

П.С. Маркевич, С.Ю. Даниленко, А.В. Янкин, А.Н. Плеханов

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Филиал № 3 ФГУ «321 Военный клинический госпиталь Министерства обороны Российской Федерации»  
(Улан-Удэ)

ГУЗ «Республиканская клиническая больница им. Н.Н. Семашко» (Улан-Удэ)  
ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» (Улан-Удэ)

Бурятский филиал ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН  
(Улан-Удэ)

*В статье авторами обобщены данные литературы по диагностике синдрома диабетической стопы. В обзоре отмечено, что в основе диагностики лежит объективный осмотр пациента, а также важны специальные методы исследования сосудистой системы, как инвазивные, так и неинвазивные.*

**Ключевые слова:** диабетическая стопа, диагностика, методы исследования

## THE MODERN DIAGNOSTIC METHODS OF DIABETIC FOOT SYNDROME

P.S. Markevich, S.J. Danilenko, A.V. Yankin, A.N. Plekhanov

Department № 3 of «321st Military Hospital of Ministry of Defense of Russian Federation», Ulan-Ude  
Republican Clinical Hospital named after N.N. Semashko, Ulan-Ude  
Buryat State University, Ulan-Ude

Buryat Branch of Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS, Ulan-Ude

*In this paper the authors summarized the literature data on diagnostics of diabetic foot syndrome. The review noted that the diagnosis should be based on an objective examination of the patient, as well as important special methods of investigation of the vascular system, including both invasive and noninvasive.*

**Key words:** diabetic foot, diagnostics, research methods

Проблема, касающаяся сахарного диабета (СД), рассматривается уже не один десяток лет. В последние годы большое внимание уделяется СД как социальной, экономической проблеме, приводящей к ранней инвалидизации людей трудоспособного возраста, сопровождающейся развитием сосудистых осложнений. Синдром диабетической стопы (СДС) в настоящее время рассматривается как наиболее тяжелое из всех поздних осложнений сахарного диабета. Диабетическая язва стопы, гангрена и ампутация приносят высочайший ущерб здоровью, снижают качество жизни больных и сопровождаются значительными экономическими затратами.

Под синдромом диабетической стопы понимается «инфекция, язва и/или деструкция глубоких тканей, связанная с неврологическими нарушениями и снижением магистрального кровотока в артериях нижних конечностей различной степени тяжести» [8].

### СБОР АНАМНЕЗА И ФИЗИКАЛЬНЫЙ ОСМОТР

Для определения клинической формы СДС и тактики ведения пациента необходимы [2]:

- тщательный сбор анамнеза;
- осмотр ног;
- оценка неврологического статуса;
- оценка состояния артериального кровотока;
- рентгенография стоп;
- бактериологическое исследование отделяемого из раны.

При сборе анамнеза следует обращать внимание на тип сахарного диабета, длительность заболевания, наличие в анамнезе трофических язв, ампутаций, проводимое ранее лечение. Все это имеет важное прогностическое значение в развитии новых поражений стоп. При наличии у пациента болей пораженных стоп. При наличии у пациента болей следует уточнить время их появления (чаще в покое или при ходьбе), характер, способы купирования, расстояние безболевого ходьбы [3]. Так, для нейропатической формы СДС характерны ноющие жгучие боли преимущественно в ночное время. Пациент отмечает онемение, парестезии, судороги в икроножных мышцах, уменьшающиеся или полностью исчезающие при ходьбе. При ишемической форме боли, как правило, развиваются во время физической нагрузки, однако при III и IV стадиях недостаточности артериального кровообращения болевой синдром присутствует и в покое, уменьшаясь при свешивании ног с края постели.

Основным методом выявления поражений стоп, доступным каждому врачу, является осмотр ног, который рекомендуется проводить при каждом посещении. Необходимо обязательно осматривать обе ноги, а не только «больную». Особое внимание уделяется цвету кожи, состоянию ногтей, наличию деформаций (плоскостопие, предшествующие ампутации, стопа Шарко, hallux valgus, клювовидная, молоткообразная деформация пальцев), отеков, гиперкератозов и трещин. Для оценки состояния кровотока следует провести пальпацию периферических артерий (*aa. dorsalis pedis*, *aa. tibialis posterior*, *aa. poplitea*). Следует помнить, что в

подавляющем большинстве случаев образование язвенных дефектов происходит под воздействием внешних травмирующих факторов. Поэтому необходимо осмотреть обувь пациента, оценить соответствие ее полноты и размера стопе больного [1]. В случае наличия грубых деформаций, язв и ампутаций в анамнезе показано обязательное постоянное ношение индивидуальной ортопедической обуви.

### МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ АНГИОПАТИИ

**1. Допплерография и сегментарная доплерометрия** позволяют определить степень ишемических поражений, уровень и протяженность окклюзии, а также оценить состояние коллатерального сосудистого русла. Фиксируемый доплеровский сигнал используется для измерения сегментарного систолического давления и анализа записанной на ленте доплеровской кривой. Большей объективизации измерения способствует вычисление индексов, т.е. относительных показателей. Наиболее часто используется лодыжечно-плечевой индекс (лодыжечный индекс давления) – ЛПИ, рассчитываемый, как отношение артериального систолического давления в передней или задней большеберцовой артерии к этому показателю в плечевой артерии. В норме ЛПИ составляет от 1,0 до 1,5. Снижение этого показателя ниже 1,0 указывает на поражение артерии проксимальнее или в месте измерения, повышение индекса до 1,3 говорит о наличии нейропатии [9, 19]. Более высокие цифры систолического давления и ЛПИ на голени и стопе при сахарном диабете связаны со снижением эластичности берцовых артерий и артерий стоп (за счет склероза Менкеберга), которые противодействуют компрессии сосудов манжетой. В связи с этим измерение ЛПИ у больных СД является менее информативным тестом в оценке степени ишемии конечности, чем в общей популяции. Полученные результаты не всегда отражают клиническую картину заболевания. Иногда значения ЛПИ у больных СД не отличаются от нормальных даже при III – IV степенях ишемии конечности. В данной ситуации информативным оказывается измерение пальцевого систолического давления (ПСД). Средняя оболочка пальцевых артерий обычно остается интактной, что позволяет получить достоверные результаты исследования. В норме ПСД несколько ниже, чем в плечевой артерии, и составляет 60 % или более от ожидаемого систолического давления в артериях голени. Однако не у всех больных СД возможно произвести измерение ПСД из-за трофических изменений дистального отдела стопы [10].

**2. Стандартный тредмил-тест (нагрузочный тест)** проводится в течение не более 5 минут или до появления дискомфорта в области сердца, укорочения дыхания, появления одышки или сильной боли в ногах. Манжетка тонометра для определения давления в артериях голени, наложенная перед обследованием, остается на пациенте в течение всего исследования. Сразу же после окончания стресс-

теста, через 2,5 и 5 минут производится измерение давления в артериях голени [15].

**3. Ультразвуковое дуплексное сканирование.** Преимуществом метода является возможность неинвазивного получения изображения сосуда в реальном масштабе времени с регистрацией доплеровской кривой в выбранном участке сосуда в любой плоскости. Метод позволяет определить диаметр сосуда и толщину его стенок, визуализировать дополнительные эхообразования в просвете, оценить гемодинамические показатели – линейную и объемную скорости кровотока, индексы сопротивления.

Дуплексное сканирование сочетает 2 режима: двумерную серошкальную эхографию – В-режим и один из доплеровских режимов. Исследование артерий нижних конечностей проводится линейным датчиком, работающим в частотном диапазоне от 5 до 10 (15) МГц. Повышение частоты сканирования целесообразно для исследования сосудов дистальных отделов – стопы [16]. Атеросклеротический процесс сопровождается структурными и функциональными изменениями тканей сердца и периферической сосудистой системы. Маркером ранней диагностики доклинической стадии атеросклеротического процесса является толщина комплекса интима-медиа сонных артерий (КИМ). Другим показателем, определяемым при помощи ультразвукового дуплексного сканирования и отражающим ранние стадии атеросклеротического процесса, является Модуль Юнга, который позволяет оценить эластико-тонические свойства артериальной стенки. [5, 18, 24].

**4. Методы стимуляции мускариновых рецепторов эндотелия:**

- химическая стимуляция мускариновых рецепторов эндотелия ацетилхолином, который вводится в артерию и вызывает эндотелий-независимую вазодилатацию (ЭНЗВД), измеряемую с помощью веноокклюзионной плетизмографии (ВОП) [25].

- механическая стимуляция эндотелия повышенным кровотоком, которая оценивается по изменению диаметра артерии (чаще плечевой артерии) с помощью ультразвука высокого разрешения.

