

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Есипов А.В.<sup>1,3</sup>, Алехнович А.В.<sup>1</sup>, Мусаилов В.А.\*<sup>2,3</sup>,  
Маркевич П.С.<sup>1</sup>, Потапов В.А.<sup>3</sup>

DOI: 10.25881/20728255\_2023\_18\_2\_115

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского», Московская обл.

<sup>2</sup> Филиал №1 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского», Московская обл.

<sup>3</sup> Филиал ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Москва

**Резюме.** Во всем мире происходит постоянное увеличение распространенности сахарного диабета. По данным Федерального регистра больных сахарным диабетом в Российской Федерации за год регистрируется более 200 тыс. новых случаев сахарного диабета. Как следствие, увеличивается и количество пациентов с таким осложнением, как синдром диабетической стопы. При сахарном диабете 1-го типа синдром диабетической стопы регистрируется у 4,3% пациентов, при сахарном диабете 2-го типа — у 2,0%. Результаты лечения гнойно-деструктивных осложнений диабетической стопы и по настоящее время не удовлетворяют хирургов, сохраняется большой процент высоких ампутаций, достигающий 30,0–50,0%.

В целях диагностики используют ультразвуковую доплерографию артерий нижних конечностей, дуплексное сканирование с цветным картированием, при необходимости рентгеноконтрастную ангиографию артерий нижних конечностей. Также в комплекс диагностики синдрома диабетической стопы включены реолимфовазография с оценкой скорости и объема оттекающей периферической лимфы и крови, импедансометрия, тепловизионное исследование, хронаксиметрическая электродиагностика, лазерная доплеровская флоуметрия

Статья представляет собой обзор литературы, задача которого осветить сохраняющиеся трудности своевременной диагностики при лечении сахарного диабета и синдрома диабетической стопы, несмотря на годы пристального внимания к данной проблеме.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, синдром диабетической стопы, ампутации, ангиопатия, ультразвуковая доплерография, ангиография.

Впервые об этиологии развития диабетической стопы и самого сахарного диабета сообщил французский врач Шарль-Якоб Маршал де Кальви (1815–1873) [1]. Сахарный диабет (СД) представляет собой группу эндокринных метаболических заболеваний, характеризующихся стойким высоким уровнем глюкозы в крови (гипергликемией) в результате абсолютной или относительной (при нарушении взаимодействия с рецепторами клеток) недостаточности гормона инсулина. Хроническая гипергликемия при СД сопровождается повреждением, дисфункцией и недостаточностью органов и систем с преимущественным поражением структур глаз, почек, нервных волокон, сердца и кровеносных сосудов.

### ACTUAL PROBLEMS OF DIAGNOSIS OF DIABETIC FOOT SYNDROME

Ysipov A.V.<sup>1,3</sup>, Alekhovich A.V.<sup>1</sup>, Musailov V.A.\*<sup>2,3</sup>, Markevich P.S.<sup>1</sup>, Potapov V.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for High Medical Technologies —

Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky, Moscow region

<sup>2</sup> Branch №1 of the National Medical Research Center for High Medical Technologies

— Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky, Moscow region

<sup>3</sup> Branch of S.M. Kirov Military medical academy, Moscow

**Abstract.** There is a constant increase in the prevalence of diabetes mellitus all over the world. According to the Federal Register of Patients with Diabetes Mellitus, more than 200 thousand new cases of diabetes mellitus are registered in the Russian Federation per year. As a result, the number of patients with such a complication as diabetic foot syndrome is also increasing. With type 1 diabetes, diabetic foot syndrome is registered in 4.3% of patients, with type 2 diabetes — in 2.0%. The results of treatment of purulent-destructive complications of diabetic foot still do not satisfy surgeons, a large percentage of high amputations remains, reaching 30.0–50.0%.

For diagnostic purposes, ultrasound Dopplerography of the arteries of the lower extremities, duplex scanning with color mapping, and, if necessary, radiopaque angiography of the arteries of the lower extremities are used. Also included in the complex of diagnostics of diabetic foot syndrome are rheolymphovasography with an assessment of the rate and volume of flowing peripheral lymph and blood, impedance measurement, thermal imaging, chronaximetric electrodiagnostics, laser Doppler flowmetry

The article is a review of the literature, the task of which is to highlight the continuing difficulties of timely diagnosis in the treatment of diabetes mellitus and diabetic foot syndrome, despite years of close attention to this problem.

