ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ В ВЫЯВЛЕНИИ СОЧЕТАННОЙ ПАТОЛОГИИ АРТЕРИАЛЬНОГО И ВЕНОЗНОГО ЗВЕНА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У БОЛЬНЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

Зубарев А.Р., Кривошеева Н.В.

ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. Обособленное структурное подразделение ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России «Российский геронтологический научно-клинический центр».
г. Москва, Россия.

Цель исследования. Выявить частоту встречаемости сочетанной артериальной и венозной патологии у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Определить возможности новых режимов ультразвукового обследования – количественной оценки акустической структуры – ASQ (Acoustic Structure Quantification), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI (Superb Microvascular Imaging), в обследовании пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Материалы и методы. В исследование был включен 31 пациент в возрасте от 65 до 86 лет с признаками одностороннего или двухстороннего гемодинамически значимого стенозирования артерий нижних конечностей. Мужчин было 13 (41,9%), женщин – 18 (58,1%) Всем пациентам проведено полное клиническое обследование, выполнено ультразвуковое обследование артериального и венозного русла нижних конечностей на ультразвуковом приборе Aplio™ 500 компании Toshiba.

Результаты. Включение в алгоритм обследования пациентов с сахарным диабетом 2 типа новых режимов ультразвукового обследования – количественной оценки акустической структуры – ASQ (Acoustic Structure Quantification), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI (Superb Microvascular Imaging) позволит сформировать комплексный алгоритм оценки всего сосудистого русла нижних конечностей, что обеспечит дифференцированный подход к профилактике и лечению синдрома диабетической стопы у пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Выводы. При обследовании пациентов старшей возрастной группы с сахарным диабетом 2 типа необходимо включать в алгоритм ультразвукового обследования новые режимы исследования – количественной оценки акустической структуры – ASQ (Acoustic Structure Quantification), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI (Superb Microvascular Imaging) для достоверной оценки состояния артериального и венозного русла нижней конечности. Полученные данные позволяют врачу-клиницисту сформировать обоснованную тактику ведения больного с синдромом диабетической стопы с учетом выявленной сочетанной патологии сосудов нижней конечности.

Ключевые слова: сахарный диабет, артерии и вены нижних конечностей, атеросклеротическая бляшка, тромботические массы.

Контактный автор: Зубарев А.Р. a.zubarev@mail.ru

Для цитирования: Зубарев А.Р., Кривошеева Н.В. Применение новых режимов ультразвукового обследования в выявлении сочетанной патологии артериального и венозного звена нижних конечностей у больных с сахарным диабетом 2 типа. REJR. 2016; 6 (4):86-98. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-4-86-98.

Статья получена: 12.10.2016 **Статья принята: 26.10.2016**

NEW ULTRASOUND MODES USAGE IN THE DETECTION OF COMPLEX PATHOLOGY OF ARTERIAL AND VENOUS LEVELS OF LOWER EXTREMITIES AMONG PATIENTS WITH DIABETES TYPE 2

Zubarev A.R., Krivosheeva N.V.

N.I. Pirogov Russian National Research Medical University. Moscow, Russia.

Purpose. To identify the co-incidence of arterial and venous disease among patients with diabetes type 2. To identify opportunities for new modes of ultrasound testing – quantitate evaluation of acoustic structure - ASQ (Acoustic Structure Quantification), microvascular mapping with high spatial and temporal resolution of SMI (Superb Microvascular Imaging) in an examination among patients with diabetes type 2.

Materials and methods. The study included 31 patients aged from 65 to 86 years with symptoms of unilateral or bilateral hemodynamically significant stenosis of the lower extremities arteries. There were 13 men (41.9%), women - 18 (58.1%). Complete clinical examination was performed to all patients, including ultrasound examination of the arterial and venous lower limbs using ultrasound device Aplio ™ 500 by Toshiba.

Results. The inclusion of new ultrasound modes in the examination algorithm in patients with diabetes type 2 – the quantitate evaluation of acoustic structure - ASQ (Acoustic Structure Quantification), microvascular mapping with high spatial and temporal SMI resolution (Superb Microvascular Imaging), will form a complex algorithm for the evaluation of lower limbs vasculature, that will provide a differentiated approach for the prevention and treatment of diabetic foot syndrome among patients with diabetes type 2.

Conclusions. During the examination of older patients with diabetes type 2 it is necessary to include the new modes of examination in the algorithm of ultrasound examination - quantitate evaluation of acoustic structure -ASQ structure (Acoustic Structure Quantification), microvascular mapping with high spatial and temporal resolution of SMI (Superb Microvascular Imaging) for a reliable assessment of lower limb arterial and venous bed status. The data obtained allows the clinician to form a reasonable tactic for patient management with diabetic foot syndrome based on identified complex pathology of the lower limb vessels.

Keywords: diabetes, arteries and veins of the lower extremities, atherosclerotic plaque, thrombotic mass.

Corresponding author: Zubarev A. R., a.zubarev@mail.ru

For citation: Zubarev A.R., Krivosheeva N.V., New ultrasound modesusage in the detection of complex pathology of arterial and venous levels of lower extremities among patients with diabetes type 2. *REJR. 2016; 6 (4):86-98. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-4-86-98.*

Received: 12.10.2016 **Accepted: 26.10.2016**

Частота облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей увеличивается с возрастом и составляет 2,5% у лиц от 40 до 59 лет и 18,8% у лиц старше 70 лет. У половины всех больных старше 55 лет заболевание протекает асимптомно, из пациентов с клиническими проявлениями 40% страдает перемежающейся хромотой, у 10% отмечается критическая ишемия нижних конечностей [1, 2, 3].

По данным Kannel W. (1994) критическая ишемия нижних конечностей прогрессирует до стадии гангрены у 40% пациентов с сопутствующим сахарным диабетом (СД) 2 типа и только у 9% пациентов без СД. Такое преобладание неблагоприятных исходов, в большей степени объясняется дистальным атеросклеротическим поражением артериального русла при СД 2 типа, с поражением артерий голени и стоп. В свою очередь это препятствует развитию коллатеральных путей и значительно ограничивает применение хирургического лечения [4].

