness of conservative methods has long been reported in studies with higher degree of evidence. Surgical correction of DFS through orthopaedic interventions has not been covered in such detail. The literature review focused on the topical issue at the junction of various medical specialties. The results of treatment reported by Russian and foreign authors were analyzed. "Blind spots" in the literature were explored, goals for subsequent research delineated.

Keywords: diabetes mellitus, foot deformities, diabetic foot disease, orthopaedic treatment

Цель исследования – поиск, изучение и анализ литературных источников, определяющих место деформаций стоп в патогенезе синдрома диабетической стопы и посвященных роли методов ортопедической коррекции в комплексе лечения данного позднего осложнения сахарного диабета.

Материалы и методы

Поиск литературы проводился по текстовым базам данных медицинских публикаций PubMed, CyberLeninka, Google Scholar, Scopus, Medline, eLIBRARY среди статей на английском и русском языках. Поиск осуществлен по следующим терминам: diabetes mellitus, foot deformities, diabetic foot syndrome, orthopedic treatment, osteotomy, metatarsophalangeal arthroplasty, achilles tendon lengthening. Из исследования исключены литературные источники, посвященные методам ортопедической коррекции деформаций стоп изолированно от синдрома диабетической стопы и проявлениям синдрома диабетической стопы без упоминания ортопедических методов лечения (хирургия гнойных осложнений, сосудистая хирургия, сахароснижающая терапия).

Результаты

Роль деформаций стоп в патогенезе синдрома диабетической стопы

Сахарный диабет (СД) – одно из самых распространенных неинфекционных заболеваний в мире. Число больных СД с 1980 по 2014 г. возросло в четыре раза: со 108 миллионов до 422 миллионов среди взрослого населения, что составляет 4,7 и 8,5 % от населения мира соответственно [1].

По данным Атласа Международной федерации диабета IDF от 2017 г., в мире зарегистрировано 424,9 млн больных. По разным оценкам, распространённость СД в Республике Узбекистан составляет от 5 до 9%, при этом на 01.01.2018 г. на учете по Узбекистану состоят 230 610 больных СД: 18 349 пациентов с СД1, и 212 261 пациентов с СД2, что составляет 650 на 100 тыс. населения [2]. Для сравнения, распространённость СД среди взрослых в возрасте 20–79 лет, согласно 8-му изданию атласа IDF 2017 г., в Казахстане, в Киргизии и Таджикистане составляет 7,1%, в Иране и в Афганистане – 9,6% [21]. В Российской Федерации проведенное в 2013–2015 гг. национальное исследование NATION [6,11] показало, что распространённость СД среди лиц в возрасте от 20 до 79 лет составляет 5,4% (из них 54% выявлено в ходе проведения исследования), а 19,3% лиц данной возрастной группы имеют предиабет. Причём в РУз с 2000 по 2019 г. численность пациентов с СД выросла в 1,8 раза – до 245 тысяч человек [3].

Одно из наиболее распространенных осложнений СД – синдром диабетической стопы (СДС) – объединяет патологические изменения периферической нервной системы, артериального и микроциркуляторного русла, костно-суставного аппарата стопы, представляющие непосредственную угрозу развития язвенно-некротических процессов и гангрены [4].

Вопрос об отличиях различных деформаций стоп у пациентов с СДС практически не изучен. Отечественными исследователями предложена классификация, которая включает в себя две группы: статические деформации стоп у пациентов с СДС, которые могут быть и без СД; постампутационные деформации и стопа Шарко (диабетическая нейроостеоартропатия). К первой группе относят молоткообразную и когтеобразную деформацию пальцев, поперечную распластанность, вальгусное отведение первого пальца, деформацию Тейлора, ограничение тыльного сгибания стопы и др. Деформации из второй группы рассматривают как осложнения СД в запущенных клинических случаях [10].