**Keywords:** diabetes mellitus, diabetic foot syndrome, amputations, angiopathy, ultrasound dopplerography, angiography.

Несмотря на вековую историю развития концепций лечения со времен открытия инсулина и его производственного освоения, появления генетических, клинико-диагностических и организационных разработок, количество больных СД продолжает неуклонно расти по всему миру. Так, по данным Международной Диабетической Федерации численность пациентов с СД в возрасте от 20 до 79 лет в мире на 1 января 2018 г. превысила 425 млн. человек [2; 3]. В Российской Федерации (РФ), по данным регистра больных сахарным диабетом на 1 января 2019 г. состояло на диспансерном учете 4,58 млн. человек (3,1% населения), из них 92% (4,2 млн.) — с СД 2-го типа, 6% (256 тыс.) — с СД 1-го типа

\* e-mail: musailove@mail.ru

и 2% (90 тыс.) — с другими типами СД, в том числе 8006 человек с гестационным СД [1]. При этом, распространенность СД в РФ стабильно растёт: на 569 тыс. пациентов по сравнению с 3,779 млн. на декабрь 2012 г.; на 254 тыс. по сравнению с 4,094 млн. пациентов на январь 2015 г. [4]. В 79 регионах РФ в 2016 г. зарегистрировано 235 173 новых случаев СД: СД 1-го типа — у 8516 пациентов (3,6%), СД 2-го типа — у 214 668 пациентов (91,3%), другие типы СД — у 11 989 больных (5,1%). Распределение частоты диабетических осложнений при СД 1 и 2-го типов, согласно вышеупомянутому регистру, оказалось следующим:

- При СД 1 типа: диабетическая нейропатия выявлена у 33,6% пациентов, диабетическая ретинопатия — у 27,2% пациентов, нефропатия — у 20,1%, гипертония — у 17,1%, диабетическая макроангиопатия — у 12,1% больных, синдром диабетической стопы (СДС) — у 4,3%, ИБС — у 3,5%, цереброваскулярные нарушения — у 1,5%, инфаркт миокарда — 1,1% пациентов.
- При СД 2-го типа наиболее часто регистрируется гипертония — у 40,6% пациентов, диабетическая нейропатия — у 18,6% пациентов, диабетическая ретинопатия — у 13,0%, ИБС — у 11,0%, инфаркт миокарда — 3,3%, диабетическая нефропатия — у 6,3%, макроангиопатия — у 6,0%, цереброваскулярные нарушения — у 4,0%, СДС — у 2,0%. Показатели частоты СДС варьируют при СД 1-го типа в диапазоне от 1% (Республика Кабардино-Балкария) до 19,5% (Липецкая обл.); при СД 2-го типа — от 1% (Республика Кабардино-Балкария) до 16,2% (Республика Алтай).

Несмотря на значительные мировые достижения в области изучения патогенеза СД и его осложнений, количество ампутаций ног при диабете растёт. И.В. Гурьева и соавт. приводят данные о том, что каждый час в мире у больных СД выполняется 55 ампутаций нижних конечностей [5]. Впервые возникший язвенный дефект на стопе, как правило, переходит в рецидивирующий.

В 1991 году в Нидерландах состоялся I Международный симпозиум по СДС, где была выработана классификация этого осложнения с учетом преобладающего поражения. Она была принята за основу мировым медицинским сообществом [1]:

1. Нейропатическая форма СДС (при которой преобладают нарушения иннервации):
  - трофическая язва стопы;
  - диабетическая нейроостеоартропатия (стопа Шарко).
2. Ишемическая форма СДС (преобладают нарушения со стороны микрососудистого русла).
3. Нейроишемическая форма СДС (сочетающая в себе признаки первой и второй форм).

Наиболее распространена нейропатическая форма СДС, на втором месте по частоте — смешанная форма, ишемическая диабетическая стопа является самым редким проявлением СДС. В зависимости от выявленной формы диабетической стопы определяется подход к лечению и прогноз заболевания.