Сочетание микро- и макроангиопатии, а также нейропатии у больных СД существенно затрудняет также выявление «боли покоя», характерной для критической ишемии и гангрены. Особенно это сложно при наличии трофических язв, когда постоянные боли в них маскируют другие проявления артериальной недостаточности. Вполне возможна также ситуация, когда тяжелые трофические расстройства в пальцах пораженной конечности, вплоть до их

гангрены, то есть стадии 4 по Фонтейну-Покровскому не сопровождаются явными признаками боли покоя. Более того, боль в области язвы при опускании пораженной нижней конечности может даже усиливаться [5].

При СД 2 типа, на фоне метаболических нарушений, наблюдаются тенденция к гиперкоагуляции и нарушению фибринолиза [6]. Понятно, что все эти процессы не могут протекать не вызывая ответную реакцию организма, тем самым провоцируя развитие тяжелых тромботических осложнений.

Таким образом, развитие синдрома диабетической стопы (СДС) – серьезная социальная и экономическая проблема, связанная со значительными затратами на лечение вследствие длительной госпитализации и реабилитации, дополнительными расходами, связанными с домашним уходом и социальным обслуживанием [7]. Именно поэтому так актуальна ранняя диагностика и профилактические мероприятия.

В связи с маскирующим влиянием нейропатии, которая развивается у пациентов с сахарным диабетом, особенно важное значение приобретают инструментальные исследования периферической гемодинамики. Для исследования сосудистой системы в настоящее время используется комплекс диагностических методик, включающий ультразвуковые, радиоизотопные, рентгеноконтрастные методики, а также магнитно-резонансную и компьютерную томографию [8].

На сегодняшний день, преимущественно, используется ультразвуковое исследование. Современные ультразвуковые сканеры имеют возможность проводить исследование с использованием новых режимов обследования, таких как количественной оценки акустической структуры – ASQ (Acoustic Structure Quantification), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI (Superb Microvascular Imaging). Высокую оценку информативности режима SMI мы нашли в зарубежных источниках. Так имеются результаты исследования васкуляризации образования печени, оценки характера васкуляризации при тендинитах и лигаментитах в ортопедической практике, исследования объемных образований молочных желез [9, 10, 11]. Работ по применению режима ASQ и SMI в ангиологической практике мы не встретили, что и послужило стимулом к выполнению нашего исследования.

Цель исследования.

Выявить частоту встречаемости сочетанной артериальной и венозной патологии у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Определить возможности новых режимов ультразвукового обследования – количественной оценки акустической структуры ASQ (Acoustic Structure Quantification), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI (Superb Microvascular Imaging), в обследовании пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Материалы и методы.

В исследование включено 31 пациента в возрасте от 65 до 86 лет. Мужчин было 13 (41,9%), женщин – 18 (58,1%) Всем пациентам проведено полное клиническое обследование, выполнено ультразвуковое обследование артериального и венозного русла нижних конечностей на ультразвуковом приборе Aplio™ 500 компании Toshiba.

Исследование артериального и венозного русла проводилось по установленному алгоритму в 2 этапа:

1. Проведение стандартного ультразвукового обследования, которое включало исследование сосудистого пучка в В-режиме и режиме цветного дуплексного сканирования или энергетического картирования:

а) При осмотре артериального звена оценивалось: состояние ТИМ, наличие и характер атеросклеротических бляшек (АСБ), их гемодинамическая значимость.

б) При оценке состояния венозной системы в объем исследования включалось исследование поверхностной и глубокой венозных систем с оценкой состояния стенок вен, их проходимости, состояние просвета.

2. Применение новых диагностических режимов – количественной оценки акустической структуры-ASQ, картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением SMI.

ASQ-методика математической обработки амплитуд всех эхосигналов и, как результат, оценка степени неоднородности исследуемой ткани.

Режим SMI позволяет визуализировать рисунок сосудистой сети при максимальной резкости контуров сосудов, без признаков перерыва в сосудистом рисунке, поэтому мы вправе рассчитывать, что полученная при применении данной технологии информация позволит хоть и косвенно, но с большей степенью вероятности, т.к. наиболее приближена по анатомическим ориентирам к уровню микроциркуляции, оценить состояние микроциркуляторного русла, что до сегодняшнего дня не представлялось возможным, используя данные ультразвукового исследования без дополнительного контрастирования [12].

Результаты исследования.

Исследование артерий нижних конечностей традиционно, как и при исследовании брахиоцефальных артерий, начинали с определения толщины комплекса интима-медиа (КИМ). Стандартной зоной определения толщи-

Таблица №1. Характер поражения артериального русла нижних конечностей.

Показатели / Сегменты	Изменение КИМ, мелкие АСБ (до 20%)	АСБ до 50%	АСБ более 50%	Окклюзия сосуда
Бедренно-подколенный сегмент	24(38,7%)	18(29,0%)	16(12,9%)	12(19,4%)
Сегмент голени	11(17,7%)	7(11,3%)	25(40,3%)	19(30,6%)
Сегмент стопы	4(6,5%)	6(9,7%)	28(45,1%)	24(38,7%)

ны КИМ является область задней стенки общей бедренной артерии. В неизмененной артерии толщина КИМ не должна превышать 1,2 мм.

При визуализации в просвете исследуемой артерии атеросклеротической бляшки оценивались ее контуры, структура и процент стенозирования просвета артерии.

Результаты проведенного нами обследования с оценкой характера поражения артерий нижних конечностей по всем сегментам каждой конечности отдельно представлены в таблице 1.

При анализе данных таблицы отмечается атеросклеротическое поражение артерий нижних конечностей в виде преобладания гемодинамически незначимого поражения бедренно-подколенного сегмента (изменение только КИМ или наличие мелких АСБ) – 38,7% и в виде наличия гемодинамически незначимого стенозирования просвета артерий (АСБ 20-50%) – 29,0%. Таким образом, общий процент гемодинамически незначимого поражения бедренно-подколенного сегмента у данной группы пациентов составляет 67,7%, а гемодинамически значимое поражение составляет соответственно 32,3%. При оценке состояния сегмента голени и сегмента стопы выявлены другие закономерности. При оценке сегмента голени гемодинамически незначимое поражение выявлено в 29,0% случаев, а гемодинамически значимое стенозирование, включая окклюзию сосуда, отмечалась в 70,9% случаев. При оценке состояния кровоснабжения стопы гемодинамически незначимое поражение регистрировалось у 16,2% больных, а гемодинамически значимое поражение 83,8%. Учитывая параметры таблицы, можно утверждать, что у пациентов с сахарным диабетом 2 типа с нейроишемическим вариантом развития СДС преобладает поражение дистальных отделов конечности (сегмент голени и сегмент стопы).

