

С. Н. Чур, П. А. Левченко, О. Ф. Антиперович, О. А. Фатеева

К ВОПРОСАМ КЛАССИФИКАЦИИ, ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

В связи с ростом заболеваемости сахарным диабетом лечение его осложнений, а в частности, синдрома диабетической стопы, является чрезвычайно актуальной медицинской и социальной проблемой. На это указывает высокая частота инвалидизации пациентов, особенно, трудоспособного возраста. Отсутствие единого подхода к классификации осложнений, их диагностике и лечению не позволяет оказывать своевременную и квалифицированную помощь таким пациентам.

Ключевые слова: *синдром диабетической стопы, классификация синдрома диабетической стопы, диабетическая ангиопатия, реваскуляризация, внутрисосудистая ультразвуковая ангиопластика.*

S. N. Chur, P. A. Levchenko, O. F. Antiperovich, O. A. Fateeva

TO THE QUESTIONS OF CLASSIFICATION, DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PATIENTS WITH DIABETIC FOOT SYNDROME

Educational Institution «Belarusian State Medical University»

Due to the rising incidence of diabetes, the treatment of its complications, particularly diabetic foot syndrome, is a pressing medical and social issue. This is reflected in the high rate of disability among patients, especially those of working age. The lack of a unified approach to the classification, diagnosis, and treatment of complications hinders the provision of timely and qualified care to these patients.

Key words: *diabetic foot syndrome, classification of diabetic foot syndrome, diabetic angiopathy, revascularization, intravascular ultrasound angioplasty.*

Сахарный диабет (СД) признан глобальной социально значимой неинфекционной эпидемией, находящейся под контролем Организации Объединенных Наций и национальных систем здравоохранения во всем мире [1]. Заболеваемость СД, неуклонно растет и представляет собой угрозу за счет ранней инвалидизации и высокой смертности сосудистых катастроф.

На основании показателей министерства здравоохранения Республики Беларусь в стране на начало 2025 года было зарегистрировано около 400 тысяч человек с СД. При этом установлено, что ежегодно число заболевших увеличивается на 5–8 %. Это увеличение преимущественно обусловлено инсулиннезависимым СД (II тип), который был отмечен в 93 % случаев. Таким образом, по данным комитета экспертов по сахарному диабету при Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): «Диабет и его сосудистые осложнения будут постоянно увеличивающимся бременем здравоохранения» [2].

Основные хронические осложнения СД развиваются в следствии диабетической нейропатии и ангиопатии. Последствием нарушения диабетической

периферической нейропатии нижних конечностей являются диабетическая остеоартропатия, стопа Шарко. Нарушение кровотока может развиваться в виде микро- и макроангиопатии. Микроангиопатии лежит в основе развития ретинопатии (снижение зрения, слепота) и нефропатии (хроническая почечная болезнь). Диабетическая макроангиопатия вызывает развитие кардиоваскулярных (ишемическая болезнь сердца) и цереброваскулярных заболеваний (острые и хронические нарушения мозгового кровообращения), а также, заболеваний артерий нижних конечностей, которые могут протекать без повреждения мягких тканей стопы, так и с повреждением последних. Важно отметить, что риск развития сердечно-сосудистой патологии у людей с СД в 2–5 раз выше, чем у лиц, не имеющих нарушений углеводного обмена [3, 4, 5, 6].

Обсуждение

Из всех поздних осложнений СД синдром диабетической стопы (СДС) является одним из основных. Консенсус Международной рабочей группы по диа-

бетической стопе принял рекомендации, в которых отмечено, что СДС объединяет патологические изменения периферической нервной системы, артериальной и микроциркуляторного русла, костно-суставного аппарата стопы, представляющие непосредственную угрозу развития язвенно-некротических поражений и гангрены стопы [7].

СДС поражает около 8–10 % больных СД, причем 40–50 % из них могут быть отнесены в группы риска.

В своем обзоре Рундо А. И. констатирует: «На фоне нарушения питания, иннервации, нейроэндокринного статуса, развития гнойно-некротической инфекции создаются благоприятные условия для развития трофических язв и гангренозных изменений нижних конечностей, которые крайне плохо поддаются лечению и значительно снижают качество жизни. Вероятность выполнения высоких ампутаций при глубоких гнойно-некротических поражениях тканей достигает 30–70 %, при этом летальность колеблется от 28 до 40 %, а в последующие 5 лет выживает только 25–40 % пациентов» [8].

По сборной статистике основная часть пациентов, страдающих СД с имеющимися проявлениями СДС, относятся к людям пожилого и старческого возраста, то есть старше 60 лет. Для них характерно присутствие множества хронических заболеваний, таких как: атеросклероз артерий нижних конечностей (61–70 %), ишемическая болезнь сердца (более 67 %), артериальная гипертензия (38,5 %). Зачастую имеют место и другие осложнения СД: ретинопатия (37,5 %) и нефропатия (62,5 %). Сопутствующие заболевания усложняют коррекцию углеводного обмена, снижают компенсаторные возможности организма и значительно ухудшает прогноз [9, 10].

Патогенез развития СДС сложный и представляет собой многогранный комплекс, одним из факторов которых является диабетическая ангиопатия. Еще в начале XXI века Балаболкин М. И. и Анциферов М. Б. указывали на то, что поражение сосудов при сахарном диабете – один из главных компонентов развития диабетической стопы [10].

Если при диабетической микроангиопатии наблюдается поражение мелких сосудов, которые включают капилляры, артериолы и венулы, то при макроангиопатии превалирует атеросклероз. В отличие от облитерирующего атеросклероза, важной особенностью диабетической макроангиопатии является ее полисегментарное и, в основном, двухстороннее (обеих нижних конечностей) поражение. При этом характерным является повреждение периферических артерий голени. К особенностям диабетической микроангиопатии следует отнести и то, что среди мужчин манифестация патологического процесса выявляются на 10 лет раньше, чем у женщин [11].

Как указывалось выше такой фактор риска, как гипергликемия, является одной из основных причин развития атеросклеротических бляшек. По мнению Андреевой Н. В., Jeffcoate W. J. при этом увеличивается

количество продуктов гликолизирования, которые накапливаются в белках тканей органов. В сосудах данному процессу подвергаются соединительнотканые элементы, в результате на них иммобилизуются липопротеины низкой плотности. Далее запускается сложный каскад формирования атеросклеротической бляшки [9, 12]. При гипергликемии метаболизм глюкозы происходит по инсулиннезависимым путям – сорбитоловому и глюкуроонатному. В сосудистой стенке повышение уровня сорбитола приводит к ее гиперосмолярности с развитием отека за счет роста в клетках концентрации ионов натрия и потери ионов калия. В эритроцитах увеличивается содержание гликозилированного гемоглобина, нарушается транспорт кислорода и развивается кислородное голодание эндотелия сосудов [9, 10, 12].

Не менее важным фактором формирования нейроишемической формы СДС у пациентов с длительными сроками существования СД является диабетическая нейропатия, при которой поражаются как центральная, так и периферическая нервная системы. Как правило страдают сенсорные и моторные волокна [7].

При диабетической нейропатии наступает ауто-симпатэктомиа, которая усиливает кровоток в поверхностных сосудах кожи, что объясняет повышение температуры кожных покровов стоп, кровенаполнение вен и наличие венозного рисунка даже в горизонтальном положении пациента. В следствии происходит сброс артериальной крови в венозное русло, минуя капиллярную сеть [13, 14, 15, 16]. Нарушение потоотделения ведет к сухости кожи, появлению трещин и их инфицированию с последующим развитием язвенных дефектов [1, 17].