По степени выраженности поражения тканей стопы при СДС наиболее широко используется классификация Wagner (F.Wagner et al., 1979) [6]:

- 0 степень — предъязвенное поражение, наличие костной деформации;
- 1 степень — поверхностная язва без вовлечения подкожных структур;
- II степень — язва распространяется на глубжележащие ткани, в ране возможно наличие сухожилий, костей, суставов;
- III степень — абсцессы глубоких тканей, остеомиелит;
- IV степень — гангрена дистальной части стопы, ограниченная гангрена (пальца или части стопы);
- V степень — распространенная гангрена стопы.

Однако многие авторы считают недостатком классификации Wagner отсутствие учета в ней различных вариантов сочетания факторов глубины поражения тканей, наличия инфекции и ишемии. В 2000 г. британские врачи W.J. Jeffcoat, R.M. Macfarlane, K. Treese предложили инновационную на тот момент систему классификации диабетических язв S(AD)SAD, основанную на пяти основных клинических признаках: «size» (область и глубина), «sepsis» (сепсис), «arteriopathy» (артериопатия) и «denervation» (денервация), где каждый из признаков градируется от 0 до 3, используя количественные и качественные критерии [7]. Для удобства клиницистов в 2004 г. было предложено ведение медицинской документации пациентов с хроническими раневыми дефектами по системе MEASURE, включающей в себя ключевые параметры, используемые при оценке и лечении таких ран [8].

Тем не менее, классификация Wagner сохраняет популярность из-за простоты: она построена на оценке глубины язвенного дефекта и описывает степени деструкции тканей. Однако, учитывая многообразие клинически значимых симптомов при СДС, классификация, основанная на одном критерии, затрудняет определение тактики, прогнозирование исходов и не обеспечивает преемственности на этапах оказания медицинской помощи [9]. В связи с этим, в 2014 г. Общество сосудистой хирургии нижних конечностей (англ., The Society for Vascular Surgery Lower Extremity) представили классификацию SVS WIFI [10], 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). По сути это классификация критических состояний нижней конечности или, дословно, классификация типов ишемии, угрожающих нижней конечности. Разработчики учитывали важность применения создаваемой классификации у широкой группы пациентов с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей различной степени тяжести и распространения, включая пациентов с болями «в покое» и трофическими нарушениями на фоне заболеваний артерий нижних конечностей [11]. В то же время, для

классификации SVS WIFI не подходят пациенты с венозными язвами, острой ишемией конечности, а также синдромом микроэмболизации дистального русла («acute trash foot»), повреждениями конечностей, язвами вследствие васкулитов, коллагенозами, болезнью Бюргера, злокачественными новообразованиями, дерматозами и радиационными поражениями [12].

Результаты лечения гнойно-деструктивных осложнений диабетической стопы и по настоящее время не удовлетворяют хирургов, сохраняется большой процент высоких ампутаций, достигающий 30–50% [13]. В настоящее время определены восемь групп риска СДС: 1). Пациенты с дистальной полинейропатией на стадии клинических проявлений; 2). Лица с заболеваниями периферических артерий любого генеза; 3). Больные с деформациями стоп любого генеза; 4). Слепые и слабовидящие; 5). Больные с диабетической нефропатией и хронической болезнью почек С3-5; 6). Одинокие и пожилые пациенты; 7). Лица, злоупотребляющие алкоголем; 8). Курильщики [1]. Существует «правило пятнадцати»: у 15% больных СД возникают язвенно-некротические процессы, из них, в свою очередь, у 15% развивается остеомиелит, из их числа у 15% оказывается необходимой ампутация [14].

В США ежегодно на 1 млн. жителей выполняется 280–300 высоких ампутаций нижних конечностей. В Европе этот показатель составляет 250 операций на млн. жителей, в Японии — 210, а в России — 500 случаев. При этом около 70–80% пациентов сообщают о наличии у них фантомно-болевого синдрома после ампутации, достигающего частоты в 59% через 2 года после операции [15]. В РФ, согласно данным Государственного регистра, высокие ампутации выполняются в среднем у 6 на 1000 больных с СД. Анализ литературы показал, что у 20% больных с критической ишемией нижних конечностей на фоне СДС выполняется первичная ампутация на уровне бедра, а распространенность ишемии среди больных с СД 2-го типа до 4 раз выше, чем в общей популяции [16].