Параллельно оценивали состояние венозного русла нижних конечностей.

Сводные данные с оценкой характера поражения вен нижних конечностей по всем сегментам каждой конечности отдельно представлены в таблице 2.

Таблица №2. Характер поражения венозного русла нижних конечностей.

Выявленные изменения / Сегменты	Варикозная болезнь без тромб. осложнений (БПВ, МПВ)	Варикозная болезнь с тромб. осложнениями	Тромб. изменения глубоких вен (ОБВ, ПБВ, ПКВ, ЗББВ)	Тромб. изменения поверхностных вен (БПВ, МПВ)	Тромб. изменения суральных вен
Бедренно-подколенный сегмент	12(38,7%)	1(3,2%)	5(16,1%)	4(12,9%)	-
Сегмент голени ЗББВ, БПВ	3(9,7%)	4(12,9%)	3(9,7%)	11(35,5%)	-
Сегмент голени (МПВ, суральные вены)	1(3,2%)	2(65%)	-	6(19,4%)	13(41,9%)

Таким образом, признаки варикозной болезни по типу стволовой варикозной трансформации с системе БПВ были выявлены у 12 (38,7%) пациентов, признаков сегментарной (на голени) варикозной трансформации с системе БПВ у 3 (9,7%) и варикозной трансформации с системе МПВ у 1 (3,2%) пациентов.

Так при обследовании пациентов были выявлены определенные эхографические закономерности: при поражении бедренно-подколенного сегмента и при поражении тибиального сегментов.

Так при оценке состояния бедренного сегмента чаще встречалось гемодинамически значимое одностороннее поражение, но в 2 случаях (6,5%) было зарегистрировано двухстороннее окклюзионное поражение бедренно-подколенного сегмента нижней конечности. В одной из ситуации у пациента отмечалось клинические признаки ишемии конечности и сочетанной хронической венозной недостаточности. Поступил в клинику с жалобами на асимметричный отек левой ноги, нарастающий в течение 6 месяцев. Длительное время страдает варикозной болезнью, отеки и пигментация проявились значительно раньше, но в последний месяц стал отмечать резкое изменение цвета кожных покровов левой ноги.

При ультразвуковом исследовании бедренно-подколенного сегмента были выявлены окклюзии поверхностной бедренной артерии (ПБА) от устья с обеих сторон. Кровоток восстанавливался в просвете проксимального отдела подколенной артерии (ПКА) с обеих сторон из мышечных коллатералей системы глубокой бедренной артерии (ГБА). На рисунке 1 (а) просвет ПБА в режиме ЦДК не окрашивается, в отличие от свободного просвета поверхностной бедренной вены (ПБВ). В режиме SMI (рис. 1 б) также кровоток регистрируется только в ПБВ, просвет ПБА анэхогенен.

При исследовании задних большеберцовых артерий (ЗББА) отмечались выраженные проявления склероза Менкеберга. На (рис. 2 а) данные изменения регистрированы также в стенках суральной артерии, что встречается значительно реже, чем в ЗББА. При исследовании в режиме ASQ еще более четко прослеживается изменение контуров и структуры артериальной стенки с обеих сторон, они окрашены практически полностью в интенсивно красный цвет, что подтверждает высокую плотность исследуемых структур вследствие тяжелого поражения.

В спектральном режиме в просвете ЗББА с обеих сторон регистрируется коллатеральный тип кровотока, однако слева кровоток не имеет диастолической составляющей, что определяется более тяжелым поражением левой нижней конечности, за счет более выраженного многофокусного поражения.

В режиме SMI в просвете ЗББА с обеих сторон равномерно контрастируется поток крови. Однако интенсивность по степени окрашивания просвета различна, справа интенсивность окрашивания потока заметно выше, что соответствует данным спектрального допплеровского режима сканирования.

При дальнейшем исследовании сосудов голени обращало на себя внимание изменения со стороны венозного звена дистального сосудистого русла левой нижней конечности. На рисунке 3 визуализирован в поперечном сечении сосудистый пучок, однако в режиме SMI просвет контрастировался только ЗББА, просвет вен не кодировался (рис. 3 а). При выведении

Рис. 1, а. (Fig. 1, a).

Рис. 1, б. (Fig. 1, b).

Рис. 1. УЗИ.

Просвет ПБВ и окклюзированной ПБА, продольное сканирование: а - режим ЦДК, б - режим SMI

Fig. 1. Ultrasound.

The lumen of the SFV and occlusional SFA longitudinal scan: a - CDI, b - SMI mode.

Рис. 2, а. (Fig. 2, a).

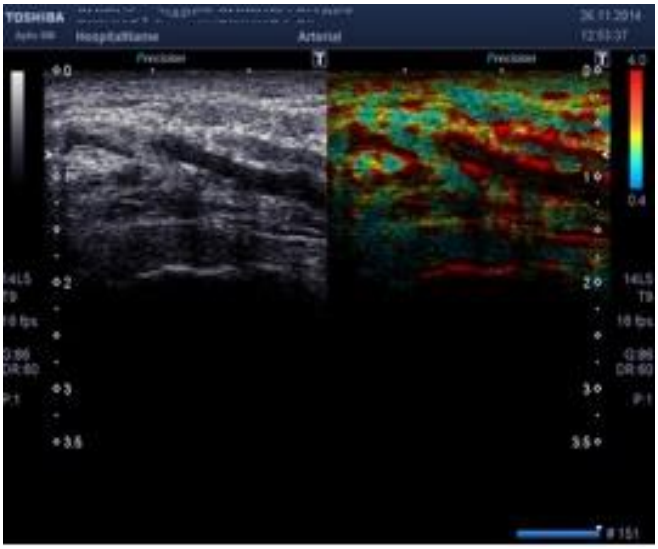

Рис. 2, б. (Fig. 2, b).

Рис. 2. УЗИ.

Просвет суральной артерии, признаки склероза Менкеберга, продольное сканирование: а - В-режим, б - В-режим и режим ASQ.