На фоне нейропатии и при неудовлетворительном метаболическом контроле возникает медиакальциноз артерий голени (склероз Менкеберга), который приводит к нарушению трофики миоцитов сосудистой стенки с отложением кальция. В основе его патогенеза лежит гликирование белков артериальной стенки, которые способствуют повреждению эндотелия, появлению тромботических отложений и сужению сосудов. Медиакальциноз снижает эластичность сосудистой стенки и может быть причиной функциональной ишемии [13, 14, 18].

В 1903 г. немецким патологом Менкебергом впервые была выявлена кальцификация меди, или медиакальциноз [19]. В литературе часто встречается термин «склероз Менкеберга». В своей статье Менкеберг отмечал поражения периферических артерий, но преимущественно процесс захватывал артерии голени. Особенно часто медиакальциноз развивается у пациентов с СД, что обуславливает повышенный риск развития нефропатии, ретинопатии, заболеваний коронарных артерий, ампутациями и высокой смертностью [20]. В отличие от интимы, процесс кальцификации срединной оболочки артерий происходит независимо от формирования атеросклеротической бляшки, обладает выраженной

протяженностью, носит симметричный характер с тенденцией к поражению артерий дистальных отделов конечности. Рудольф Вирхов в 1863 г. высказал мнение, что изменения не ограничиваются пассивной кальцификацией, а еще включают процесс активной оссификации и формирования костной ткани *de novo* [20].

Следует отметить, что процессы кальцификации артерий при СД до конца не изучены, а взаимосвязи медиакальциноза и дистальной симметричной полинейропатии детально не рассматривались. По мнению Hofbauer et al., кальциноз артерий обусловлен снижением минеральной плотности костной ткани. Отсюда возникло предположение о наличии схожих факторов риска и регуляторных механизмов и общности клеточных взаимодействий [21].

Склероз Менкеберга не способствует развитию ишемии, однако, вследствие кальциноза гладкомышечных клеток сосудистой стенки формируется ригидность и не сжимаемость артерий [22]

Несомненно, что для координированной работы эндокринологов, сосудистых, гнойных и рентгенэндоваскулярных хирургов, определения тактики лечения и реализации квалифицированной помощи, необходимо пользоваться унифицированной системой оценки тяжести поражения, где отражена тактика и стратегия этапного лечения конечности, важнейшей составляющей которой является использование в практике современной классификации [23].

При формировании синдрома диабетической стопы, одним из кардинальных признаков которого являются изъязвления и раневые дефекты, приводящие к высокому риску развития инфекции, является классификация В. Meggitt разработанная в 1976 г. и в дальнейшем популяризированная Wagner [24]. Система Meggitt-Wagner обрела широкую популярность из-за простоты, она построена на оценке глубины язвенного дефекта и описывает степени деструкции тканей. Однако, учитывая многообразие клинически значимых симптомов при СДС, основанная на одном критерии классификация затрудняет определение тактики, прогнозирование исходов и не обеспечивает преемственности на этапах оказания медицинской помощи.

На сегодняшний день в мире большой популярностью пользуется классификация Техасского университета (UT), которая, прежде всего, направлена на выработку алгоритма действий для клинициста.

Система UT оценивает, помимо глубины язвы, ишемию конечности и критерий инфекции. Однако данная классификация делит пациентов по принципу «все или ничего»: без учета степени ишемии и дифференцировки типов деструкции ткани [23].

Наибольшее значение для сохранения жизни пациента и его нижней конечности на практике имеют уровень ишемии и степень развития инфекции. Также важно, какие именно ткани поражены инфекционным процессом и есть ли очаг инфекции в костной ткани. Техасская классификация пренебрегает

описанием нейропатии. Нейропатия важна для понимания факторов риска развития инфекции диабетической стопы, создания адекватных рекомендаций по профилактике синдрома диабетической стопы. Поскольку именно из-за развития нейропатии у данной группы пациентов формируются специфические деформации стоп (продольное и поперечное плоскостопие, пальцы-молоточки, стопа-качалка и т.д.) и появляется высокий риск получить повреждение тканей стопы, что в дальнейшем приведёт к развитию инфекционного процесса и деструкции.

Этого недостатка лишена классификация P. E. D. I. S (PERFUSION – кровоснабжение; EXTENT/SIZE – площадь/размер; DEPTH/TISSUE LOSS – глубина; INFECTION – инфекция; SENSATION – чувствительность), которая охватывает все патогенетические звенья СДС и в настоящее время широко используется в мире [25]. В данной системе каждая буква с индексом характеризует степень выраженности отдельных компонентов патологии.

Классификация разработана для характеристики пациентов, участвующих в научно-исследовательских проектах. Как правило, используется на этапе набора пациентов в научное исследование и является основой для оценки критериев включения и исключения [26]. При применении данной классификации процесс постановки диагноза является трудоемким, также вызывает затруднение оценка прогноза сохранности конечности пациента.

В 2014 г. The Society for Vascular Surgery Lower Extremity представили классификацию SVS Wifi [26, 27], основанную на оценке трех основных патогенетических факторов СДС: W – Wound (характеристика раны); I – Ischemia (состояние кровоснабжения в нижней конечности); Fi – Foot infection (выраженность инфекционного процесса). Это классификация критических состояний нижней конечности или, дословно, классификация типов ишемии, угрожающих потерей нижней конечности. Цель новой классификации – применение широкой группы пациентов с окклюзионно-стенотическим поражением магистральных артерий не только при диабетической ангиопатии, но и при облитерирующем атеросклерозе нижних конечностей различной степени тяжести и распространения, включая пациентов с болью в покое, а также, с трофическими нарушениями мягких тканей. Не подпадают под эту классификацию пациенты с венозными язвами, острой ишемией конечности, травматическими повреждениями конечностей, язвами вследствие васкулитов, коллагенозами, болезнью Бюргера, злокачественными новообразованиями и дерматозами [27]. Каждый фактор оценивается по четырем степеням выраженности (0 – нет, 1 – легкое течение, 2 – средняя тяжесть, 3 – тяжелое течение). После оценки и записи каждого фактора в числовых значениях можно оценить риск ампутации в течение 1 года для каждой из комбинаций (OH – очень низкий, H – низкий, C – средний, B – высокий), а также пользу/потребность реваскуляри-

зации нижней конечности (ОН – очень низкая, Н – низкая, С – средняя, В – высокая).

Данная классификация – это первый важный шаг в сторону пересмотра оценки и лечения пациентов с различными поражениями артерий нижних конечностей. Она необходима для более точной стратификации больных подобно стадиям при онкологических заболеваниях. Предназначена для улучшения дизайна клинических исследований, лучшего определения влияния новых методов лечения. Эта классификация не является изолированным клиническим инструментом принятия решений. Tokuda T. и соавторы в 2018 году [28] выявили эффективность применения классификации SVS Wifi для оценки заживления раны и риска ампутации нижней конечности у пациентов на гемодиализе, которым выполнялось эндоваскулярное лечение. В исследовании Jessica M. Mayo и соавторов [29], включавшем 2878 пациентов из 10 медицинских центров, классификация SVS Wifi также доказала свою эффективность при оценке ожидаемой пользы реваскуляризации и риска ампутации нижней конечности.

Сегодня применяется новый термин ХИУПК (хроническая ишемия, угрожаемая потерей конечности), охватывающий более широкие и гетерогенные группы пациентов с ишемией разной степени, которая нередко может замедлять заживление раны и повышать риск ампутации конечности [30].

Глобальная система оценки характера поражения артерий конечности (GLASS) представляет собой новый подход к оценке пациентов с ХИУПК (хронической ишемией нижних конечностей), целью которого является преодоление недостатка общего понимания в отношении связи синдромов заболевания, гемодинамики, анатомической проходимости артерий, клинической стадии и исходов. Это позволяет принимать более эффективные клинические решения, улучшая диагностику и тактику лечения. Для того, чтобы этот подход приносил максимальную практическую пользу, он включает в себя ряд исходных предположений, позволяющих избежать чрезмерной сложности, поэтому GLASS можно использовать в повседневной клинической практике и в будущих исследованиях.