В течение первых 5 лет после высокой ампутации погибает около 80% больных. В структуре по возрасту преобладает категория в возрасте 60–69 лет — 36,9%. СД 1-го типа диагностируется у 5,8% инвалидов, а 2-го типа — у 94,2% пациентов [17]. Летальность пациентов с СД при гангрене стопы составляет 20–30%, частота развития последней варьирует от 7 до 11% [18].

Пациенты, подвергшиеся ампутации конечности, составляют группу риска в отношении потери второй (контралатеральной) конечности [19]. Кроме того, серьезной проблемой являются рецидивы язвенных и гнойно-некротических поражений после первичного хирургического лечения. При рецидивах язвенных и гнойно-некротических поражений высокие ампутации выполняются в 91,7% случаев, а летальность достигает 45% [19].

Выделяют следующие степени тяжести раневой инфекции при СДС [20]:

1. Неинфицированная рана/язва. Нет системных и местных симптомов или признаков инфекции.

2. Легкая инфекция. Инфекционный процесс, вовлекающий лишь кожу и подкожную клетчатку. Присутствуют как минимум 2 из этих признаков:

- Местный отек или уплотнение;
- Эритема вокруг раны >0,5 см;
- Местная болезненность или боль;
- Местное повышение температуры;
- Гнойные выделения.

Нет никаких других причин воспалительной реакции кожи (например, травмы, подагры, острой нейроостеоартропатии Шарко, перелома, тромбоза или венозного стаза).

3. Инфекция средней тяжести.

Обширное воспаление кожи и подкожной клетчатки (без системных проявлений) или вовлечение лежащих глубже структур:

- только кожа или подкожно-жировая клетчатка;
- эритема вокруг раны не >2 см;

Инфекция без системных проявлений и вовлекающая глубокие структуры:

- эритема распространяется >2 см от края раны, и/или;
- поражение тканей глубже кожи и подкожной-жировой клетчатки (вовлечение сухожилий, мышц, суставов и костей с формированием абсцесса, развитием остеомиелита, гнойного артрита, фасциита).

4. Тяжелая инфекция, соответствующая современному пониманию сепсиса (с 2016 г. концепция «Sepsis-3»).

В целях установки диагноза применяют визуальный осмотр кожных покровов с оценкой цвета, деформации, отека, изъязвлений, состояния ногтевых пластинок, пульсации артерий, а также общие клинические исследования, измерение концентрации глюкозы в крови и моче, оценку иммунного статуса и коагулограммы, ЭхоКГ и ЭКГ [14]. Исследуют вибрационную, тактильную и температурную чувствительность, определяют рефлекс ахиллова сухожилия, измеряют лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) рассчитываемый как отношение систолического артериального давления в передней или задней большеберцовой артерии к показателю в плечевой артерии. В норме ЛПИ составляет от 1,0 до 1,5. Снижение этого показателя менее 1,0 указывает на поражение артерии проксимальнее или в месте измерения, повышение индекса до 1,3 свидетельствует о наличии невропатии [14].

Для оценки состояния артериальной системы нижних конечностей выполняют ультразвуковую доплерографию артерий нижних конечностей, дуплексное сканирование с цветным картированием, рентгеноконтрастную ангиографию артерий нижних конечностей. В комплекс диагностики СДС также включены: реолимфовазография с оценкой скорости и объема оттекающей периферической лимфы и крови, импедансометрия, тепловизионное исследование, хронасимметрическая электродиагностика, лазерная доплеровская флоуметрия [21–23].