**5. Транскутанная оксиметрия (Тс рО<sub>2</sub>)** относится к методам оценки микрогемодинамики. Транскутанное измерение напряжения кислорода позволяет оценить функциональное состояние сосудистой системы, т.е. наличие адекватного коллатерального кровотока, определить степень ишемии тканей, сделать правильный выбор между консервативным и оперативным методом лечения. Определение транскутанного напряжения О<sub>2</sub> позволяет оценить тяжесть нарушений кровотока, уровень ниже 20 мм рт. ст. характерен для критической ишемии.

Необходимо особо отметить, что клинически значимым, требующим активной тактики ведения является сужение просвета артерии более чем на 60 %. По данным Международной рабочей группы по диабетической стопе, среди всех пациентов с

СД частота клинически значимого атеросклероза составляет 10–20 %. Зная степень насыщения кислородом, можно прогнозировать возможность заживления язвенного дефекта [10]. Точность проводимого теста зависит от комплекса системных (фракционная концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе, состояние легочной системы, уровень гемоглобина крови и сердечный выброс) и местных (толщина кожи, архитектура капиллярного русла и наличие или отсутствие воспаления и отека) факторов.

**6. Рентгеноконтрастное ангиографическое исследование.** С его помощью возможно точно определить локализацию, протяженность, степень и характер стеноза, множественность окклюзионных поражений магистральных артерий нижних конечностей, оценить состояние коллатерального русла, прогнозировать характер и объем реконструктивной операции, а также осуществлять контроль за эффективностью лечения и хирургического вмешательства. Также в последнее время получает распространение магнитно-резонансная ангиография, которая обладает высокой разрешающей способностью [9, 25].

Широко использовавшийся ранее метод реовазографии в настоящее время признан малоинформативным, и проведение этого исследования у больных сахарным диабетом нецелесообразно.

**7. Измерение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ),** который находится через отношение АДсист (артерия голени) к АДсист (плечевая артерия) [21]. Значения ЛПИ в норме колеблются от 0,9 до 1,1. Значения ЛПИ ниже 0,6 свидетельствуют о критической ишемии конечности. Следует помнить, что в связи с наличием у многих больных артериосклероза Менкеберга, артерии имеют ригидную стенку, АД искажается, что приводит к завышению ЛПИ и его недостоверности.

**8. Радионуклидная диагностика** позволяет оценивать состояние кровотока в сосудах крупного и среднего калибра, артериолах и капиллярах стоп, голеней, а также выявлять нарушения венозного оттока [12]. Указанный метод основан на регистрации в динамике уровней радиоактивности в сосудах стоп, голеней и коленных суставов.

**9. Чрескожная полярография** позволяет исследовать микрогемодициркуляцию и кислородный режим тканей при облитерирующих заболеваниях сосудов, в том числе и при диабетической ангиопатии нижних конечностей, и проводить объективную оценку эффективности лечебных мероприятий. Метод является безвредным для пациента и может применяться многократно. В настоящее время используются мониторы с модифицированным электродом типа «Кларк» со специальным нагревательным устройством для длительного определения  $pO_2$ . Локальная реактивная гиперемия, создаваемая с помощью тепла, вызывает местное усиление кровообращения и диффузию газов через мембрану электрода. Дальнейший процесс основан на явлении электрохимического восстановления свободного кислорода на

платиновом катоде кожного датчика, в результате чего возникает электрический ток, регистрируемый дисплеем прибора [22]. Несмотря на то, что неинвазивная оксиметрия не позволяет получить количественной оценки кровотока, доказана высокая степень корреляции значений напряжения кислорода с состоянием кровотока в коже.

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ

1. Для пациента с сахарным диабетом наиболее важным является сохранность «защитных» видов чувствительности, поэтому в комплекс обследований входит оценка трех ее основных видов — **вибрационной, температурной, тактильной, а также исследование сухожильных рефлексов.** Для получения интегральной оценки выраженности нейропатии можно использовать шкалу нейропатического дисфункционального счета (NDS).

Для диабетической нейропатии характерно снижение чувствительности в первую очередь в дистальных участках нижних конечностей. При проведении исследования специалист должен ориентироваться на возрастные нормы, поскольку порог чувствительности с возрастом снижается.

Ослабление или отсутствие ахилловых и коленных рефлексов наблюдается у 70 % больных СД с диабетической нейропатией [8, 20]. Ахиллов рефлекс нарушается чаще, чем коленный. Эти рефлексы имеют наибольшее прогностическое значение для развития язвенно-некротического поражения стоп, поэтому необходимо проводить количественную оценку неврологических нарушений на этом уровне.