Проведен анализ исследований, результаты которых подтверждают снижение эластичности и силы мышц дистального отдела нижних конечностей за счет дегенеративной фиброзной и жировой перестройки. Так, дистально расположенные мышцы стопы (межкостные, червеобразные) поражаются сильнее, чем проксимально расположенные сгибатели и разгибатели пальцев, камбаловидная и икроножная мышцы. Изменения мышечной ткани в

дистальных сегментах конечностей имеют неоднородный характер. Тонус проксимальных мышц преобладает, нарушается мышечно-сухожильный баланс в плюснефаланговых и межфаланговых суставах, что способствует формированию молоткообразной деформации пальцев [18, 19].

Кроме того, формирование статических деформаций стопы обусловлено снижением эластичности камбаловидной и икроножной мышц, вызванное нейропатическими дегенеративными изменениями. Ограничение тыльного сгибания в голеностопном суставе приводит к усилению давления на подошвенную поверхность переднего отдела стопы, что, в свою очередь, способствует появлению или усилению имеющихся статических деформаций, образованию нейропатического язвенного дефекта в данной зоне [20]. До конца не изученной остается связь между появлением язвенных дефектов кожных покровов в зонах повышенного механического воздействия у пациентов с дистальной нейропатией. Однако А.С. Судницин и соавт. [11] выявили характерные изменения в коже стоп пациентов с дистальной нейропатией. Эти изменения проявляются в виде псевдокарциноматозной гиперплазии кожи с увеличением плотности микрососудов и скорости капиллярного кровотока, паракератоза, истончения дермы, потери жировой ткани и дегенерации нервных проводников в большинстве нервных стволиков дермы, что сопровождается нарушением температурно-болевой чувствительности.

Подчеркивается схожесть поражения нервной ткани, которая сопровождает лепру, сифилис, полиомиелит, злоупотребление алкоголем, травматические повреждения спинного мозга и диабетическую нейропатию [14]. Однако СД – самая частая причина дистальной нейропатии и её последствий, таких как хронические язвенные дефекты. Данные по распространенности нейропатии среди лиц с СД варьируют от 28 до 65 %, в зависимости от длительности заболевания и методов диагностики [15].

Наиболее часто встречаются язвенные дефекты на подошве стопы в проекции головок плюсневых костей (средних при поперечной распластанности, первой и пятой при гиперсводчатости и деформации тейлора); на внутренней поверхности стопы в проекции первого плюсне-фалангового сустава при вальгусном отведении первого пальца; на тыле малых пальцев и в проекции бугристости ногтевой фаланги при молоткообразной деформации [21].

Однако в литературе отсутствуют данные о корреляции диабетической нейропатии и деформаций стоп, количественном анализе данного явления. Специфические проявления клинической картины и особенности патогенеза изучаемой проблемы подталкивают врачей к изучению возможностей ортопедического лечения патологии. Уже сейчас есть как хирургические, так и

терапевтические подходы к ортопедическому лечению статических деформаций стоп у пациентов с СДС.

Консервативное лечение

Назначение консервативного лечения (обувь, стельки, ортопедические приспособления) осуществляется на основе классификации больных по степени риска СДС и потребности в том или ином виде коррекции и разгрузки. Согласно классификации международной рабочей группы по диабетической стопе (International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF)), пациенты с диабетической периферической нейропатией в сочетании с деформациями стоп относятся к группе среднего риска. Больных, имеющих нейропатию в сочетании с ампутациями в пределах стопы или язвами в анамнезе, грубыми деформациями, можно отнести к группе высокого риска [23].

Обувь, которая должна использоваться пациентами с нейропатией и деформациями стоп, отличается рядом особенностей: ригидная негнувшаяся подошва с перекатом «rocker sole» или «roller sole», мягкий верх без подноски; ширина обуви не менее ширины стопы; скошенный передний край каблука (снижает вероятность получения травм и падений); достаточная глубина модели для возможности ношения специальной стельки; обувь должна подбираться специалистом [24, 25]. В обувь с описанными выше характеристиками вкладывается стелька, толстая (9–10 мм), мягкая и амортизирующая, но при этом еще и моделирующая своды стопы и более эффективно снимающая нагрузку с подошвенной поверхности, со средней продолжительностью срока эффективной службы 6–12 мес. Показано применение стельки из мягких, но амортизирующих материалов (пенополиуретан и т.д.) [26]. Для пациентов, относящихся к группе высокого риска, целесообразно применять индивидуально изготовленную ортопедическую обувь и индивидуальные стельки, моделирующие своды стопы, более эффективно разгружающие зоны риска образования язвы [27, 28]. Bus S.A. et al., а также Ulbrecht J.S. et al. продемонстрировали снижение пикового давления в зонах риска образования язвенного дефекта не менее чем на 30 % в ортопедической обуви со стелькой, предназначенной для пациентов с СДС, по сравнению с обычной обувью [29, 30]. Применение различных ортопедических устройств (корректоры молоткообразной деформации пальцев, метатарзальная подушка и др.) у пациентов с СД зачастую сопряжено с риском повреждения кожного покрова. Поэтому подбор ортопедических корректоров должен быть только строго под индивидуальным контролем специалиста. Наибольшее распространение получили индивидуально изготовленные силиконовые корректоры деформации пальцев [31]. Для консервативного лечения при наличии язв применяется специальная обувь, разгружающая передний отдел