При проведении ультразвуковой доплерографии артерий нижних конечностей со спектральным

анализом доплеровского сигнала и сегментарным измерением регионарного систолического давления определяют уровень трофических нарушений, степень стеноза, тип кровотока, но при дистальной форме поражения изменения типа кровотока с помощью этой методики не фиксируются [24]. В части случаев показатели регионарной гемодинамики не соответствуют выраженности ишемии и клинической картине. В этом случае создаётся впечатление более тяжёлой недостаточности регионарного кровообращения, чем в действительности, что ведёт к ложноположительным результатам. Дуплексное сканирование позволяет оценить гемодинамику, состояние артериальной стенки (толщину и изменения внутренней поверхности), наличие атеросклеротических бляшек и их гомо- или гетерогенность, даёт представление о состоянии мелких сосудов и коллатеральной сети. Однако метод не всегда позволяет решить проблему топической диагностики, поскольку однотипные изменения могут быть зафиксированы как при воспалительной патологии, не связанной с СДС, так и при кольцевидных эконегативных атеросклеротических бляшках [24].

Метод рентгеноконтрастной ангиографии и дуплексного сканирования с контрастированием не подходит для регулярного контроля состояния сосудистого русла из-за инвазивности, токсичности контрастирующих препаратов, а также лучевой нагрузки на пациента [25].

Реолимфовазография с оценкой скорости и объёма оттекающей периферической лимфы и крови характеризуется значительной величиной погрешности, поскольку на результат влияют объём конечности, степень развития подкожной жировой клетчатки, окружающая температура и психоэмоциональное состояние пациента. Этот метод может быть рекомендован только для определения выраженности ангиоспазма при выполнении функциональных проб [25].

Импедансометрия основана на измерении активной составляющей электропроводности биологических тканей и жидкостей. Обычно исследование выполняют на пяти уровнях: средняя и нижняя треть бедра, верхняя, средняя и нижняя треть голени. Метод быстрый, чётко определяет наличие трофических нарушений, однако позволяет оценить лишь состояние мягких тканей, то есть не может выявить патологический процесс в костной ткани [26].

Тепловизионное исследование позволяет выявить зоны термоасимметрии, характеризуется быстротой и объективностью, однако не даёт возможности точно определить границы трофических нарушений, что важно не только при оценке эффективности лечения, но и при выполнении хирургического пособия и выборе уровня ампутации [22].

Оценку состояния периферической иннервации при СДС позволяют осуществить электромиография и хронаксиметрическая электродиагностика. Первый способ по причине высокой стоимости оборудования,

трудоёмкости и отсутствия избирательности в оценке денервации широко не используют. По мнению многих авторов, предпочтение следует отдавать хронаксиметрической электродиагностике [22], однако необходимо отметить, что данный метод недостаточно изучен. Несмотря на название, измерение хронаксии является лишь одной из возможностей этого метода.

Лазерная доплеровская флоуметрия позволяет оценить уровень макро- и микроциркуляции, даже на доклинических стадиях возникают нарушения капиллярного кровотока: снижаются показатель резерва микроциркуляции и амплитуда вазомоций в разных диапазонах [27]. Метод результативен, объективен, но требует специально обученного персонала, что ограничивает широкое использование лазерной доплеровской флоуметрии в широкой лечебной сети.

При биопсии мягких тканей с гистологическим, гистохимическим, ультраструктурным исследованием возможна оценка латентной (без клинических проявлений) формы СДС, ограничения обусловлены инвазивностью метода [28].

Исследования разных лет доказали, что в основе патогенеза СДС лежит комплекс патологических изменений артериального и микроциркуляторного русла, которые влекут за собой возникновение и прогрессирование трофических язв или других гнойно-деструктивных процессов, отличаются полисегментарным двухсторонним характером поражения периферических сосудов преимущественно ниже коленного сустава [29]. Вероятность успеха в лечении СДС без предварительного восстановления адекватного кровоснабжения в нижних конечностях составляет менее 30%, а лечение таких пациентов при наличии нарушений дистального кровотока в 4,5 раза дороже [30; 31].

Несмотря на достигнутые научные успехи, патогенез микроангиопатии при СДС требует дальнейшего изучения, при этом спектр диагностических возможностей для оценки нарушений кровообращения в микроциркуляторном русле нижних конечностей остаётся ограниченным [32; 33]. Выявление ранних гемодинамических расстройств в капиллярных сосудах поможет в перспективе предотвратить развитие фатальных раневых осложнений и снизить летальность среди диабетических больных в рамках комплексного подхода к их лечению [34].