Авторы системы оценки поражения артерий предлагают новую, клинически ориентированную концепцию классификации моделей поражения артерий у пациентов с ХИУПК.

Система GLASS основана на принципиальном уходе от существующих подходов классификации заболеваний периферических артерий (ЗПА). Существующие на данный момент анатомические системы классификации ЗПА либо описывают локализацию и степень поражения артерий, либо дают количественную оценку тяжести и характера заболевания. Системы оценки, основанные на описании поражения или сегмента, полезны для сравнения эффективности эндоваскулярных устройств в четко определенных клинических ситуациях. Однако, такие системы

не помогут в определении стратегий научного обоснования реваскуляризации (НОР) для лечения пациентов с ХИУПК, особенно учитывая сложные и многоуровневые модели заболеваний, которые наблюдаются в современной клинической практике.

Успешная реваскуляризация при ХИУПК, особенно если у пациента есть потеря ткани, почти всегда требует восстановления кровотока на артериях стопы.

Факторы, определяющие успешный анатомический результат, значительно отличаются для шунтирования и эндоваскулярного вмешательства. Для проведения шунтирования необходим адекватный приток и отток крови и, самое главное, подходящая аутовена.

Успех эндоваскулярного вмешательства преимущественно определяется выраженностью атеросклеротического поражения в предполагаемом целевом пути реваскуляризации (ЦПР), который обеспечивает кровоток к стопе. Если в ЦПР обнаруживается множество очагов поражений, то технический успех и стабильная проходимость сосудов конечности оцениваются в целом, как функция каждого восстановленного поражения.

Работа с системой GLASS включает в себя выполнение следующих шагов:

1. Выполнение ангиографического исследования сосудов нижних конечностей с обязательной оценкой артериального кровотока на уровне лодыжки и стопы.
2. Определение целевого пути реваскуляризации.
3. Определение степени поражения магистральных артерий бедренно-подколенного сегмента по GLASS (0–4 степени).
4. Определение степени поражения артерий берцового сегмента нижней конечности по GLASS (0–4 степени).
5. Определение выраженности кальциноза артериальной стенки (например, >50 % по окружности; стабильные, нестабильные бляшки или поражение по типу «кораллового рифа») в бедренно-подколенном и берцовом сегментах выбранного ЦПР. Если кальциноз присутствует, то необходимо увеличить степень поражения сегмента на единицу.
6. Сложить степени поражения магистральных артерий бедренно-подколенного и берцового сегмента, чтобы определить общую степень по GLASS.
7. Использовать модификатор артерий стопы (P0, P1 или P2) для описания состояния артерий ниже лодыжки.

Эффективная реваскуляризация – это краеугольный камень для сохранения конечности пациентам с ХИУПК. Хотя сегодня существует множество различных методик, качественные данные по НОР отсутствуют. Необходима новая системная парадигма для принятия более эффективных клинических решений, получения успешных клинических результатов и достижения оптимального соотношения стоимости процедуры и ее результативности.

Целесообразно использовать трехшаговый интегрированный подход, основанный на следующих

факторах: 1) оценка риска для пациента; 2) оценка степени поражения конечности; 3) анатомическая модель заболевания. Этот подход призван помочь принятию решений и проведении исследований НОР у пациентов с ХИУПК.

Мы представили несколько классификаций СДС. Некоторые из них в повседневной практике редко применяются, а отдельные, к примеру классификация WIFI, только начинает внедряться. Хотелось бы отметить, что жизнеспособность той или иной классификации определяется временем.

Диагностика нарушения артериального кровотока нижних конечностей

Рентгенконтрастная ангиография в диагностике нарушения кровотока у больных с СДС. Несмотря на то, что в последние годы разработаны и внедрены неинвазивные способы визуализации сосудов стоп, рентгенконтрастная ангиография сохраняет одно из ведущих мест в диагностическом алгоритме у пациентов с СДС и большинством авторов считается «золотым» стандартом [31]. Основными целями ангиографической визуализации сосудов у пациентов с СДС являются визуализация анатомического расположения сосудов стоп и оценка степени их поражения, чтобы определить пригодность для открытой или эндоваскулярной реваскуляризации [32, 33]. Рентгенконтрастная ангиография является инвазивной процедурой и обычно проводится с использованием гибкого направляющего катетера, вводимого через бедренную артерию, а также характеризуется тем, что она обеспечивает доступ к выполнению не только диагностических, но и лечебных сосудистых манипуляций, включая ангиопластику, атерэктомия, стентирование и тромболитис [32, 33].

С появлением компьютерных томографов последних поколений стало возможно внедрение компьютерно-томографической ангиографии (КТА) в качестве альтернативы рентгенконтрастной ангиографии [34]. Более короткое время регистрации изображения, тонкие срезы, высокое пространственное разрешение и усовершенствование многодетекторных компьютерно-томографических сканеров позволяют сканировать сосудистое дерево в ограниченный период времени с использованием небольшого количества контрастного вещества и низкой дозы облучения [34].

В последние годы широкое применение в клинической практике с целью качественной визуализации анатомии сосудистого русла нашла магнитно-резонансная ангиография (МРА) [35]. Данная методика приближается по диагностическим возможностям к ангиографии, являясь при этом более выгодной экономически. Однако имеются данные, что магнитно-резонансная ангиография уступает ангиографии в случае исследования дистальных сосудов, а также в ситуации критической ишемии исследуемой конечности [34, 35].

Некоторые авторов сходятся во мнении, что КТА должна использоваться у пациентов с наличием противопоказаний к выполнению МРА [31, 35]. К таким противопоказаниям относятся: наличие у пациента металлических имплантатов или инородных тел, установленных кардиостимуляторов, наличие у пациента аллергической реакции на йод (йодсодержащих рентгеноконтрастных веществ), тяжелая почечная недостаточность, заболевания щитовидной железы.

Радионуклидная ангиография в диагностике нарушения кровотока у больных с СДС сегодня практически не используется в качестве самостоятельной методики исследования кровотока у пациентов с СДС. Тем не менее сосудистая стадия радионуклидной ангиографии является неотъемлемой составляющей трехфазной сцинтиграфии, позволяя значительно повысить диагностические показатели широко используемой методики [36]. Дальнейшее распределение препарата в мягких тканях и костях непосредственно связано с их кровоснабжением, следовательно, этот метод можно использовать для оценки перфузии мягких тканей и костных структур.

Дуплексное ультразвуковое сканирование позволяет выявить анатомическое расположение и степень стеноза при заболеваниях периферических артерий нижних конечностей с помощью комбинации В-режима и цветового доплеровского картирования. Гемодинамическая оценка проводится путем измерения пиковой систолической скорости в пределах или за пределами обструкции, наличия или отсутствия турбулентности и пульсации. Дуплексное сканирование способно выявить гемодинамически значимые бляшки, оценить состояние артериальной стенки, мелких сосудов, коллатеральной сети [37, 38]. По данным литературы точность дуплексного сканирования в оценке состояния крупных сосудов приближается к показателям рентгеновских ангиографических методик.

Согласно Международному консенсусу по диабетической стопе рутинными неинвазивными методами оценки тяжести ишемического поражения конечности являются измерение лодыжечного и пальцевого давления с оценкой лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и пальце-плечевого индекса (ППИ), соответственно. Ишемия определяется как систолическое давление в артериях голени ниже 50–70 мм рт. ст., а на уровне пальца – ниже 30–50 мм рт. ст. [22, 39].