стопы и обладающая широкими возможностями регулировки размера, имеющая перекаат «roller sole». Также для этих целей может использоваться так называемый «полуботинок», он же «ботинок Барука» (Barouk L.S. Use of a Postoperative Shoe without Forefoot Support, Comparative Statistical Study. Actualites de medecine et chirurgie du pied, 1986). Но наиболее эффективным методом консервативной разгрузки зоны язвы при отсутствии ее инфицирования и критической ишемии является индивидуальная разгрузочная повязка (ИРП) Total Contact Cast (ТСС) [23, 32, 33].

Конструкция ТСС представляет собой разгрузочно-иммобилизирующую повязку из полимерных материалов жесткой и полужесткой консистенции от верхней трети голени до кончиков пальцев стопы (по подошвенной поверхности). Разгрузка стопы при помощи ТСС достигается за счет переноса приблизительно 30 % нагрузки со стопы на голень, увеличения площади опорной поверхности с равномерным распределением давления на опорную поверхность стопы со снижением нагрузки с зон повышенного механического воздействия на 40–80 %, снижения трения в области язвенного дефекта, уменьшения отека конечности за счет того, что ТСС обеспечивает умеренную компрессию, дисциплинарного влияния на пациента. К абсолютным противопоказаниям к использованию ТСС можно отнести только активный инфекционный процесс тканей стопы и гангрену. При необходимости ТСС может быть съёмной – тогда эта повязка разрезается по всей длине, фиксируется пластырем, лентой «велькро», эластичным бинтом или иным методом и снимается только на время перевязки для контроля заживления язвы [34, 35].

Среди осложнений ТСС в 0–20 % случаев выделяют появление новых поверхностных язвенных дефектов, обусловленных воздействием повязки, болевой синдром в крупных суставах нижних конечностей, вызванный перераспределением нагрузки при локомоции, неустойчивость при ходьбе [39, 40].

Хирургическое лечение

В «арсенале» хирурга – ортопеда, который занимается лечением СДС за счет коррекции СтДСт, следующие виды оперативных вмешательств: резекционная артропластика, резекция головки плюсневой кости, остеотомии костей стопы, тенотомии сухожилий сгибателей и разгибателей пальцев, удлинение ахиллова сухожилия.

Тенотомии сухожилий сгибателей и разгибателей пальцев осуществляются толстой иглой через проколы кожи. Этот наименее травматичный вид хирургического ортопедического лечения СДС используется в тех случаях, когда нейропатическая язва располагается на тыльной поверхности проксимального межфалангового сустава или в проекции бугристости ногтевой фаланги при

молоткообразной деформации II–IV пальцев. За счет этой манипуляции происходит уменьшение механического воздействия на зону язвенного дефекта. Тенотомия сухожилий разгибателей осуществляется по тыльной поверхности на уровне плюсне-фалангового сустава, сгибателей – по подошвенной поверхности на уровне межфаланговых суставов [33, 34]. Данный метод позволил добиться заживления нейропатической язвы в 97 % случаев в течение 4-х недель. Нагноения отмечались в 1 %, рецидив язвообразования отмечен в 6 % случаев [35, 36].