## Заключение

Устойчивое распространение СД во всем мире ведёт к увеличению частоты специфических осложнений, одним из которых является синдром диабетической стопы. Ранняя инвалидизация, большой процент высоких ампутаций и высокая летальность больных с СДС вследствие окклюзионных поражений периферического капиллярного русла свидетельствуют о необходимости продолжения поиска и разработки новых методов диагностики, профилактики и лечения этого тяжёлого осложнения.

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

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом // Сахарный диабет. —2019. — №22. — С.1-144. [Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AYU, et al. Algorithms for specialized medical care for with diabetes mellitus. *Saharnyj diabet.* 2019; 22: 1-144. (In Russ.)]
2. Галстян Г.Р., Токмакова А.Ю., Егорова Д.Н., Митиш В.А., и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению синдрома диабетической стопы. Раны и раневые инфекции // Журнал им. проф. Б.М. Костюченка. — 2015. — №2. — С.61-83. [Galstyan GR, Tokmakova AYU, Egorova DN, Mitish VA, et al. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of diabetic foot syndrome. *Rany i ranevye infekcii.* Zhurnal im. prof. B.M. Kostjuchonka. 2015; 2: 61-83. (In Russ.)]
3. IDF Diabetes Atlas, 8th ed. Brussels, International Diabetes Federation; 2017: 148.
4. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К. Государственный регистр сахарного диабета в Российской Федерации: статус 2014 г. и перспективы // Сахарный диабет. — 2015. — №18. — С.5-22. [Dedov II, Shestakova MV, Vikulova OK. State Register of Diabetes Mellitus in the Russian Federation: Status of 2014 and Prospects. *Saharnyj diabet.* 2015; 9: 5-22. (In Russ.)]
5. Гурьева И.В. Факторы риска развития синдрома диабетической стопы // Русский медицинский журнал. — 2003. — №6. — С.338. [Gur'yeva IV. Faktory riska razvitiya sindroma diabeticheskoy stopy. *Russkiy meditsinskiy zhurnal.* 2003; 6: 338. (In Russ.)]
6. Wagner FM. A classification and treatment program for diabetic, neuropathic and dysvascular foot problems. In: American Academy of Orthopaedic Surgeons instructional course lectures. St. Louis, Mosby. 1979: 143-65.
7. Treece KA, Macfarlane RM, Pound N, et al. Validation of a system of foot ulcer classification in diabetes mellitus. *Diabet Med.* 2004; 21(9): 987-91. doi: 10.1111/j.1464-5491.2004.01275.x.
8. Keast DH, Bowering CK, Evans AW, et al. MEASURE: A proposed assessment framework for developing best practice recommendations for wound assessment. *Wound Repair Regen.* 2004; 12: 1-17. doi: 10.1111/j.1067-1927.2004.01235.1.
9. Тупикин Р.С., Чибиров С.К., Зебелян А.А., Федорченко А.Н., Порханов В.А. Современная классификация синдрома диабетической стопы SVS WIFI // Инновационная медицина Кубани. — 2018. —10. — С.73-78. [Tupikin RS, Chibirov SK, Zebelyan AA, Fedorchenko AN, Porkhanov VA. Modern classification of diabetic foot syndrome SVS WIFI. *Innovacionnaja medicina Kubani.* 2018; 10: 73-78. (In Russ.)]
10. Zhan LX, Branco BC, Armstrong DG, Mills JL Sr. The Society for Vascular Surgery lower extremity threatened limb classification system based on Wound, Ischemia, and foot Infection (WIFI) correlates with risk of major amputation and time to wound healing. *J Vasc Surg.* 2015; 61(4): 939-44. doi: 10.1016/j.jvs.2014.11.045.
11. Мизин А.Г., Удовиченко О.В., Терехин С.А. Критическая ишемия нижних конечностей и ишемические формы синдрома диабетической стопы. — М., 2017. [Mizin AG, Udovichenko OV, Terekhin SA. Critical ischemia of the lower extremities and ischemic forms of diabetic foot syndrome. Moscow, 2017. (In Russ.)]
12. Prompers L, Huijberts M, Schaper N, et al. Resource utilisation and costs associated with the treatment of diabetic foot ulcers. Prospective data from the Eurodiale Study. *Diabetologia.* 2008; 51: 1826-1834. doi: 10.1007/s00125-008-1089-6.
13. Алиев М.А., Сафаров С.Ю., Магомедов М.С. Результаты использования баллонной ангиопластики при критической ишемии нижних конечностей в комплексном лечении синдрома диабетической стопы. Высокие ампуляции нижних конечностей у детей и взрослых. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. М.: Перо, 2019. — С.9-11. [Aliiev MA, Safarov SYU, Magomedov MS. Results of using balloon angioplasty for critical lower limb ischemia in the complex treatment of diabetic foot syndrome. *Vysokie amputacii nizhnih konechnostej u detej i vzroslyh.* Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M.: Pero, 2019. — С.9-11. (In Russ.)]