2. «Золотым стандартом» оценки функции периферической нервной системы является **электронейромиография**, которая позволяет определить скорость проведения импульса по нервному волокну. Такой метод диагностики особенно важен для выявления бессимптомной нейропатии.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КОСТНЫХ СТРУКТУР

**1. Рентгенография костей стоп и голеней.** Рентгенологические признаки при диабетической остеоартропатии (ДОАП) описаны как симптомы пяти «Д»: **joint distension** (растяжение сустава), **dislocation** (вывих), **debris** (отломки), **disorganization** (разрушение с потерей функции), **increased density** (увеличение плотности [11, 23]). К сожалению, рентгенологический метод дает положительные результаты только при потере костного вещества более 20–40 %, а значит, малоэффективен на ранних стадиях развития ДОАП.

Более глубокую оценку степени поражения костной ткани при сахарном диабете позволяет дать рентгеновская морфометрия, денситометрия и фотонная абсорбциометрия. Наиболее полную информацию о состоянии костной ткани дает метод рентгеновской компьютерной томографии и остеосцинтиграфия.

2. МРТ позволяет четко дифференцировать воспалительные заболевания костной ткани (остеомиелит) от ДАОП [2, 4] (понижение сигнала от кости, несмотря на сохраненную пульсовую последовательность).

### 3. Сцинтиграфия скелета с введением Tc99m.

Сцинтиграфию костей стопы и коленных суставов осуществляли после внутривенного введения Tc99m Tc-метилendisфосфоната согласно разработанному нами способу диагностики воспалительных процессов костей стопы и коленных суставов [13, 17]. Критериями оценки данных остеосцинтиграфии были: площадь, суммарная активность очага воспаления, а также коэффициент асимметрии активности левой конечности по отношению к правой. У больных СД с наличием ОАП стоп и коленных суставов установлено значительное повышение средней и суммарной активности, выраженное повышение процента асимметрии суммарной активности, что свидетельствует о наличии воспалительного процесса костных структур [3, 11].

### БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАНЕВОГО ОТДЕЛЯЕМОГО

Посев отделяемого из раны имеет первостепенное значение при подборе адекватной антибактериальной терапии. Известно, что назначение препарата «вслепую» эффективно только в 50 % случаев. При оценке микробной контаминации критическим уровнем принято считать значение  $10^5 - 10^6$  микробных тел на 1 г ткани. Выявлены особенности микробного пейзажа при различных формах СДС. Так, при нейропатической форме наиболее часто выделяется золотистый стафилококк, в 73 % случаев нередко микробные ассоциации с *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*. В случае недостаточности артериального кровообращения чаще встречается грамотрицательная флора (52 %) — энтеробактерии, протей, синегнойная и кишечная палочки [7, 17].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аронов Д.М. Лечение и профилактика атеросклероза. — М.: Триада Х, 2000. — 412 с.
2. Балаболкин М.И. Диабетология. — М.: Медицина, 2000. — 672 с.
3. Бреговский В.Б., Зайцев А.А., Залевская А.Г., Карпов О.И. и др. Поражение нижних конечностей при сахарном диабете. — СПб.: Диля, 2004. — 272 с.
4. Дедов И.И., Анциферов М.Б., Галстян Г.Р., Токмакова А.Ю. Синдром диабетической стопы. Клиника, диагностика, лечение и профилактика. — М.: Универсум Паблишинг, 1998. — 138 с.
5. Дедов И.И., Удовиченко О.В., Галстян Г.Р. Диабетическая стопа. — М.: Практическая медицина, 2005. — 197 с.
6. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет. — М.: Универсум Паблишинг, 2003. — 455 с.
7. Славнов В.Н., Савицкий С.Ю. Радионуклидные методы в диагностике осложнений сахарного диабета // Артериальная гипертензия. — 2009. — № 2 (4). — С. 14 — 26.
8. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Gooch V.M. et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk atherosclerosis // *Lancet*. — 1992. — Vol. 340. — P. 1111 — 1115.
9. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Spiegelhalter D.J. et al. Aging is associated with endothelial dysfunction in healthy men years before the age-related decline in women // *J. Amer. Coll. Cardiology*. — 1994. — Vol. 24. — P. 471 — 476.
10. Colwell J.A. Aspirin therapy in diabetes [position statement] // *Diabetes Care*. — 1997. — Vol. 20. — P. 1772 — 1773.
11. Corretti M.C., Anderson T.J., Benjamin E.J., Celermajer D. et al. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilatation of the brachial artery. A Report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force // *J. Am. Coll. Card.* — 2002. — Vol. 39. — P. 257 — 265.
12. Folsom A.R., Eckfeldt J.H., Weitzman S. et al. Relation of carotid artery wall thickness to diabetes mellitus, fasting glucose and insulin, body size, and physical activity // *Stroke*. — 1994. — Vol. 25. — P. 66 — 73.
13. Graziani L., Pacilli P. Extensive use of the angioplasty revascularization techniques in the treatment of ischemic foot ulcers: a multicentric study // *Materials of the 2nd EASD Diabetic Foot Study Group Meeting* (Crieff, Great Britain, Sept 2001). — Great Britain, 2001. — P. 124 — 132.
14. Hatsukami T.S., Primozech S.F., Zierler R.E. Color Doppler imaging of infrainguinal arterial occlusive disease // *J. Vasc. Surg.* — 1992. — Vol. 16. — P. 51 — 56.
15. Hauser C.J., Klein S.R., Hehringer C.M. et al. Superiority of transcutaneous oximetry in noninvasive vascular diagnosis in patients with diabetes // *Arch. Surg.* — 1984. — Vol. 690. — P. 214 — 226.
16. Hertzner N.R., Beven E.G., Young J.R. et al. Coronary artery disease in peripheral vascular patients: a classification of 1000 coronary angiograms and results of surgical management // *Ann Surg.* — 1984. — Vol. 199. — P. 223 — 233.
17. Jude E.B., Oyibo S.O., Chalmers N., Boulton A.J.M. Peripheral arterial disease in diabetic and nondiabetic patients // *Diabetes Care*. — 2001. — Vol. 24. — P. 1433 — 1437.
18. Kannel C.W. et al. Fibrinogen and risk of cardiovascular disease: The Framingham Study // *JAMA*. — 1997. — Vol. 258. — P. 1183 — 1186.
19. Levin and O'Neal's. The diabetic foot. 6<sup>th</sup> edition / ed. by J.H. Bowker, M.A. Pfeifer. — 2001. — P. 48 — 56.
20. Loosemore T.M., Chamers T.C., Domandy J.A. A meta-analysis of randomized placebo control trials in Fontaine stages III and IV peripheral occlusive arterial disease // *Int. Angiol.* — 1994. — Vol. 13. — P. 133 — 142.
21. Mogensen C.E., Christensen C.K., Vittinghus E. The stages of diabetes renal disease with emphasis on stage of incipient diabetic nephropathy // *Diabetes*. — 1983. — Vol. 32, Suppl. 2. — P. 64 — 69.
22. Mogensen C.E. Microalbuminuria and kidney function: notes on methods interpretation and clas-

sification // Methods in diabetes research. — New York: John Wiley and Sons, 1986. — Vol. 2: Clinical methods. — P. 611—631.

23. Storey A.M., Perry C.J., Petrie J.R. Endothelial dysfunction in type 2 diabetes // Br. J Diabetes and Vascular dis. — 2001. — Vol. 1, Issue 1. — P. 22—27.

24. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASK). Management of peripheral arterial disease // J. Vasc. Surg. — 2000. — Vol. 1 (suppl. 1), N 296. — P. 32—44.

25. Vascular Surgery / ed. R.B. Rutherford. — Philadelphia: W.B. Saunders, 1995. — Vol. 1—2. — 2033 p.

**Сведения об авторах**

**Маркевич Павел Сергеевич** – капитан медицинской службы, начальник хирургического отделения филиала № 3 ФГУ «321 ВКГ» МО РФ (670040, г. Улан-Удэ, ул. Жукова, 55; тел: +7-924-653-99-45)

**Даниленко Сергей Викторович** – ординатор отделения рентген-хирургии ГУЗ «Республиканская клиническая больница имени Н.Н. Семашко» (670042, г. Улан-Удэ, ул. Жердева, 40; тел: +7-950-388-54-10)

**Янкин Алексей Владимирович** – майор медицинской службы, начальник медицинской части филиала № 3 ФГУ «321 ВКГ» МО РФ (670040, г. Улан-Удэ, ул. Жукова, 55; тел: +7-983-530-37-01)

**Плеханов Александр Николаевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой факультетской хирургии медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» (670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а; тел.: 28-35-03, 23-23-60; e-mail: plehanov.a@mail.ru)