

# АНГИОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРАЖЕНИЯ АРТЕРИЙ СТОПЫ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ И КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

\*С.А. Платонов – к.м.н., зав.отд. РХМДиЛ  
 В.В. Завацкий – научный сотрудник отдела эндоваскулярной хирургии  
 В.М. Платонова – врач-рентгенолог  
 А.С. Новицкий – врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению  
 В.Н. Жигало – врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению  
 Д.В. Кандыба – руководитель отдела эндоваскулярной хирургии  
 В.Е. Савелло – д.м.н., профессор, руководитель отдела лучевой диагностики  
 И.А. Алимхаджиев – к.м.н., врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению  
 М.А. Киселев – врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению  
 А.М. Антонова – к.м.н., зав. рентгенологическим отделением

ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»  
 192242 Россия, Санкт-Петербург, Будапештская ул., 3

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- больные сахарным диабетом
- артерии стопы
- питающая артерия

## РЕЗЮМЕ:

**Цель исследования:** оценить частоту и характер поражения артерий стопы у больных сахарным диабетом (СД) с критической ишемией нижних конечностей (КИНК).

**Материалы и методы:** проведена ретроспективная оценка ангиограмм стопы у 144 больных СД с язвенно-некротическими дефектами на стопе, обусловленными КИНК. Всем пациентам выполняли субтракционную артериографию стопы. Оценивали частоту встречаемости различных вариантов (одно-, двухсосудистое) и особенности поражения артериального русла стопы. Проанализированы особенности поражения питающей артерии и частота окклюзии подошвенной артериальной дуги (ПАД).

**Результаты:** выявлено 219 гемодинамически значимых поражений, 179 (82%) из которых представлены окклюзиями и лишь 40 (18%) – стенозами. Большинство окклюзий 140 (78%) являлись продолжением поражения берцовых артерий. Доля окклюзий протяженностью более 5 см составила 86%. В 38 (21%) наблюдениях отсутствовали проходимые сегменты на протяжении всей артерии стопы. Одна артерия была окклюзирована у 67 (46%) пациентов, две артерии - в 56 (39%) случаях. Окклюзия питающей артерии наблюдалась в 110 (76%) случаях. В 92% случаев (101 из 110) протяженность окклюзии ангиосомной артерии составила более 5 см. Окклюзия неангиосомной артерии имела место у 69 (48%) больных. Подошвенная артериальная дуга была окклюзирована у 37 (26%) больных.

**Заключение:** у пациентов с ишемическими формами синдрома диабетической стопы артериальное поражение на стопе носит преимущественно протяженный окклюзионный характер, зачастую с вовлечением всех крупных ветвей. У четверти больных окклюзирована подошвенная артериальная дуга. Питающая артерия была вовлечена в окклюзирующий процесс чаще всего, что обуславливает трудности восстановления прямого кровоснабжения.

**Для цитирования:** С.А. Платонов, В.В. Завацкий, В.М. Платонова, А.С. Новицкий, В.Н. Жигало, Д.В. Кандыба, В.Е. Савелло, И.А. Алимхаджиев, М.А. Киселев, А.М. Антонова «Ангиографическая характеристика поражения артерий стопы у пациентов с сахарным диабетом и критической ишемией нижних конечностей». Журнал «Диагностическая и интервенционная радиология» 2017; 11(3):69–73

## ANGIOGRAPHIC FEATURES OF PEDAL ARTERIES LESIONS IN DIABETIC PATIENTS WITH CRITICAL LIMB ISCHEMIA

Platonov S.A. – MD, PhD  
 Zavatskiy V.V. – MD  
 \*Platonova V.M. – MD  
 Novitskiy A.S. – MD  
 Zhigalo V.N. – MD  
 Kandyba D.V. – MD  
 Savello V.E. – MD, PhD  
 Alimkhadzhiyev I.A. – MD, PhD, professor  
 Kiselev M.A. – MD  
 Antonova A.M. – MD, PhD

St. Petersburg I.I. Dzhanelidze research institute of emergency medicine named after  
 3, Budapeshtskaya str., St. Petersburg, Russian Federation, 192242

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Платонов Сергей Александрович (Platonov Sergey Aleksandrovich), e-mail: platonov@mail.ru

**KEY-WORDS:**

- diabetic patients
- pedal arteries
- source artery

**ABSTRACT:**

**Aim:** was to evaluate frequency and features of pedal arteries lesions in diabetic patients with critical limb ischemia (CLI).

**Materials and methods:** a retrospective review of feet angiograms of 144 diabetic patients with ischemic ulcer-necrotic lesions was performed. We evaluated rate of different variants and features of pedal arterial lesions. Also, we analyzed lesion characteristics of the source artery and the frequency of the plantar arch occlusion.