14. Плеханов А.Н., Маркевич П.С. Синдром диабетической стопы: современные подходы к диагностике // Клиническая медицина. — 2014. — №92. — С.29-33. [Plekhanov AN, Markevich PS. Diabetic foot syndrome: modern approaches to diagnosis. *Klinicheskaja medicina.* 2014; 92: 29-33. (In Russ.)]
15. Берник Я.К., Кузнецов К.А., Ибрагимова З.В., и др. Терапия габапентином постампуляционного фантомно-болевого синдрома у пациентов с облитерирующим атеросклерозом. Высокие ампуляции нижних конечностей у детей и взрослых. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. М.: Перо, 2019. — С.39-41. [Bernik YaK, Kuznetsov KA, Ibragimova ZV, et al. Gabapentin therapy for post-amputation phantom pain syndrome in patients with obliterating atherosclerosis. *Vysokie amputacii nizhnih konechnostej u detej i vzroslyh.* Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M.: Pero, 2019: 39-41. (In Russ.)]
16. Баулин А.А., Пьянов Н.А., Песков А.В., и др. Ампуляции на уровне бедра при диабете и атеросклерозе. Высокие ампуляции нижних конечностей у детей и взрослых. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. М.: Перо, 2019. — С.30-34. [Baulin AA, Pyanov NA, Peskov AV, et al. Amputation at the hip level in diabetes and atherosclerosis. *Vysokie amputacii nizhnih konechnostej u detej i vzroslyh.* Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M.: Pero, 2019: 30-34. (In Russ.)]
17. Бегма А.Н., Бегма И.В. Оценка различных методов хирургического лечения и оптимальная модель хирургической реабилитации больных и инвалидов с синдромом диабетической стопы // Медико-социальные проблемы инвалидности. — 2012. — №2. — С.51-56. [BegmaAN, Begma IV. Evaluation of various methods of surgical treatment and the optimal model of surgical rehabilitation for patients with disabilities with diabetic foot syndrome. *Mediko-social'nye problemy invalidnosti.* 2012; 2: 51-56. (In Russ.)]
18. Рундо А.И. Современные аспекты этиологии и патогенеза синдрома диабетической стопы // Новости хирургии. — 2015. — №23. — С.97-104. [Rundo AI. Modern aspects of the etiology and pathogenesis of diabetic foot syndrome. *Novosti hirurgii.* 2015; 23: 97-104. (In Russ.)]
19. Кисляков В.А. Синдром диабетической стопы: демографическое, экономическое, социальное, медицинское значение проблемы (обзор литературы) // Справочник врача общей практики. — 2016. — №1. — С.7-9. [Kislyakov VA. Diabetic foot syndrome: demographic, economic, social, medical significance of the problem (literature review). *Spravochnik vracha obshhej praktiki.* 2016; 1: 7-9. (In Russ.)]
20. Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, et al. Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020; 36. doi: 10.1002/dmrr.3266.
21. Ключкин И.В., Фатыхов Р.И. Современные методы диагностики при синдроме диабетической стопы // Казанский медицинский журнал. — 2012. — №93(2). — С.298-301. [Klyushkin IV, Fatykhov RI. Modern diagnostic methods in diabetic foot syndrome // *Kazan medical journal.* 2012; 93(2): 298-301. (In Russ.)] doi: 10.17816/KMJ2313.
22. Boulton AJ, Vileikyte L. The diabetic foot: the scope of the problem. *J. Fam. Pract.* 2000; 49: 3-8.
23. Lipsky BA, Berendt AR, Deery HG, et al. Diagnosis and treatment of diabetic foot infections. *Plastic and reconstructive surgery.* 2006; 117: 212-238. doi: 10.1097/01.prs.000022737.09322.77.
24. Ahmadi ME, Morrison WB, Carrino JA, et al. Neuropathic arthropathy of the foot with and without superimposed osteomyelitis: MR imaging characteristics. *Radiology.* 2006; 238: 622-631. doi: 10.1148/radiol.238-2041393.
25. Prandini N, Lazzeri E, Rossi B, et al. Nuclear medicine imaging of bone infections. *Nucl Med Commun.* 2006; 8: 633-644. doi: 10.1097/000062-31-200608000-00006.
26. Kumar V Radiolabeled white blood cells and direct targeting of microorganisms for infection imaging. *Nuc. Med. Mol. Imaging.* 2005; 49: 325-338.
27. Chantelau E. The fate of the ischemic limb in diabetes: is in neuropathy that makes difference. *VASA: Journal for vascular diseases.* 2001; 58: 15-20. doi: 10.1024/0301-1526.30.S58.15.