Применение этих тестов играет важную роль на этапе первичной диагностики заболеваний периферических артерий, но имеет ряд существенных ограничений. По нашим данным, измерение лодыжечного давления у пациентов с СД и КИНК во многих случаях мало информативно в связи с наличием медиакальциноза, а также в случае окклюзии обеих артерий – задней большеберцовой (ЗББА) и тыльной артерии стопы (ТАС), по которым принято измерять ЛПИ [40]. При выраженном кальцинозе сосудистой

на консервативные (медикаментозные) методы. По данным метаанализа единственные лекарственные препараты, которые показали положительный эффект при лечении критической ишемии нижних конечностей, – это производные простагландинов (PGE) вазaproстан, алпростан. Простагландины уменьшают активацию тромбоцитов и лейкоцитов и оказывают протективное воздействие на эндотелий, что может оказывать благоприятное влияние при лечении ХИУПК [48].

Анализом многочисленных литературных источников были найдены убедительные доказательства, что применение сосудорасширяющих препаратов должно быть ограничено. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, применение медикаментозной терапии, включающих эти препараты, обладает невысокой эффективностью – только около 50 % пациентам удается сохранить конечность или жизнь в течение года. Во-вторых, они увеличивают кровоток в неишемизированных зонах, тем самым создавая «синдром обкрадывания» [39]. Что же касается таких препаратов как аспирин и клопидогрель можно отметить, что, затормаживая прогрессирование атеросклероза артерий нижних конечностей, создают предпосылки к увеличению продолжительности функционирования периферических шунтов.

Рентгеноэндоваскулярная хирургия. Факторы, определяющие успешный анатомический результат, значительно отличаются для шунтирования и эндоваскулярного вмешательства. Успех эндоваскулярного вмешательства преимущественно определяется выраженностью атеросклеротического поражения в предполагаемом целевом пути реваскуляризации (ЦПР), который обеспечит кровоток к стопе. Если в ЦПР обнаруживается множество очагов поражений, то технический успех и стабильная проходимость сосудов конечности оцениваются в целом, как функция каждого восстановленного поражения. Критериями для выполнения рентгеноэндоваскулярной реваскуляризации являются 0–3 степени поражения бедренно-подколенно-берцовых артерий по Глобальной системе оценки характера поражения артерий конечности (GLASS) [49].

Это новое направления получило широкое признание и распространение только за последние десятилетия. В этот период эндоваскулярные методики стали применяться практически на всех сосудах, включая сосуды аорто-подвздошного и бедренно-подколенного уровней. В настоящее время в большинстве мировых клиник больным с заболеваниями периферических сосудов в первую очередь предлагают именно интервенционные процедуры [50, 51].

В выборе этого варианта реваскуляризации нижних конечностей играют ведущую роль такие факторы, как: сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких, хроническая почечная недостаточность, гипертензия и прочие хронические заболевания. Особенно часто заболевания периферических

артерий нижних конечностей сочетаются с поражением коронарных артерий.

Преимуществами эндоваскулярных вмешательств является низкая частота осложнений, уменьшение объема анестезиологической помощи, сокращенное время пребывания в стационаре и хорошие ближайшие и отдаленные результаты. Всё это не могло не отразиться на конкурентоспособности эндоваскулярной хирургии в тех областях, которые раньше считались прерогативой реконструктивной сосудистой хирургии [52]. Значительное влияние на развитие эндоваскулярной хирургии оказало внедрение в практику стентов, которые дали возможность исправлять неудовлетворительные результаты баллонной ангиопластики, такие как постангиопластическая диссекция и остаточные стенозы, не прибегая к экстренной операции [53, 54, 55].

Разработка новых катетеров или проводников, новых методик (например, устройств для реканализации и атерэктомии), использование фибринолиза, тромбоаспирации, устройств для механической тромбэктомии, а также появление на рынке большого числа стентов способствовали значительному росту показателей технического успеха и, судя по всему, улучшению показателей проходимости в отдаленные сроки после процедуры. В настоящее время для РЭВ предложено большое количество стентов, различающихся по дизайну, размерам, материалу изготовления, способу доставки и раскрытия, прочности, радиальной устойчивости, гибкости, рентгенконтрастности.

Таким образом, на сегодняшний день отмечается неуклонный рост количества РЭВ на инфраингвинальных артериях. Вместе с тем, если результаты традиционных операций в бедренно-подколенно-берцовом сегменте известны, то результаты РЭВ на артериях ниже паховой связки требуют проведения более тщательного анализа с рассмотрением как клинических, анатомических, технических, так и патофизиологических аспектов данного вмешательства.

Среди перспективных интервенционных методов реваскуляризации находятся методы ультразвуковой реканализации: ультразвуковая ангиопластика и ультразвуковой тромболизис. Коллективом нескольких научных учреждений РБ (ИБОХ и ИФОХ НАНБ, НИИ ФХП БГУ) была проведена работа по научному обоснованию данных методов на фундаментальном уровне, а работа с БНТУ и ИФТТ НАНБ позволила разработать установку для использования этих методов в клинической практике у больных с поражением периферических артерий.

Адзериho И. Э. и др. разработали и внедрили в клиническую практику новый волноводно-катетерный метод ультразвуковой (УЗ) реканализации и ангиопластики. К настоящему времени получен первый клинический опыт его применения при КИНК у пациентов на фоне атеросклероза [56, 57, 58] и СД [59]. Показано, что в условиях, когда попытки восстановления просвета стенозированных и/или

окклюзированных артерий с использованием таких технических приемов, как внутрисосудистая или субинтимальная реканализация в большинстве случаев оказываются безуспешными, альтернативой может являться на первом этапе УЗ реканализация окклюзий артерий магистрального типа (на уровне бедра), а на втором – проведение чрескожной транслюминальной баллонной ангиопластики самостоятельно длинными баллонами или в сочетании со стентированием.

Выводы

Несомненно, что для координированной работы эндокринологов, сосудистых, гнойных и рентгеноваскулярных хирургов, определения тактики лечения и реализации квалифицированной помощи, необходимо пользоваться унифицированной системой оценки тяжести поражения, где отражена тактика и стратегия этапного лечения конечности. Это классификация критических состояний нижней конечности или, дословно, классификация типов ишемии, угрожающих потерей нижней конечности.

Ранняя комплексная диагностика осложненного течения СДС остается существенной проблемой. Для ее решения в современной клинической медицине применяется широкий арсенал диагностических методов, ведущими из которых являются методы лучевой диагностики.

В последнее время наблюдается тенденция к эндоваскулярным вмешательствам, однако прослеживается большая разница в применении тактик лечения. Использование эндоваскулярного вмешательства и шунтирования варьирует от 5 % до 80 %.

Проведение ультразвуковой ангиопластики в сочетании с интервенционными методами лечения является высокоэффективным и безопасным методом восстановления проходимости магистральных артерий у пациентов с ишемическими формами СДС. Ее выполнение характеризуется отсутствием ранних и поздних процедуральных осложнений в виде диссекции интимы, ее термического/кавитационного повреждения, возникновения аневризмы или перфорации сосуда, дистальной эмболии, а также значимого рестенозирования в течение 12-месячного наблюдения.