Удлинение трёхглавой мышцы голени за счет ахиллотомии по Ноке или пересечения апоневроза икроножной мышцы. Данный метод хирургического лечения направлен на снижение давления на подошвенную поверхность всего переднего отдела стопы [27, 38]. Техника ахиллотомии по Ноке включает пересечение ахиллова сухожилия на половину поперечника из трёх / четырёх проколов кожи в шахматном порядке с последующей редрессацией. Пересечение апоневроза икроножной мышцы осуществляется в поперечном направлении (методика Strayer) или клиновидном / изогнутом (методика Vulpius) из доступа 3–5 см по задней или задне-внутренней поверхности на уровне границы средней и нижней трети голени. После выполнения данного вида оперативного лечения проводится иммобилизация при помощи ИРП ТСС. В сравнении с консервативным лечением в ИРП ТСС заживление язв после удлинения трёхглавой мышцы наблюдалось в 100 % случаев против 88 %. И в более ранние сроки: 41 день против 57. Из осложнений можно выделить следующие: перемещение язвы на подошвенную поверхность пяточной области (до 16 %), нагноение (до 2 %) и разрыв (несращение) ахиллова сухожилия (до 13 %) [39, 40].

Резекция головки плюсневой кости при лечении СДС применяется для локального снижения механического воздействия на подошвенную поверхность в её проекции. Данный вид хирургического лечения применяется чаще при хроническом остеомиелите головки плюсневой кости, глубине язвы до костной ткани. Используется доступ с подошвенной или наружной поверхности стопы (при резекции головки V плюсневой кости). При многокомпонентных сложных деформациях переднего отдела стопы, а также при наличии более чем одной язвы, может выполняться резекция головок всех плюсневых костей [31]. Заживление язв наблюдается в 100 % случаев против 60 %, когда применялось консервативное лечение в ИРП ТСС. Срок заживления язв составляет до 70 дней по сравнению с продолжительностью более года при консервативном лечении. Нагноения, как осложнение, наблюдаются до 12 % случаев [22, 33].

Резекционная артропластика первого плюсне-фалангового сустава по типу Keller применяется при лечении нейропатических язв первого пальца. В данном

случае повышенное механическое воздействие вызвано тугоподвижностью первого пальца при деформирующем остеоартрозе плюсне-фалангового сустава. При выполнении этой методики осуществляется резекция основания проксимальной фаланги из разреза по внутренней / внутренне – тыльной поверхности стопы. Заживление язвенного дефекта наступало в 100 % случаев в течение $24 \pm 9,9$ дня, против $67,1 \pm 17,1$ дня в 80 % в случаях консервативного лечения. Частота инфекционных осложнений – 16,5 % [38–40].

Несколько менее благоприятные результаты описаны при «открытых» остеотомиях плюсневых костей по типу «закрытый клин», за счет чего головка соответствующей плюсневой кости приподнимается, уменьшается механическое воздействие на место язвенного дефекта. Фиксация осуществляется за счет перекрещивающихся спиц Киршнера или винтов. Заживление язв было отмечено в 95 % случаев, в среднем через 40 дней после операции. Осложнения получены в 68 %: самое распространенное осложнение – развитие диабетической нейроостеоартропатии Шарко (32 %) и глубокая раневая инфекция – 14 % [39].

Отсутствуют указания на обоснованный выбор метода фиксации костных фрагментов при выполнении остеотомий, анализ степени и типа деформации и их связь с выбором метода и объема операции. Проведенные обзоры литературы по тому или иному методу лечения иногда включают в себя работы, отличающиеся по времени публикации более чем на 20 лет. Исследования, проведенные с таким временным разрывом, не могут обладать достаточно сопоставимой картиной результатов. Не представлен анализ имевшихся осложнений: предположительные причины, методы их лечения и профилактики. Характерно то, что ортопедические (по сути) методы лечения в большинстве случаев рассматриваются изолированно как метод лечения проявлений СДС, а не методы коррекции или компенсаций имеющихся деформаций, которые способствуют заживлению нейропатических язв.

Выводы

Как хирургические, так и консервативные методы ортопедического лечения эффективны в отношении проявлений СДС.