28. El Sakka K, Fassiadis N, Gambhir RP, et al. An integrated care pathway to save the critically ischaemic diabetic foot. *Int J Clin Pract.* 2006; 60: 667-669. doi: 10.1111/j.1368-5031.2006.00953.x.
29. Olin JW, Sealov BA Peripheral artery disease: current insight into the disease and its diagnosis and management. *Mayo Clin. Proc.* 2010; 85(7): 678-692. doi: 10.4065/mcp.2010.0133.
30. Калашникова М.Ф., Максимова Н.В., Удовиченко О.В., Сунцов Ю.И. Фармакоэкономические аспекты лечения синдрома диабетической стопы // Сахарный диабет. — 2010. — №2. — С.113-119. [Kalashnikova MF, Maksimova NV, Udovichenko OV, Suntsov YUI. Farmakoeconomicheskiye aspekty lecheniya sindroma diabeticheskoy stopy. *Sakharnyy diabet.* 2010; 2: 113-119. (In Russ.)]
31. International Working Group on the Diabetic Foot. International Consensus on the Diabetic Foot and Practical Guidelines on the Management and the Prevention of the Diabetic Foot, 2007. Available at: [www.iwgdf.org](http://www.iwgdf.org).
32. Есипов А.В., Яменсков В.В., Зиновьев П.А., и др. Система гемостаза и атеросклероз // Госпитальная медицина: наука и практика. — 2022. — №5(2). — С.45-50. doi: 10.34852/GM3CVKG.2022.64.12.009. [Yesipov AV, Yamenskov VV, Zinovyyev PA, et al. Sistema gemostaza i ateroskleroz. *Gospital'naya meditsina: nauka i praktika.* 2022. 5(2): 45-50. (In Russ.)]
33. Выренков Ю.Е., Вторенко В.И., Есипов А.В., и др. Перспективы и возможности прямой эндолимфатической терапии в лечении осложненных форм сахарного диабета // Московский хирургический журнал. — 2015. — №2(42). — С.21-25. [Vyrenkov YUE, Vtorenko VI, Yesipov AV, et al. Perspektivy i vozmozhnosti pryamoy endolimfaticheskoy terapii v lechenii oslozhnennykh form sakharnogo diabeta. *Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal.* 2015; 2(42): 21-25. (In Russ.)]
34. Брюсов П.Г., Лищук А.Н., Потапов В.А Развитие концепции комплексного лечения послеоперационного стерномедиастинита // Клиническая медицина. — 2022. — №100(9-10). — С.439-446. [Bryusov PG, Lishchuk AN, Potapov VA. Development of the concept of complex treatment postoperative sternomediastinitis. *Clinical Medicine.* 2022; 100(9-10): 439-446. (In Russ.)] doi: 10.30629/0023-2149-2022-100-9-10-439-446.