Литература

1. Дедов, И. И. Диабетическая стопа / И. И. Дедов, О. В. Удовиченко, Г. В. Галстян. – М.: Практ. медицина, 2005. – 175 с.
2. Ogurtsova, K., Guariguata, L., Barengo, N C., et al. IDF diabetes Atlas: Global estimates of undiagnosed diabetes in adults for 2021. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109118. Doi:10.1016/j.diabres.2021.109118.
3. Осложнения сахарного диабета: лечение и профилактика / Под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой. – М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2017.
4. Климентов, В. В. Особенности формирования и ранняя диагностика поражения почек у больных сахарным диабетом 1-го типа : автореф. ... дис. д-ра мед. наук / В. В. Климентов. – Новосибирск, 2008. – 40 с.
5. Мельситов, В. А. Оптимизация оказания хирургической помощи больным с синдромом диабетической стопы : дис. ... канд. мед. наук / В. А. Мельситов. – Саратов, 2014. – 197 с.
6. Sridharan, K. Growth factors for diabetic foot ulcers: mixed treatment comparison analysis of randomized clinical trials / K. Sridharan, G. Sivaramakrishnan // *Br. J. Clin. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 84, N 3. – P. 434–444.
7. Monteiro-Soares, M., Hamilton, E. J., Russell, D. A., Sirisawasdi, G., Boyko, E. J., Mills, J. L., et al. Guidelines on the classification of foot ulcers in people with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diab Metab Res Rev.* 2023;e3648.
8. Рундо, А. И. Современные аспекты этиологии и патогенеза синдрома диабетической стопы / А. И. Рундо // *Новости хирургии.* – Том 23. – № 1. – 2015. – С. 97–104.
9. Андреева, Н. В. Особенности патогенеза микроангиопатий у больных сахарным диабетом разного возраста / Н. В. Андреева // *PMЖ.* – 2006. – № 6. – С. 470–71.
10. Анциферов, М. Б. Поражения нижних конечностей у больных сахарным диабетом / М. Б. Анциферов, А. К. Волковой, Е. Ю. Комелягина // *PMЖ. Эндокринология.* – 2006. – № 13. – С. 972–76.
11. Комелягина, Е. Ю., Анциферов, М. Б. Синдром диабетической стопы: патогенез, диагностика, современные подходы к терапии. *Лечащий Врач.* 2025; 3 (28): 9–15. <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.3.001>.
12. Jeffcoate, W. J. Diabetic foot ulcers / W. J. Jeffcoate, K. G. Harding // *The lancet.* – 2003. – Vol. 361, N 9368 – P. 1545–51.
13. Атлас диабета IDF [Электронный ресурс] / Международная федерация диабета. – Бельгия, 2015. – 7-е изд. – Режим доступа: <http://www.diabetesatlas.org/resources/2015-atlas.html>.
14. Булавкин, В. П. Сахарный диабет. Синдром диабетической стопы (диагностика, лечение, профилактика) : метод. рекомендации / В. П. Булавкин, В. В. Зыкова, Д. В. Шиленок ; Витеб. гос. мед. ун-т. – Витебск, 2000. – 28 с.
15. Гурьева, И. В. Диабетическая стопа. Возможно ли эффективное предотвращение / И. В. Гурьева, Я. И. Котухова, Т. А. Мелешкевич // *PMЖ.* – 2001. – № 24. – С. 1122–25.
16. Esato K. Neovascularization induced by autologous bone marrow cell implantation in peripheral arterial disease / K. Esato [et al.] // *Cell Transplant.* – 2002. – Vol. 11, N 8. – P. 747–52.
17. Павлова, М. Г. Синдром диабетической стопы / М. Г. Павлова, Т. В. Гусов, Н. В. Лаврищева // *Труд. пациент.* – 2006. – № 1. – С. 25–28.
18. Светухин, А. М. Вопросы патогенеза и тактики комплексного хирургического лечения гнойнонекротических форм синдрома диабетической стопы / А. М. Светухин, А. Б. Земляной // *Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова.* – 2003. – № 3. – С. 85–88.
19. Mönckeberg, J. G. Über die reine Mediaverkalkung der Extremitätenarterien und ihr Verhalten zur Arteriosklerose / J. G. Mönckeberg // *Virchows Arch. (Pathol. Anat.).* – 1903. – № 171. – S. 141–167.
20. Молитвословова, Н. А. Роль дистальной диабетической полинейропатии в развитии медиакальциноза у пациентов с сахарным диабетом / Н. А. Молитвословова, Г. Р. Галстян // *Сахарный диабет.* – 2012. – № 2. – С. 64–69.

21. Hofbauer, L. C. Vascular calcification and osteoporosis—from clinical observation towards molecular understanding / L. C. Hofbauer, C. C. Brueck, C. M. Sanahan, M. Schoppert, H. Dobnig // *Osteoporos Int.* – 2007. – Mar, Vol. 18. – N 3. – P. 251–259.
22. Бондаренко, О. и др. Транскутанная оксиметрия в динамическом наблюдении за пациентами с сахарным диабетом и критической ишемией нижних конечностей // *Сахарный диабет.* 2013. Vol. № 1. (58).
23. Тупикин, Р. С. Современная классификация синдрома диабетической стопы SVS WIFI/ Р. С. Тупикоин и [др.] *Инновационная медицина Кубани.* – 2018. – № 2. – 73–78.
24. Meggitt B: Surgical management of the diabetic foot. *Br J HospMed.* 1976;16:227–232.
25. Armstrong, D. G. Toward a change in syntax in diabetic foot care: prevention equals remission / D. G. Armstrong, J. L. Mills // *J. Am. Pod. Med. Assoc.* – 2013. – Vol. 103, N 2. – P. 161–162.
26. International Diabetes Federation, diabetes atlas. Fifth edition. 2015. Mills J. L Sr., Conte M. S., Armstrong D. G., Pomposelli F. B., Schanzer A., Sidawy A. N., Andros G. The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: risk stratification based on wound, ischemia, and foot infection (WIFI). *J Vasc Surg.* 2014;59:220–234.e2.
27. Мизин, А. Г., Удовиченко, О. В., Терехин, С. А. Критическая ишемия нижних конечностей и ишемические формы синдрома диабетической стопы, Москва, 2017. [Mizin A. G., Udovichenko O. V., Terehin S. A., Critical ischemia of the lower extremities and ischemic forms of the diabetic foot syndrome. Moscow, 2017.
28. Tokuda, T., Hirano K., Sakamoto Y., Mori S., Kobayashi N., et al. Use of the Wound, Ischemia, foot Infection classification system in hemodialysis patients after endovascular treatment for critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2018;67(6):1762–1768.
29. Mayor, J. M., Chung, J., Zhang Q., Montero-Baker M., Joseph L. M. Using the Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection (WIFI) Classification as a Tool to Identify Patients Most Likely to Benefit from Revascularization. *J Vasc Surg.* 2018;67(6):162–163.
30. Кучай, А. А., А. Н. Липин, Ш. Ф. Падариа, Н. Н. Груздев, А. Г. Борисов, Х. А. Мухамедов, Г. Б. Ходжакулиев, и А. А. Ревякин. «Хроническая ишемия, угрожающая конечности, – эпидемиология, патогенез, диагностика и стратегии лечения». *Russian Biomedical Research (Российские биомедицинские исследования)*, т. 9, вып. 3, октябрь 2024 г., с. 53–61, doi:10.56871/RBR.2024.95.99.007.
31. Галимов О. В. Ангиографические методы в лечении пациентов с синдромом диабетической стопы / О. В. Галимов, В. О. Ханов, В. Ш. Ишметов, Т. Р. Ибрагимов, А. Ф. Биглова, Р. С. Суфияров // *Креативная хирургия и онкология*, № 4, 2021, С. 300–306.
32. Павлиашвили, Г. В. Хирургическое лечение больных с синдромом диабетической стопы: роль баллонной ангиопластики и стентирования артерий 217 нижних конечностей : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Г. В. Павлиашвили. – Саратов, 2011. – 25 с.
33. Пасхалова, Ю. С. Стратегия хирургического лечения нейроишемической формы синдрома диабетической стопы: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ю. С. Пасхалова. – М., 2011. – 22 с.
34. CT angiography of the lower extremity and coronary arteries using 256-section CT: a preliminary study / D. Xie, J. Na, M. Zhang [et al.] // *Clin. Radiol.* – 2015. – Vol. 70, N 11. – P. 1281–1288.
35. Healy, D. A., Boyle E. M., Clarke Moloney M, et al. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography in diabetic patients with infra-genicular peripheral arterial disease: systematic review. *Int J Surg.* 2013;11(3):228–232. doi:10.1016/j.ijisu.2013.02.001.
36. Национальное руководство по радионуклидной диагностике / под ред. Ю. Б. Лишманова, В. И. Чернова. – В 2 т. – Томск : СТТ, 2010. – Т. 2. – 418 с.
37. Ультразвуковая эластометрия как метод неотложной диагностики первых признаков транзиторной ишемии нижних конечностей при синдроме диабетической стопы / Р. И. Фатыхов, И. В. Ключкин, Ю. А. Ключкина [и др.] // *Казанский медицинский журнал.* – 2016. – Т. 97, № 6. – С. 860–864.
38. Ушакова, В. В. Роль ультразвуковой доплерографии сосудов нижних конечностей в диагностике диабетической стопы / В. В. Ушакова // *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* – 2014. – Т. 4, № 4. – С. 423.
39. Norgren, L. TASC II Working group. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II) / L. Norgren, W. R. Hiatt, J. A. Dormandy, M. R. Nehler et. al. // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2007, Vol 33, suppl 1.
40. Apelqvist, J. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot / J. Apelqvist et [all.] International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Metab Res Rev.* 2000 Sep-Oct;16 Suppl 1:S84–92.
41. Джемилева, З. Н. Диагностическое значение лодыжечной пиковой систолической скорости кровотока у пациентов с сахарным диабетом и критической ишемией нижних конечностей / З. Н. Джемилева, О. Н. Бондаренко, Г. Р. Галстян // *Сахарный диабет.* – 2019. – Т. 22. – № 2. – С. 131–140.
42. Dua, A. Epidemiology of peripheral arterial disease and critical limb ischemia / A. Dua, C. Lee // *Tex. Vasc. Internet Radiol.* – 2016. – 19(2):91–95.
43. Nishan, B. Factors affecting contralateral extremity following lower-extremity major amputation Indian / B. Nishan [et. al.] // *J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2021;8(2):144–147.
44. Гавриленко, А. В. Методы лечения больных облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей при наличии поражендиального русла. Часть I / А. В. Гавриленко, А. А. Егоров, С. Н. Молокопой, А. С. Мамухов // *Ангиол. и сосуд. хир.* – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 21–125.
45. Корымасов, Е. А. Реваскуляризация при синдроме диабетической стопы / Е. А. Корымасов, А. М. Аюпов, С. Ю. Пушкин и др. // *Материалы международного симпозиума «Диабетическая стопа: хирургия, терапия, реабилитация».* СПб. – 2008. – С. 53.
46. Barton, M, Grüntzig J., Husmann M., Rösch J. Balloon Angioplasty – The Legacy of Andreas Grüntzig, M. D. (1939–1985). *Front Cardiovasc Med.* 2014;1:15. Published 2014 Dec 29. doi:10.3389/fcvm.2014.00015.
47. Покровский, А. В., Дан, В. Н., Хоровец, А. Г., Чупин, А. В. Артериализация венозного кровотока стопы в лечении тяжелой ишемии у больных с окклюзиями артерий голени и нефункционирующей плантарной дугой. *Хирургия.* 1990; 5: 35–42.
48. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) / L. Norgren, W. R. Hiatt, J. A. Dormandy, M. R. Nehler, K. A. Harris and F. G. R. Fowkes on behalf of the TASC II Working Group // *J. Vasc. Surg.* – 2007. – Vol. 33. – Suppl. 1. – P. S1–S70.
49. Тарабрин, А. С., Максимкин, Д. А., Павкина, А. А., Ховалкин, Р. Г., Желтов, Н. Ю., Шугушев, З. Х. Эндоваску-