Fig. 2. Ultrasound.

The lumen of the sural artery, the signs of Menckeberg sclerosis, longitudinal scan: a - B-mode, b - B-mode and ASQ.

Рис. 3, а. (Fig. 3, a).

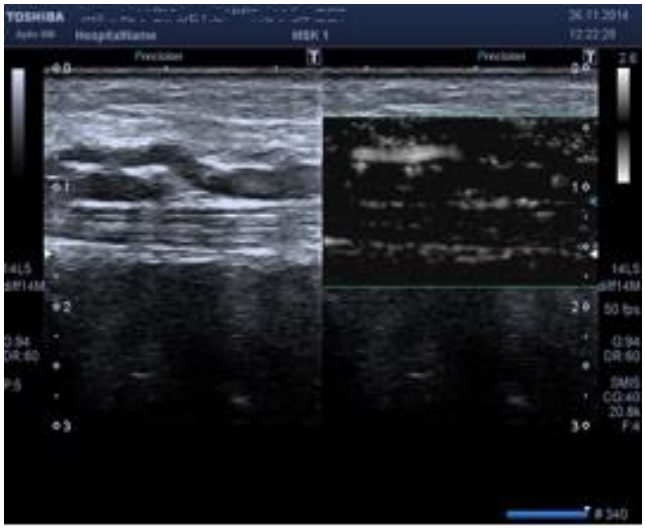

Рис. 3, б. (Fig. 3, b).

Рис. 3. УЗИ.

Контрастирование просвета ЗББА в режиме SMI и отсутствие должного контрастирования ЗББВ В-режим и режим SMI: а - поперечное сканирование, б - продольное сканирование.

Fig. 3. Ultrasound.

Opacification of the lumen PTA in SMI mode and the lack of contrast in PTV using B-mode and SMI: a - transverse scan, b - longitudinal scan.

вен в продольном сканировании в одной из вен регистрировались единичные пристеночно расположенные сосудистые сигналы, а остальной просвет вен был анэхогенен, что соответствует наличию тромботических масс в просвете вен, а единичные сосудистые локусы следует расценивать как признаки начальной реканализации просвета вены (рис. 3 б). При поперечном положении датчика вокруг сканированного сосудистого пучка определяются множественные практически радиально отходящие мелкие полнокровные мышечные венозные ветви – развивающиеся венозные коллатерали, которые регистрируются только при использовании режима SMI (рис. 3 а).

При осмотре подкожной венозной системы в просвете основного ствола и отдельных притоков БПВ слева пристеночно лоцировались гетерогенные тромботические массы с признаками частичной реканализации.

Далее, в свете всего перечисленного, необходимо оценить состояние венозного русла стопы. К сожалению, учитывая малый диаметр и низкую скорость кровотока в режиме ЦДК это сделать затруднительно, но технология SMI позволяет увидеть больше. В режиме SMI отчетливо определяется достоверная разница в структуре и интенсивности развития сосудистого русла в области плантарной поверхности стопы (рис. 4).

Слева регистрируется более выраженное усиление плотности сосудистых сигналов на стопе, что обусловлено более тяжелыми проявлениями, как в артериальном, так и венозном звеньях сосудистой системы конечности, вследствие венозного полнокровия, обусловленного как стенозированием артериального русла, так и тромботическими изменениями в поверхностной и глубокой венозной системе. Это связано с тем, что у пациентов СД имеет место также патологическое перераспределение кровотока между капиллярами кожи пальцев стоп и залегающими более глубоко субпапиллярными сосудами, что наиболее выражено при поздних диабетических осложнениях. Данные изменения были подтверждены Creutzig (1991), который подтвердил эти данные проведением теста с реактивной гиперемией, в результате которого было отмечено снижение скорости перемещения форменных элементов крови при отсутствии изменений показателей лазерной допплеровской флоуметрии. Эта «капиллярная ишемия», по его мнению, может играть важную роль в развитии трофических нарушений в стопах.

Одновременно с усилением притока крови к капиллярам при СД может иметь место и усиление микрошунтирования крови. Артериоловенулярное шунтирование сопровождается увеличением тургора вен, особенно на стопе и в голенях, что отражает повышенное венозное кровенаполнение [13].

Диабетическая микроангиопатия, как было сказано выше, тесно связана с нейропатией, так как периферическая и автономная нервные системы определяют состояние микроциркуляции и осуществляют ее регуляцию. С другой стороны, нейропатия приводит к снижению эффективности различных функциональных систем, ответственных за регуляцию микроциркуляции [14]. При этом увеличивается давление в венулах. Выраженная вазодилатация в ортостазе приводит к увеличению давления в капиллярных сосудах с последующей капиллярной дилатацией и усилением фильтрации [15, 16]. Следовательно, развитие и прогрессирование артериоло-венулярного шунтирования крови сопровождается возникновением все более тяжелых трофических расстройств, вплоть до развития синдрома «диабетической стопы».

Именно поэтому также необходимо обратить внимание еще и на состояние мягких тканей плантарной поверхности стопы. При сравнении структуры мягких тканей в В-режиме отмечаются признаки инфильтрации и отека слева, что затрудняет визуализацию в режиме ЦДК, но не меняет объем получаемой информации в режиме SMI. При исследовании мягких тканей в области тыла стопы было выявлено усиление сосудистого рисунка слева (рис. 5).

Таким образом, у пациента было выявлено поражение артериального звена правой нижней конечности и сочетанное поражение артериального и венозного звена левой нижней конечности, что проявлялось выраженной клинической симптоматикой в виде болевых ощущений, связанных с синдромом диабетической стопы и ассиметричного выраженного отека левой нижней конечности, ассиметричного изменения цвета кожных покровов нижних конечностей, что затрудняло физикальную оценку состояния данного пациента. Поэтому благодаря детальной оценке изменений сосудистого русла с применением ультразвукового ангиосканирования становится понятным, какой из патогенетических механизмов развития СДС преобладает.

При анализе результатов нашей работы мы выявили, что у ряда пациентов при сходной клинической картине были выявлены разные варианты СДС на каждой ноге отдельно.