Несмотря на связь статических деформаций стоп с проявлениями СДС, доказанную эффективность хирургических методов коррекции деформаций, к настоящему времени приоритетным направлением ортопедического лечения СДС остаётся консервативное, только компенсирующее имеющиеся нарушения биомеханики стопы.

В последнее время отмечается увеличение числа обзорных работ, посвященных хирургическому ортопедическому лечению СДС за счет коррекции деформаций, включение данных методик в практические

рекомендации, что свидетельствует об увеличении интереса к данному направлению.

Создание протокола обследования больных с повреждениями стопы и синдромом диабетической стопы, публикация большего количества исследований с высокой степенью достоверности позволит подойти к вопросу ортопедического лечения СДС объективно, не отрицая широких возможностей как консервативного, так и хирургического направления.

Список источников

1. Алимов А.В., Хайдарова Ф.А., Бердыкулова Д.М., Алимова Н.У., Садикова А.С., Юлдашева Ф.З., Тешаев Б.К. Ретроспективное изучение распространенности сахарного диабета среди населения Республики Узбекистан. Журн теор клин мед. 2019;3:11-15.

2. Алиханова Н.М., Акбаров З.С., Исмаилов С.И. Эпидемиологические аспекты сахарного диабета в г. Ташкенте на основании данных регистра. Международный эндокрин журн. 2016;2(74):111-114.

3. Дедов И.И., Шестакова М.В., Галстян Г.Р. Распространенность сахарного диабета 2-го типа у взрослого населения России (исследование NATION). Сахарный диабет. 2016;19(2):104-112.

4. Г.Р. Галстян, О.К. Викулова, М.А. Исаков, А.В. Железнякова, А.А. Серков, Д.Н. Егорова, Е.В. Артемова, М.В. Шестакова, И.И. Дедов // Сахарный диабет. 2018. Т. 21, № 3. С. 170-177.

5. Миронов С.П., Очкуренко А.А., Андреева Т.М. Травматизм и заболеваемость костно-мышечной системы в Российской Федерации // Достижения российской травматологии и ортопедии : материалы XI Всерос. съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. Т. 2. С. 53-56.

6. Хирургическое лечение вальгусного отклонения первого пальца стопы и его возможные осложнения (обзор литературы) / Е.П. Сорокин А.А. Карданов С.А. Ласунский, Ю.А. Безгодков, А.И. Гудз // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 17, № 4. С. 123-130. DOI: 10.21823/2311-2905-2011--4-123-130.

7. Impact of hallux valgus severity on general and foot-specific health-related quality of life / H.B. Menz, E. Roddy, E. Thomas, P.R. Croft // Arthritis Care Res. (Hoboken). 2017. Vol. 63, No 3. P. 396-404. DOI: 10.1002/acr.20396.

8. Validity of self-assessment of hallux valgus using the Manchester scale / H.B. Menz, M.R. Fotoohabadi, E. Wee, M.J. Spink // BMC. Musculoskelet. Disord. 2010. Vol. 11. P. 215-220. DOI: 10.1186/1471-2474-11-215.

9. Эргашев У. Ю., Якубов Д. Р., Моминов А. Т. Ўтқир пелвиоректал парапроктит бўлган беморни комплекс даволаш (клиник ҳолат) //Development of pedagogical technologies in modern sciences. – 2022. – Т. 1. – №. 2. – С. 63-64.