лярные интервенции у пациентов с инфраингинальными поражениями GLASS III степени: результаты двухлетнего наблюдения. Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2022;(3):70–78.

50. Бокерия, Л. А. Рентгеноэндоваскулярная хирургия заболеваний магистральных сосудов / Л. А. Бокерия, Б. Г. Алякин // М. Анри. – 2008/ – Том 1. – С. 291–310.

51. Затевахин, И. И. Перспективы сосудистой хирургии при атеросклеротическом поражении аорты и артерий нижних конечностей / И. И. Затевахин, М. Ш. Цициашвили, В. Н. Золкин и др. // Российский медицинский журнал. – 2001. – 5. – С. 3–6.

52. Rutherford, R. B., Baker, J. D., Ernst, C., et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg.* 1997;26(3):517–538. doi:10.1016/s0741-5214(97)70045-4.

53. Becker G. J., Katzen B. T. Peripheral angioplasty and the newer circulatory interventions: whose responsibility? *AJR Am J Roentgenol.* 1988;150(6):1235–1239. doi:10.2214/ajr.150.6.1235.

54. Hallisey, M. J., Parker B. C., van Breda A. Current status and extended applications of intravascular stents. *Curr Opin Radiol.* 1992;4(4):7–12.

55. Katzen, B. T. Current status of intravascular ultrasonography. *Radiol Clin North Am.* 1992;30(5):895–905.

56. Адзериho И. Э. Эластификация артериальной стенки под действием высокоинтенсивного низкочастотного ультразвука / И. Э. Адзериho, академик А. И. Кулак, Т. Э. Владимирская, Е. В. Леончик, С. Н. Чур, В. Т. Минченя, С. В. Шилько // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2023. Т. 67, No 4. С. 287–294. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-4-287-294>.

57. Адзериho, И. Э. Ультразвуковой тромболитиз в лечении артериального тромбоза: дис. д-ра мед. наук: 14.00.06 / И. Э. Адзериho. – Минск, 2004. – 322 с.

58. Мрочек, А. Г., Адзериho, И. Э., Тараканов, Ю. П., Минченя, В. Т., Стельмашок, В. И., Савчук, А. И. Ultrasound angioplasty of peripheral arteries: novel capabilities for advancement // 3rd international congress on coronary artery disease, Lyon, France, 2–5 Oct. 2000 // European Society of Cardiology. – Paris, 2000. – P. 131.

59. Чур, С. Н. Непосредственные и ближайшие отдаленные результаты клинического применения низкочастотного высокоинтенсивного ультразвука у пациентов с окклюзионно-стенотическими поражениями артерий нижних конечностей / С. Н. Чур, И. Э. Адзериho, Н. Н. Чур // Хирургия. Восточная Европа, – 2024. Т. 13, № 2. – С. 175–185.

References

1. Dedov, I. I. Diabeticheskaya stopa / I. I. Dedov, O. V. Udovichenko, G. V. Galstyan. – M.: Prakt. medicina, 2005. – 175 s.

2. Ogurtsova, K., Guariguata, L., Barengo, N. C., et al. IDF diabetes Atlas: Global estimates of undiagnosed diabetes in adults for 2021. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109118. doi:10.1016/j.diabres.2021.109118

3. Oslozhneniya saharnogo diabeta: lechenie i profilaktika / Pod red. I. I. Dedova, M. V. Shestakovo. – M.: OOO «Izdatel'stvo «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 2017.

4. Klimontov, V. V. Osobennosti formirovaniya i rannaya diagnostika porazheniya pochek u bol'nyh saharnym diabetom 1-go tipa : avtoref. ... dis. d-ra med. nauk / V. V. Klimontov. – Novosibirsk, 2008. – 40 s.

5. Mel'sitov, V. A. Optimizaciya okazaniya hirurgicheskoj pomoshchi bol'nyim s sindromom diabeticheskoy stopy : dis. ... kand. med. nauk / V. A. Mel'sitov. – Saratov, 2014. – 197 s.

6. Sridharan, K. Growth factors for diabetic foot ulcers: mixed treatment comparison analysis of randomized clinical trials / K. Sridharan, G. Sivaramakrishnan // *Br. J. Clin. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 84, N 3. – P. 434–444.