Рассмотрим эхографическую ситуацию, которая иллюстрирует возможности новых режимов ультразвукового исследования. В эндокринологическое отделение поступил пациент 69 лет с сахарным диабетом 2 типа. Длительность заболевания составляет около 17 лет. При осмотре нижних конечностей отмечаются язвы стоп. Справа язва располагалась на подошвенной поверхности стопы, слева – по верхнему

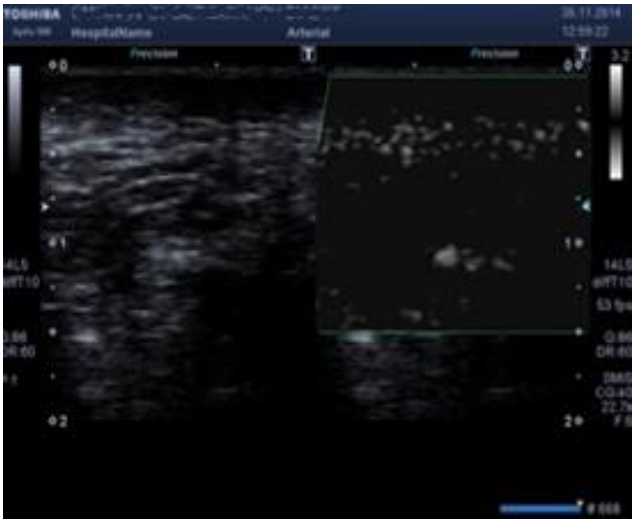

Рис. 4, а. (Fig. 4, a).

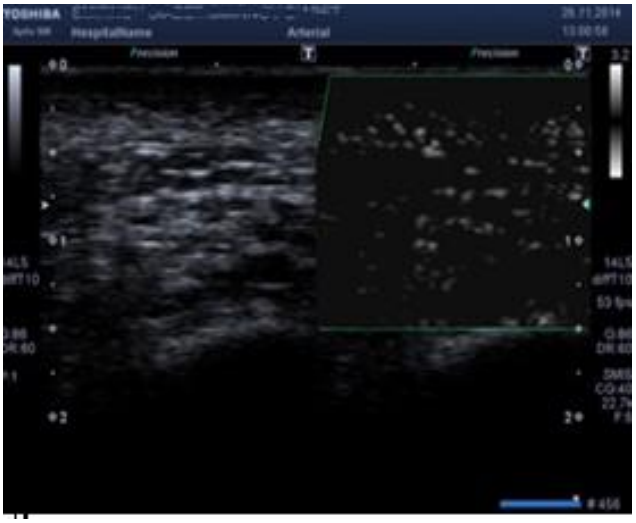

Рис. 4, б. (Fig. 4, b).

Рис. 4. УЗИ.

Контрастирование сосудистого рисунка плантарной поверхности стопы в режиме SMI. B-режим и режим SMI, поперечное сканирование: а - справа, б - слева.

Fig. 4. Ultrasound.

Opacification of vascular pattern of the plantar surface of the foot in SMI mode. B-mode and SMI, transverse scan: a - right, b - left.

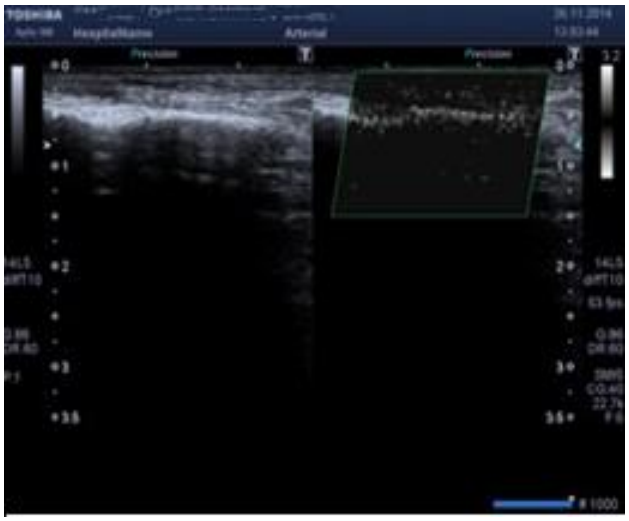

Рис. 5, а. (Fig. 5, a).

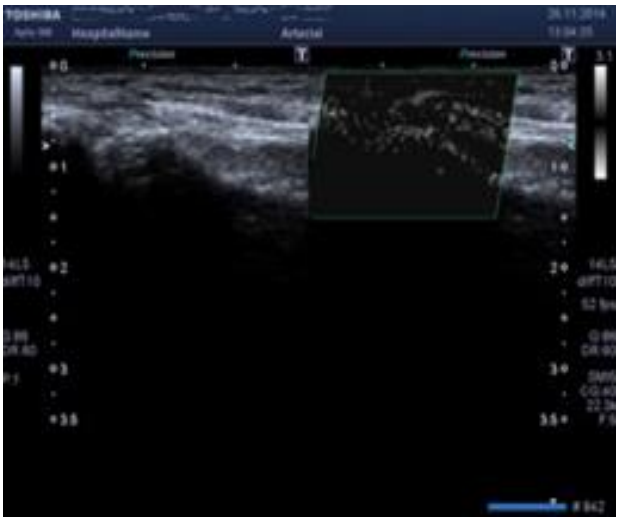

Рис. 5, б. (Fig. 5, b).

Рис. 5. УЗИ.

Контрастирование сосудистого рисунка в поверхностных мягких тканях плантарной поверхности стопы в режиме SMI. B-режим и режим SMI, поперечное сканирование: а - справа, б - слева.

Fig. 5. Ultrasound.

Opacification of the vascular pattern in the superficial soft tissues of the plantar surface of the foot in SMI mode. B-mode and SMI, transverse scan: a - right, b - left.

контуру передне-задней поверхности 1 пальца, частично распространяясь в первый межпальцевой промежуток. На основании жалоб больному было назначено проведение ультразвукового ангиосканирования.

При исследовании В-режиме стенки ПБА были незначительно неравномерно утолщены, максимальное значение ТИМ оценивалось до 1,3-1,4 мм, отмечалось нарушение дифференцировки на слои с наличием гиперэхогенных включений в структуре артериальной стенки (рис. 6 а, б). Более выразительно данные изменения подчеркиваются в режиме ASQ, где, участки более высокой эхогенности контрастируются наиболее насыщенным красным цветом (рис. 6 б).