10. Паршиков М.В., Бардюгов П.С., Ярыгин Н.В. Ортопедические аспекты классификаций синдрома диабетической стопы // *Гений ортопедии*. 2020. Т. 26, № 2. С. 173-178. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-173-178.
11. Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии / А.С. Судницын, Е.Н. Щурова, Т.Н. Варсегова, Т.А. Ступина, Н.С. Мигалкин // *Травматология и ортопедия России*. 2019. Т. 25, № 2. С. 102- 110. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110.
12. Механизмы нейрогуморальной регуляции клеточного цикла кератиноцитов при сахарном диабете / Е.В. Артемова, А.М. Горбачева, Г.Р. Галстян, А.Ю. Токмакова, С.А. Гаврилова, И.И. Дедов // *Сахарный диабет*. 2016. Т. 19, № 5. С. 366-374. DOI: 10.14341/DM8131.
13. Cell death by cornification / L. Eckhart, S. Lippens, E. Tschachler, W. Declercq // *Biochim. Biophys. Acta*. 2013. Vol. 1833, No 12. P. 3471-3480. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2013.06.010.
14. Boulton A.J. Diabetic foot – what can we learn from leprosy? Legacy of Dr. Paul W. Brand // *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2012. Vol. 28, No Suppl. 1. P. 3-7. DOI: 10.1002/dmrr.2230.
15. High prevalence of diagnosed and undiagnosed polyneuropathy in subjects with and without diabetes participating in a nationwide educational initiative (PROTECT study) / D. Ziegler, A. Strom, R. Lobmann, K. Reiners, K. Rett, O. Schnell // *J. Diabetes Complications*. 2015. Vol. 29, No 8. P. 998-1002. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2015.09.008.
16. Armstrong D.G., Boulton A.J.M., Bus S.A. Diabetic foot ulcers and their recurrence // *N. Engl. J. Med.* 2017. Vol. 376, No 24. P. 2367-2375. DOI: 10.1056/NEJMra1615439.
17. Measuring plantar tissue stress in people with diabetic peripheral neuropathy: a critical concept in diabetic foot management / P.A. Lazzarini, R.T. Crews, J.J. van Netten, S.A. Bus, M.E. Fernando, P.J. Chadwick, B. Najafi // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2019. Vol. 13, No 5. P. 869-880. DOI: 10.1177/1932296819849092.
18. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure / M. Fernando, R. Crowther, P. Lazzarini, K. Sangla, M. Cunningham, P. Buttner, J. Golledge // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*. 2013. Vol. 28, No 8. P. 831-845. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004.
19. Andersen H. Motor neuropathy // *Handb. Clin. Neurol.* 2017. Vol. 126. P. 81-95. DOI: 10.1016/B978-0-444-53480-4.00007-2.

20. Prevalence of equinus in diabetic versus nondiabetic patients / R.G. Frykberg, J. Bowen, J. Hall, A. Tallis, E. Tierney, D. Freeman // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2012. Vol. 102, No 2. P. 84-88. DOI: 10.7547/1020084.

21. Lower limb biomechanical characteristics of patients with neuropathic diabetic foot ulcers: the diabetes foot ulcer study protocol / M.E. Fernando, R.G. Crowther, M. Cunningham, P.A. Lazzarini, K.S. Sangla, J. Golledge // *BMC. Endocr. Disord.* 2015. Vol. 15. P. 59. DOI: 10.1186/s12902-015-0057-7.

22. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом: клинические рекомендации / под ред. И.И. Дедов, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. Вып. 9 // *Сахарный диабет.* 2019. Т. 22, № 1S-1. С. 1-144.

23. Karimov X. Y., Ergashev U. Y., Yakubov D. R. Complex treatment in severe forms of acute paraproctitis // *Web of Scientist: International Scientific Research Journal.* – 2022. – Т. 3. – №. 9. – С. 199-203. DOI: [10.17605/OSF.IO/J2ANF](https://doi.org/10.17605/OSF.IO/J2ANF)

24. Diabetic foot Australia guideline on footwear for people with diabetes / J.J. van Netten, P.A. Lazzarini, D.G. Armstrong, S.A. Bus, R. Fitridge, K. Harding, E. Kinnear, M. Malone, H.B. Menz, B.M. Perrin, K. Postema, J. Prentice, K.H. Schott, P.R. Wraight // *J. Foot Ankle Res.* 2018. Vol. 11. P. 2. DOI: 10.1186/s13047-017-0244-z.

25. Offloading effect of therapeutic footwear in patients with diabetic neuropathy at high risk for plantar foot ulceration / M.L. Arts, R. Waaijman, M. de Haart, R. Keukenkamp, F. Nollet, S.A. Bus // *Diabet. Med.* 2012. Vol. 29, No. 12. P. 1534-1541. DOI: 10.1111/j.1464-5491.2012.03770.x.