7. Monteiro-Soares, M., Hamilton, E. J., Russell, D. A., Sirisawasdi, G., Boyko, E. J., Mills, J. L., et al. Guidelines on the classification of foot ulcers in people with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diab Metab Res Rev.* 2023;e3648.

8. Rundo, A. I. Sovremennye aspekty etiologii i patogenezza sindroma diabeticheskoy stopy / A. I. Rundo // *Novosti hirurgii.* – Tom 23. – № 1. – 2015. – S. 97–104.

9. Andreeva, N. V. Osobennosti patogenezza mikroangiopatij u bol'nyh saharnym diabetom raznogo vozrasta / N. V. Andreeva // *RMZH.* – 2006. – № 6. – S. 470–71.

10. Anciferov, M. B. Porazheniya nizhnih konechnostej u bol'nyh saharnym diabetom / M. B. Anciferov, A. K. Volkovoj, E. Yu. Komelyagina // *RMZH. Endokrinologiya.* – 2006. – № 13. – S. 972–76.

11. Komelyagina E. Yu., Anciferov M. B. Sindrom diabeticheskoy stopy: patogenez, diagnostika, sovremennye podhody k terapii. *Lechashchij Vrach.* 2025; 3 (28): 9–15. <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.3.001>

12. Jeffcoate, W. J. Diabetic foot ulcers / W. J. Jeffcoate, K. G. Harding // *The lancet.* – 2003. – Vol. 361, N 9368 – P. 1545–51.

13. Atlas diabeta IDF [Elektronnyj resurs] / Mezhdunarodnaya federaciya diabeta. – Bel'giya, 2015. – 7-e izd. – Rezhim dostupa: <http://www.diabetesatlas.org/resources/2015-atlas.html>

14. Bulavkin, V. P. Saharnyj diabet. Sindrom diabeticheskoy stopy (diagnostika, lechenie, profilaktika) : metod. rekomendacii / V. P. Bulavkin, V. V. Zykova, D. V. Shilenok ; Viteb. gos. med. un-t. – Vitebsk, 2000. – 28 s.

15. Gur'eva, I. V. Diabeticheskaya stopa. Vozmozhno li effektivnoe predotvrashchenie / I. V. Gur'eva, Ya. I. Kotuhova, T. A. Meleshkevich // *RMZH.* – 2001. – № 24. – S. 1122–25.

16. Esato, K. Neovascularization induced by autologous bone marrow cell implantation in peripheral arterial disease / K. Esato [et al.] // *Cell Transplant.* – 2002. – Vol. 11, N 8. – P. 747–52.

17. Pavlova, M. G. Sindrom diabeticheskoy stopy / M. G. Pavlova, T. V. Gusov, N. V. Lavrishcheva // *Trud. pacient.* – 2006. – № 1. – S. 25–28.

18. Svetuhin, A. M. Voprosy patogenezza i taktiki kompleksnogo hirurgicheskogo lecheniya gnojnokroticheskikh form sindroma diabeticheskoy stopy / A. M. Svetuhin, A. B. Zemlyanov // *Hirurgiya. ZHurn. im. N. I. Pirogova.* – 2003. – № 3 – S. 85–88.

19. Mönckeberg, J. G. Über die reine Mediaverkalkung der Extremitätenarterien und ihr Verhalten zur Arteriosklerose / J. G. Mönckeberg // *Virchows Arch. (Pathol. Anat.).* – 1903. – № 171. – S. 141–167.

20. Molitvoslovova, N. A. Rol' distal'noj diabeticheskoy polinejropatii v razvitii mediakal'cinoza u pacientov s saharnym diabetom / N. A. Molitvoslovova, G. R. Galstyan // *Saharnyj diabet.* – 2012. – № 2. – S. 64–69.

21. Hofbauer, L. C. Vascular calcification and osteoporosis—from clinical observation towards molecular understanding / L. C. Hofbauer, C. C. Brueck, C. M. Sanahan, M. Schoppet, H. Dobnig // *Osteoporos Int.* – 2007. – Mar, Vol. 18. – N 3. – P. 251–259.