В спектральном режиме соответственно выше описанным изменениям регистрировался магистрально-неизмененный тип кровотока, однако, слева были выявлены признаки нарушения сосудистого тонуса на фоне повышения ригидности сосудистой стенки с повышением индексов сосудистого сопротивления в виде регистрации дополнительной второй реверсивной волны и второй антеградной волны, что обусловлено наличием артериальной патологии в нижерасположенных отделах и признаков полинейропатии.

В дистальном отделе голени слева в просвете ЗББА в режиме ЦДК окрашивание сосуда регистрировалось фрагментарно с признаками алайзинг-эффекта, что расценивалось как наличие гемодинамически значимого стенозирования (рис. 7 а). При исследовании в спектральном режиме данный факт подтверждался регистрацией в соответствующем участке кровотока магистрально измененного типа с признаками турбулентности потока крови. Проксимальнее зоны стеноза визуализирован сосудистый пучок в средней трети голени, кровоток регистрируется в режиме ЦДК только в просвете ЗББА. Использовав режим SMI, получили контрастирование просвета ЗББА с мышечной ветвью малого диаметра, участвующей в формировании системы компенсаторного обходного кровотока (рис. 7 б).

В зоне стеноза достоверно наличие структур атерогенных масс визуализировать не удалось, вследствие чего можно сделать заключение, что они гипоэхогенной структуры. Проксимальнее уровня стеноза просвет вен также не кодировался, но на локальном участке были выявлены отдельные сигналы, а также в указанной зоне определялись функционирующие венозные коллатерали, не регистрируемые при использовании режима ЦДК (рис. 8).

При исследовании передней большеберцовой артерии и артерии тыла стопы регистрировался коллатеральный тип кровотока с низкоамплитудными скоростными характеристиками, что предполагает наличие окклюзии передней большеберцовой артерии в проксимальном отделе голени. При исследовании сосудов плантарной поверхности стопы достоверной разницы в режиме ЦДК не выявлено (рис. 9).

В режиме SMI отмечается нарушение привычной архитектоники сосудистого русла с обеих сторон (рис. 10).

Слева регистрировалась значительная деформация сосудистого рисунка в виде патологического перераспределение кровотока между мелкими сосудами мягких тканей пальцев стоп и залегающими более глубоко субпапиллярными сосудами, что наиболее выражено при поздних диабетических осложнениях. Так, отмечалось усиление сосудистой сети в области поверхностно расположенных мягких тканях стопы, но также регистрировался участок с отсутствием сосудистых сигналов в более глубоко расположенных участках стопы.

Если эти данные сравнить с сосудистым рисунком плантарной поверхности стопы справа, то такая деорганизация не наблюдается – регистрировалось относительно равномерное распределение сосудистых локусов в поверхностных и глубоких отделах стопы, что обусловлено более выраженным поражением артериального звена и также сочетанным поражением венозного звена нижней левой нижней конечности.

Таким образом, при наличии язв стопы у одного и того же пациента с сахарным диабетом 2 типа, механизм развития каждой из них оказался различным, так справа язва имела нейропатический характер, а слева – нейроишемический.

Выводы.

Благодаря современным возможностям ультразвуковых сканеров, оснащенных новейшими режимами обследования, появилась возможность значительно расширить диагностические возможности и точность ультразвуковой диагностики в выявлении нарушения васкуляризации нижних конечностей, и, что особенно ценно, дистальных отделов стопы.

У пациентов с сахарным диабетом, учитывая особенности кровотока дистальных отделов конечности с формированием компенсаторного шунтирующего типа кровотока, необходимо исследовать как артериальное, так и венозное русло конечности.

Применение режима микрососудистого картирования потоков крови позволяет увидеть варианты распределения сосудистого рисунка в тканях стопы и определить компенсаторные возможности сосудистого русла дистальных отделов конечности. На основании полученных данных возможно прогнозировать развитие синдрома диабетической стопы.

При проведении ультразвукового обследо-

Рис. 6, а. (Fig. 6, a).

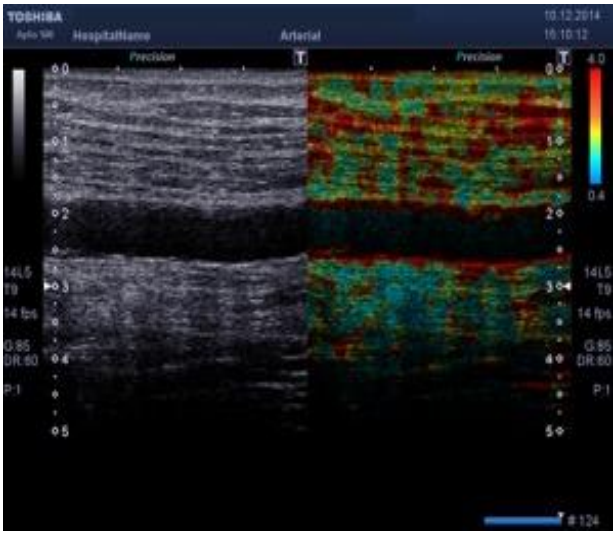

Рис. 6, б. (Fig. 6, b).

Рис. 6. УЗИ.

Изменение ТИМ ПБА, продольное сканирование: а - В-режим-ПБА справа, б - В-режим и режим ASQ-ПБА слева.

Fig. 6. Ultrasound.

Changes of IMT SFA, longitudinal scan: a - B-mode-SFA on the right, b - B-mode and ASQ-SFA on the left.

Рис. 7, а. (Fig. 7, a).

Рис. 7, б. (Fig. 7, b).

Рис. 7. УЗИ.

Гемодинамически значимое стенозирование ЗББА, гипоэхогенные тромботические массы в просвете ЗББВ слева, продольное сканирование: а - режим-ЦДК, б - В-режим, режим SMI–контрастирование просвета ЗББА и мышечной коллатерали.

Fig. 7. Ultrasound.

Hemodynamically significant stenosis PTA, hypoechogenic thrombotic masses in the lumen PTV on the left, longitudinal scan: a - mode - CDI, b - B-mode, SMI – opacification of the lumen PTA and muscular collaterals.