26. Shear-reducing insoles to prevent foot ulceration in high-risk diabetic patients / L.A. Lavery, J. LaFontaine, K.R. Higgins, D.R. Lanctot, G. Constantinides // *Adv. Skin Wound Care.* 2012. Vol. 25, No 11. P. 519-524. DOI: 10.1097/01.ASW.0000422625.17407.93.

27. Custom-made orthosis and shoes in a structured follow-up program reduces the incidence of neuropathic ulcers in high-risk diabetic foot patients / L. Rizzo, A. Tedeschi, E. Fallani, A. Coppelli, V. Vallini, E. Iacopi, A. Piaggese // *Int. J. Low Extrem. Wounds.* 2012. Vol. 11, No 1. P. 59-64. DOI: 10.1177/1534734612438729.

28. Pressure-reduction and preservation in custom-made footwear of patients with diabetes and a history of plantar ulceration / R. Waaijman, M.L. Arts, R. Haspels, T.E. Busch-Westbroek, F. Nollet, S.A. Bus // *Diabet. Med.* 2012. Vol. 29, No 12. P. 154201549. DOI:10.1111/j.1464-5491.2012.03700.x.

29. Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes: a multicenter randomized controlled trial / S.A. Bus, R. Waaijman, M. Arts, M. de Haart, T. Busch-Westbroek, J. van Baal, F. Nollet // *Diabetes Care.* 2013. Vol. 36, No 12. P. 4109-4116. DOI: 10.2337/dc13-0996.

30. Prevention of recurrent foot ulcers with plantar pressure-based in-shoe orthoses: the CareFUL prevention multicenter randomized controlled trial / J.S. Ulbrecht, T. Hurley, D.T. Mauger, P.R. Cavanagh // *Diabetes Care*. 2014. Vol. 37, No 7. P. 1982-1989. DOI: 10.2337/dc13-2956.

31. Effectiveness and safety of using Podikon digital silicone padding in the primary prevention of neuropathic lesions in the forefoot of diabetic patients / V. Scirè, E. Leporati, I. Teobaldi, L.A. Nobili, L. Rizzo, A. Piaggese // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2009. Vol. 99, No 1. P. 28-34. DOI: 10.7547/0980028.

32. Comparison of removable and irremovable walking boot to total contact casting in offloading the neuropathic diabetic foot ulceration / A. Piaggese, C. Goretti, E. Iacopi, G. Clerici, F. Romagnoli, F. Toscanella, C. Vermigli // *Foot Ankle. Int.* 2016. Vol. 37, No 8. P. 855-861. DOI: 10.1177/1071100716643429.

33. Health Quality Ontario. Fibreglass total contact casting, removable cast walkers, and irremovable cast walkers to treat diabetic neuropathic foot ulcers: a health technology assessment // *Ont. Health. Technol. Assess. Ser.* 2017. Vol. 17, No 12. P. 1-124.

34. Эффективность иммобилизирующих разгрузочных повязок total contact cast: обзор зарубежных рандомизированных клинических исследований и собственные данные / О.В. Удовиченко, Е.В. Бублик, Н.В. Максимова, К.Ю. Пряхина, О.С. Ермолаева, П. Спруит, Г.Р. Галстян // *Сахарный диабет*. 2010. Т. 13, № 2, С. 50-55. DOI: 10.14341/2072-0351-5674.

35. Evaluation of the effectiveness and cost-effectiveness of lightweight fibreglass heel casts in the management of ulcers of the heel in diabetes: a randomized controlled trial / W. Jeffcoate, F. Game, V. Turtle-Savage, A. Musgrove, P. Price, W. Tan, L. Bradshaw, A. Montgomery, D. Fitzsimmons, A. Farr, T. Winfield, C. Phillips // *Health Technol. Assess.* 2017. Vol. 21, No 34. P. 1-92. DOI: 10.3310/hta21340.

36. De Oliveira A.L., Moore Z. Treatment of the diabetic foot by offloading: a systematic review // *J. Wound Care*. 2015. Vol. 24, No 12. P. 560, 562-570. DOI: 10.12968/jowc.2015.24.12.560.

37. Lewis J., Lipp A. Pressure-relieving interventions for treating diabetic foot ulcers // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2018. No 1. CD002302. DOI: 10.1002/14651858.CD002302.pub2.