22. *Bondarenko, O.* i dr. Transkutannaya oksimetriya v dinamicheskom nablyudenii za pacientami s sahnarnym diabetom i kriticheskoj ishemiej nizhnih konechnostej // *Saharnyj diabet.* 2013. Vol. № 1. (58).
23. *Tupikin, R. S.* Sovremennaya klassifikaciya sindroma diabeticheskoy stopy SVS WIFI/ R. S. Tupikoin i [dr.] Innovacionnaya medicina Kubani. – 2018. – № 2. – 73–78.
24. *Meggitt B:* Surgical management of the diabetic foot. *Br J HospMed.* 1976;16:227–232.
25. *Armstrong, D. G.* Toward a change in syntax in diabetic foot care: prevention equals remission / D. G. Armstrong, J. L. Mills // *J. Am. Pod. Med. Assoc.* – 2013. – Vol. 103, N 2. – P. 161–162.
26. *International Diabetes Federation,* diabetes atlas. Fifth edition. 2015. Mills J. L.Sr., Conte M. S., Armstrong D. G., Pomposelli F. B., Schanzer A., Sidawy A. N., Andros G. The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: risk stratification based on wound, ischemia, and foot infection (WIFI). *J Vasc Surg.* 2014;59:220–234.e2.
27. *Mizin, A. G., Udovichenko, O. V., Teryohin, S. A.* Kriticheskaya ishemiya nizhnih konechnostej i ishemicheskie formy sindroma diabeticheskoy stopy, Moskva, 2017. [Mizin A. G., Udovichenko O. V., Terehin S. A., Critical ischemia of the lower extremities and ischemic forms of the diabetic foot synrome. Moscow, 2017.
28. *Tokuda T., Hirano K., Sakamoto Y., Mori S., Kobayashi N., et al.* Use of the Wound, Ischemia, foot Infection classification system in hemodialysis patients after endovascular treatment for critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2018; 67(6):1762–1768.
29. *Mayor, J. M., Chung, J., Zhang, Q., Montero-Baker, M., Joseph, L. M.* Using the Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection (WIFI) Classification as a Tool to Identify Patients Most Likely to Benefit from Revascularization. *J Vasc Surg.* 2018;67(6):162–163.
30. *Kuchaj, A. A., A. N. Lipin, Sh. F. Padaria, N. N. Gruzdev, A. G. Borisov, H. A. Muhamedov, G. B. Hodzhakuliev, i A. A. Revyakin.* «Hronicheskaya ishemiya, ugrozhayushchaya poterej konechnosti, – epidemiologiya, patogenez, diagnostika i strategii lecheniya». *Russian Biomedical Research (Rossijskie biomedicinskie issledovaniya), t. 9, vyp. 3, oktyabr' 2024 g., s. 53–61, doi:10.56871/RBR.2024.95.99.007.*
31. *Galimov, O. V.* Angiograficheskie metody v lechenii pacientov s sindromom diabeticheskoy stopy / O. V. Galimov, V. O. Hanov, V. Sh. Ishmetov, T. R. Ibragimov, A. F. Biglova, R. S. Sufiyarov // *Kreativnaya hirurgiya i onkologiya, № 4, 2021, S. 300–306.*
32. *Pavliashvili, G. V.* Hirurgicheskoe lechenie bol'nyh s sindromom diabeticheskoy stopy: rol' ballonnoj angioplastiki i stentirovaniya arterij 217 nizhnih konechnostej : avtoref. dis. ... kand. med. nauk / G. V. Pavliashvili. – Saratov, 2011. – 25 s.
33. *Paskhalova, Yu. S.* Strategiya hirurgicheskogo lecheniya nejroishemicheskoy formy sindroma diabeticheskoy stopy: avtoref. dis. ... kand. med. nauk / Yu. S. Paskhalova. – M., 2011. – 22 s.
34. *CT angiography of the lower extremity and coronary arteries using 256- section CT: a preliminary study / D. Xie, J. Na, M. Zhang [et al.] // Clin. Radiol.* – 2015. – Vol. 70, N 11. – P. 1281–1288.
35. *Healy, D. A., Boyle, E. M., Clarke Moloney, M., et al.* Contrast-enhanced magnetic resonance angiography in diabetic patients with infra-genicular peripheral arterial disease: systematic review. *Int J Surg.* 2013;11(3):228–232. doi:10.1016/j.ijsu.2013.02.001.
36. *Nacional'noe rukovodstvo po radionuklidnoj diagnostike / pod red. Yu. B. Lishmanova, V. I. Chernova.* – V 2 t. – Tomsk : STT, 2010. – T. 2. – 418 s.
37. *Ul'trazvukovaya elastometriya kak metod neotlozhnoj diagnostiki pervyh priznakov tranzitornoj ishemii nizhnih konechnostej pri sindrome diabeticheskoy stopy / R. I. Fatyhov, I. V. Klyushkin, Yu. A. Klyushkina [i dr.] // Kazanskij medicinskij zhurnal.* – 2016. – T. 97, № 6. – S. 860–864.
38. *Ushakova, V. V.* Rol' ul'trazvukovoj dopplerografii sudov nizhnih konechnostej v diagnostike diabeticheskoy stopy / V. V. Ushakova // *Byulleten' medicinskih internet-konferencij.* – 2014. – T. 4, № 4. – S. 423.
39. *Norgen, L.* TASC II Working group. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II) / L. Norgen, W. R. Hiatt, J. A. Dormandy, M. R. Nehler et. al. // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2007, Vol 33, suppl 1.
40. *Apelqvist, J.* International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot / J. Apelqvist et [all.] International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Metab Res Rev.* 2000 Sep-Oct;16 Suppl 1:S84–92.
41. *Dzhemilova, Z. N.* Diagnosticheskoe znachenie lodyzhechnoj pikovoj sistolicheskoy skorosti krovotoka u pacientov s sahnarnym diabetom i kriticheskoj ishemiej nizhnih konechnostej / Z. N. Dzhemilova, O. N. Bondarenko, G. R. Galstyan // *Saharnyj diabet.* – 2019. – T. 22. – № 2. – S. 131–140.
42. *Dua, A.* Epidemiology of peripheral arterial disease and critical limb ischemia / A. Dua, C. Lee // *Tec. Vasc. Internet Radiol.* – 2016. – 19(2):91–95.
43. *Nishan, B.* Factors affecting contralateral extremity following lower-extremity major amputation Indian / B. Nishan [et. al.] // *J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2021;8(2):144–147.
44. *Gavrilenko A. V.* Metody lecheniya bol'nyh obliteriruyushchimi zabolevaniyami arterij nizhnih konechnostej pri nalichii porazhendistal'nogo rusla. Chast' I / A. V. Gavrilenko, A. A. Egorov, S. N. Molokopoj, A. S. Mamuhov // *Angiol. i sud. hir.* – 2011. – T. 17, № 3. – S. 21–125.
45. *Korymasov, E. A.* Revaskulyarizaciya pri sindrome diabeticheskoy stopy / E. A. Korymasov, A. M. Ayupov, S. Yu. Pushkin i dr. // *Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Diabeticheskaya stopa: hirurgiya, terapiya, reabilitaciya».* SPb. – 2008. – S. 53.
46. *Barton, M., Grüntzig, J., Husmann, M., Rösch, J.* Balloon Angioplasty – The Legacy of Andreas Grüntzig, M. D. (1939–1985). *Front Cardiovasc Med.* 2014;1:15. Published 2014 Dec 29. doi:10.3389/fcvm.2014.00015.
47. *Pokrovskij, A. V., Dan, V. N., Horovec, A. G., Chupin, A. V.* Arterializaciya venoznogo krovotoka stopy v lechenii tyazhelej ishemii u bol'nyh s okklyuziyami arterij goleni i nefunkcioniruyushchej plantarnoj dugoju. *Hirurgiya.* 1990; 5: 35–42.
48. *Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease TASC II) / L. Norgren, W. R. Hiatt, J. A. Dormandy, M. R. Nehler, K. A. Harris and F. G. R. Fowkes on behalf of the TASC II Working Group // J. Vasc. Surg.* – 2007. – Vol. 33. – Suppl. 1. – P. S1–S70.
49. *Tarabrin, A. S., Maksimkin, D. A., Pavkina, A. A., Hovalkin R. G., ZHeltov N. Yu., Shugushev Z. H.* Endovaskulyarnye intervencii u pacientov s infraingival'nymi porazheniyami GLASS III stepeni: rezul'taty dvuhletnego nablyudeniya. *Hirurgiya. ZHurnal im. N. I. Pirogova.* 2022;(3):70–78.
50. *Bokeriya, L. A.* Rentgenoendovaskulyarnaya hirurgiya zabolevanij magistral'nyh sudov / L. A. Bokeriya, B. G. Alekhan // *M. Anri.* – 2008/ – Tom 1. – C. 291–310.

51. *Zatevahn, I. I.* Perspektivy sosudistoj hirurgii pri ateroskleroticheskom porazhenii aorty i arterij nizhnih konechnostej / I. I. Zatevahn, M. Sh. Ciciashvili, V. N. Zolkin i dr. // Rossijskij medicinskij zhurnal. – 2001. – 5. – С. 3–6.

52. *Rutherford, R. B., Baker J. D., Ernst C., et al.* Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg.* 1997;26(3):517–538. doi:10.1016/s0741-5214(97)70045-4.

53. *Becker, G. J., Katzen B. T.* Peripheral angioplasty and the newer circulatory interventions: whose responsibility? *AJR Am J Roentgenol.* 1988;150(6):1235–1239. doi:10.2214/ajr.150.6.1235.

54. *Hallisey, M. J., Parker B. C., van Breda A.* Current status and extended applications of intravascular stents. *Curr Opin Radiol.* 1992;4(4):7–12.

55. *Katzen, B. T.* Current status of intravascular ultrasonography. *Radiol Clin North Am.* 1992;30(5):895–905.

56. *Adzeriho, I. E.* Elastifikaciya arterial'noj stenki pod dejstviem vysokointensivnogo nizkochastotnogo ul'trazvuka / I. E. Adzeriho, akademik A. I. Kulak, T. E. Vladimirskaya,

E. V. Leonchik, S. N. Chur, V. T. Minchenya, S. V. Shil'ko // Doklady Nacional'noj akademii nauk Belarusi. 2023. T. 67, No 4. S. 287–294. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-4-287-294>.

57. *Adzeriho, I. E.* Ul'trazvukovoj trombolizis v lechenii arterial'nogo tromboza: dis. d-ra med. nauk: 14.00.06 / I. E. Adzeriho. – Minsk, 2004. – 322 s.

58. *Mrochek, A. G., Adzeriho, I. E., Tarakanov, Yu. P., Minchenya V. T., Stel'mashok V. I., Savchuk A. I.* Ultrasound angioplasty of peripheral arteries: novel capabilities for advancement. // 3rd international congress on coronary artery disease, Lyon, France, 2–5 Oct. 2000 // European Society of Cardiology. – Paris, 2000. – P. 131.

59. *Chur, S. N.* Neposredstvennye i blizhajshie otdalennye rezul'taty klinicheskogo primeneniya nizkochastotnogo vysokointensivnogo ul'trazvuka u pacientov s okklyuzionno-stenoticheskimi porazheniyami arterij nizhnih konechnostej / S. N. Chur, I. E. Adzeriho, N. N. Chur // *Hirurgiya. Vostochnaya Evropa*, – 2024. T. 13, № 2. – S. 175–185.

Поступила 08.10.2025 г.