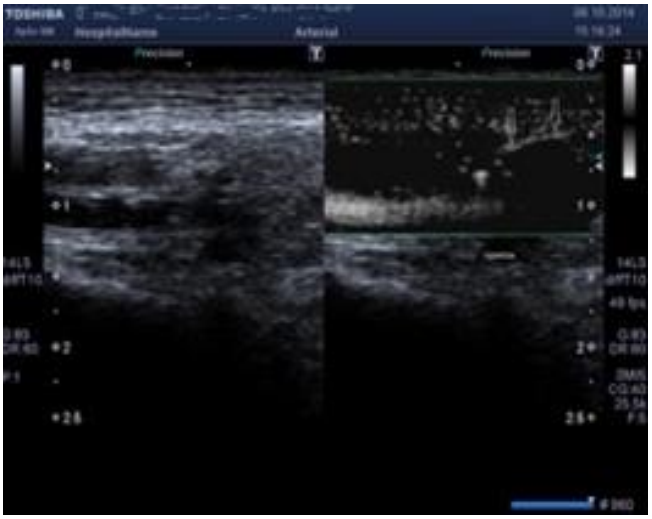

Рис. 8, а. (Fig. 8, a).

Рис. 8, б. (Fig. 8, b).

Рис. 8. УЗИ.

Компенсаторные венозные коллатерали слева, В-режим, режим SMI: а - продольное сканирование, б - поперечное сканирование.

Fig. 8. Ultrasound.

Compensatory venous collaterals to the left, B-mode, SMI mode and the a - longitudinal scan, b - transverse scan.

Рис. 9, а. (Fig. 9, a).

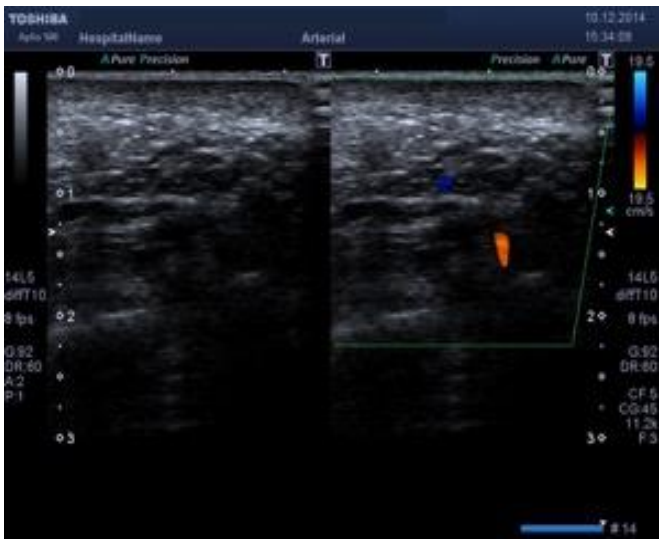

Рис. 9, б. (Fig. 9, b).

Рис. 9. УЗИ.

Васкуляризация плантарной поверхности стопы справа и слева в виде регистрации единичного сосудистого локуса. Режим ЦДК, поперечное сканирование: а - справа, б - слева.

Fig. 9. Ultrasound.

The vascularization of the plantar surface of the foot right and left in the form of registration of single vascular locus. CDI, transverse scan: a - right, b - left.

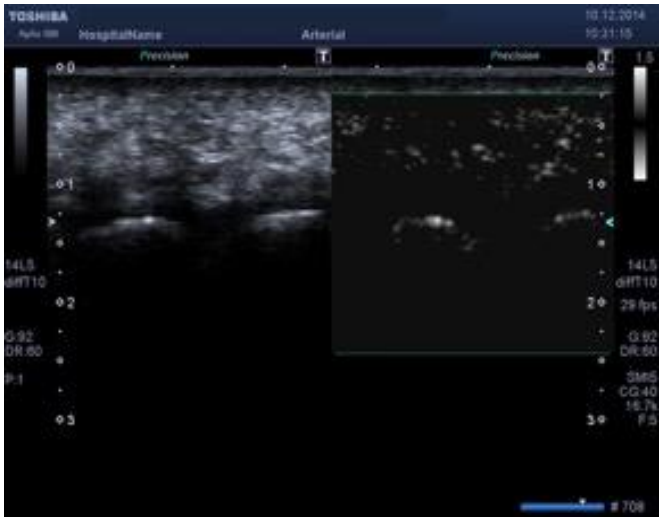

Рис. 10, а. (Fig. 10, a).

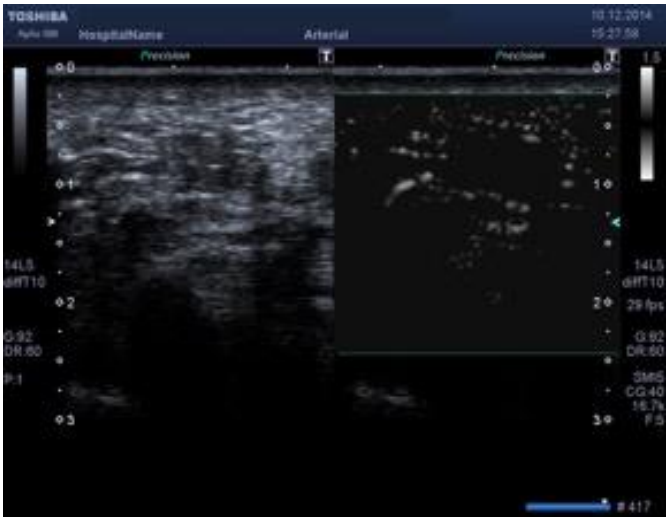

Рис. 10, б. (Fig. 10, b).

Рис. 10. УЗИ.

Васкуляризация плантарной поверхности стопы. Режим SMI, поперечное сканирование: а - справа, б - слева.

Fig. 10. Ultrasound.

The vascularization of the plantar surface of the foot. Mode SMI, transverse scan: a - right, b - left.

вания пациентам необходимо включать в объем исследования режимы количественной оценки акустической структуры (ASQ), картирования микрососудистого русла с высоким пространственно-временным разрешением (SMI), которые позволят расширить диагностические возможности ультразвукового обследования, как на первичном этапе, так и при динамическом наблюдении.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Criqui M.H., Denenberg J.D., Langer R.D., Fronek A. The epidemiology of peripheral arterial disease: importance of population at risk. Vasc Med 1997; 2: 221-226.

2. Hiatt W.R. Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. NEnglJMed. 2001; 344 (21): 1608-1621.

3. Домницкая Т.М., Грачева О.А., Корочкина Г.В., Дадова Л.В., Сидоренко Б.А., Носенко Е.М. Неинвазивная диагностика состояния артериального русла нижних конечностей у больных сахарным диабетом 2-го типа. Кардиология. 2006; 1: 32-38.

4. Kannel W. B. Risk factors for atherosclerotic cardiovascular outcomes in different arterial territories. J. Cardiovasc. Risk. 1994; 1: 333-339.

5. Trutner C., Haastert B., Giani G. Amputations and diabetes: a casecontron study. Diabet Med. 2002; 19: 35-40.

6. Дадова Л.В. Клиническое значение ультразвуковых допплеровских методов исследования у больных атеросклерозом различных сосудистых бассейнов и сахарным диабетом 2 типа. Докт. Дис. М., 2008. 241 с.

7. Галстян Г.Р., Анциферов М.Б. Диабетическая макроангиопатиянижних конечностей: клиника, диагностика, тактика лечения. Сахарный диабет. 2001; 2: 10-13.

8. Терновой С.К. Руководство по амбулаторно-поликлинической инструментальной диагностике. Москва, ГЭОТАР – Медиа, 2008. 752 с.

9. Wu L., Yen H.-H., Soon M.-S. Department of Gastroenterology Changhua Christian Hospital, Changhua, Taiwan. Spoke-wheel sign of focal nodular hyperplasia revealed by superb microvascular ultrasound imaging. Available at: http://m.qimed.oxfordjournals.org/content/108/8/669.full (accessed 22 January 2015).

10. European Hospital, Simply Superb Microvascular Imaging. Available at: http://www.healthcare-in-europe.com/en/article/13047-simply-superb-microvascular-imaging.html (accessed 27 September 2015).

11. Yan Ma, Gang Li, Jing Li, and Wei-dong Ren. The Diagnostic Value of Superb Microvascular Imaging (SMI) in Detecting Blood Flow Signals of Breast Lesions. A Preliminary Study Comparing SMI to Color Doppler Flow Imaging. Medicine, 2015; 94 (36).

12. Toshiba Medical System. Superb Micro-Vascular Imaging (SMI). Available at: http://medical.Toshiba.com/products/ul/general/aplio-500/clinical-applications (accessed 5 January 2015).

13. Grentzig A., Caspary L., Alexader K. Skin surface oxygen pressure in healthy volunteers and patients with arterial occlusive disease. Int. J. Microcir. Clin. Exp., 1991; 10: 231-240.

14. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет. М., Универсум Паблишинг, 2003. 455 с.
15. Котов С.В., Калинин А.П., Рудакова И.Г. Диабетическая нейропатия. Москва, Медицина, 2000. 228 с.
16. Удовиченко О.В, Токмакова А.Ю. Диабетическая микроангиопатия в генезе синдрома диабетической стопы. Сах.диабет. 2001, 2: 14-18.

References:

1. Criqui M.H., Denenberg J.D., Langer R.D., Fronek A. The epidemiology of peripheral arterial disease: importance of population at risk. Vasc Med 1997; 2: 221-226.
2. Hiatt W.R. Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. NEnglJMed 2001; 344 (21): 1608-1621.
3. Domnitskaya T.M., Gracheva O.A., Korochkina G.V., Dadova L.V., Sidorenko B.A., Nosenko E.M. Noninvasive diagnosis of arterial bed state of the lower extremities among patients with diabetes type 2. Cardiology. 2006; 1: 32-38 (in Russian).
4. Kannel W. B. Risk factors for atherosclerotic cardiovascular outcomes in different arterial territories. J. Cardiovasc. Risk. 1994; 1: 333-339.
5. Trutner C., Haastert B., Giani G. Amputations and diabetes: a case-control study. Diabet Med. 2002; 19: 35-40.
6. Dadova L.V. The clinical significance of Doppler ultrasound methods of examination among patients with various vascular beds atherosclerosis and diabetes type 2. Doct. Dis. Med. Sciences. M., 2008. 241 p. (in Russian).
7. Galstyan G.R., Antsiferov M.B. Diabetic macroangeopategy of low extremities: clinical features, diagnosis, treatment tactics. Diabetes. 2001; 2: 10-13.
8. Ternovoy S.K. Guidelines for outpatient diagnostic. Moscow, GEOTAR -Media, 2008. 752 p. (in Russian).
9. Wu L, Yen H.H., Soon M.S. Department of Gastroenterology Changhua Christian Hospital, Changhua, Taiwan. Spoke-wheel sign of focal nodular hyperplasia revealed by superb microvascular ultrasound imaging. Available at: http://m.qimed.oxfordjournals.org/content/108/8/669.full, (January 22, 2015, date last accessed)
10. Published by European Hospital, Simply Superb Microvascular Imaging. Available at: http://www.healthcare-in-europe.com/en/article/13047-simply-superb-microvascular-imaging.html (27 September 2015).
11. Yan Ma, Gang Li, Jing Li, and Wei-dong Ren. The Diagnostic Value of Superb Microvascular Imaging (SMI) in Detecting Blood Flow Signals of Breast Lesions. A Preliminary Study Comparing SMI to Color Doppler Flow Imaging. Medicine Volume. 2015; 94 (36).
12. Toshiba Medical System. Superb Micro-Vascular Imaging (SMI). Available at:
http: // medical. Toshiba. com / products / ul / general / aplio-500 / clinical applications
13. Grentzig A., Caspary L., Alexader K. Skin surface oxygen pressure in healthy volunteers and patients with arterial occlusive disease. Int. J. Microcir. Clin. Exp. 1991; 10: 231-240.
14. Dedov I.I., Shestakova M.V. Diabetes. Moscow, Universum Publishing, 2003. 455 p.
15. Kotov S.V., Kalinin A.P., Rudakova I.G. Diabetic neuropathy. Moscow, Medicine, 2000. 228 p. (in Russian).
16. Udovichenko O.V., Tokmakova A.Y. Diabetic microangiopathy in the genesis of the diabetic foot syndrome. Diabetes 2001; 2: 14-18 (in Russian).