**Results:** 219 hemodynamically significant lesions were detected, 179 of which were occlusions (82%). The majority of occlusions (140(78%)) were an extension of tibial arterial lesions. The rate of occlusions of more than 5 cm in length was 86% (154). There were no passable vessel segments in 38 cases (21% of occlusions). Single-vessel occlusive disease was revealed in 67 patients (46%), double-vessel defeat - in 56 (39%) patients. The source artery occlusion was observed in 110 cases (76%). In 92% of cases the length of the source artery occlusion was more than 5 cm. The occlusion of a non-feeding artery was found in 69 cases (48%). The plantar arch occlusion was revealed in 37 patients (26%).

**Conclusion:** in diabetic patients with CLI the arterial lesion of the foot is predominantly established by long occlusions, often with two-vessel involvement. The most often occluded vessel is a feeding artery. It explains difficulties with the direct revascularization. The plantar arch is occluded in one quarter of cases.

**Введение**

Критическая ишемия нижних конечностей (КИНК) возникает, когда поражение артериального русла ухудшает кровоток до такой степени, при которой метаболические потребности тканей оказываются не удовлетворены. Обычно это происходит при мульти-сегментарном поражении артерий нижних конечностей [1].

У страдающих сахарным диабетом (СД) КИНК развивается примерно в пять раз чаще, чем у пациентов без диабета [2]. Поражение артерий нижних конечностей у этой категории больных имеет многоуровневый характер с преимущественным поражением дистального русла [3].

Нередко атеросклеротическое поражение у пациентов с СД и КИНК распространяется и на артерии дистальнее щели голеностопного сустава. Однако к настоящему времени опубликовано скудное количество работ, в которых имеются данные о поражении артерий на стопе у данной категории больных [4-6].

Проведение детального анализа частоты и характера поражения артерий стопы у больных СД с КИНК явилось целью настоящего исследования. Особое внимание уделено описанию ангиографических характеристик поражения артерии, кровоснабжающей анатомическую зону язвы.

**Материалы и методы**

Проведена ретроспективная оценка ангиограмм стопы у 144 пациентов с СД и язвенно-некротическими дефектами на стопе, обусловленными КИНК.

Возраст пациентов составил 69±10 лет. У большей части больных имелась тяжелая сопутствующая патология, в том числе гипертоническая болезнь была у 137

(95%) больных, ишемической болезнью сердца страдали 120(83%) пациентов, цереброваскулярной болезнью – 72(50%) человека. У 19(13%) пациентов имела место хроническая болезнь почек, у 6(4%) из них выполнялся программный гемодиализ.

У 5 (3%) пациентов имелась поверхностная трофическая язва (Wagner 1), у 53 (37%) больных – глубокая язва, распространяющаяся через все слои кожи и подкожную клетчатку (Wagner 2), у 42 (29%) пациентов – глубокое поражение с развитием гнойного воспаления мягких тканей и/или остеомиелита (Wagner 3), у 44(31%) – местная гангрена (Wagner 4).

Всем пациентам выполнялась субтракционная ангиография стопы на ангиографической установке Philips Integris CV (Philips, Нидерланды). Для ее выполнения использовался диагностический катетер вертебральной конфигурации 5F, который устанавливался в подколенную артерию. Оператор вводил 5-7 мл неионного низкоосмолярного контрастного вещества с концентрацией йода 300 мг/мл. Исследование выполняли в прямой и боковой проекциях. Для выполнения ангиографии в прямой проекции производили ипсилатеральный косой и краниальный наклоны С-дуги так, чтобы плоский детектор располагался параллельно тыльной поверхности стопы и максимально близко к ней. Для осуществления ангиографии в боковой проекции оператор выполнял контралатеральный косой и небольшой краниальный наклоны С-дуги так, чтобы плоский детектор находился параллельно сагиттальной плоскости стопы. Детектор располагали максимально близко к стопе. При необходимости использовали дополнительные проекции.

Анализ полученных ангиограмм проводили два опытных врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и

лечению. Под гемодинамически значимым поражением понимали стеноз более 50% просвета сосуда и окклюзию. Стеноз считался диффузным, если его протяженность составляла более 2 см.

Оценивали частоту встречаемости различных вариантов поражения артериального русла стопы (одно-, двухсосудистое). Анализу подвергались артерии, участвующие в формировании артериальной дуги стопы – тыльная артерия стопы (ТАС) и латеральная подошвенная артерия (ЛПА). Принципиально был сделан акцент на факте и характере поражения одной или обеих артерий стопы. Отдельно проанализированы особенности поражения артерии, питающей поражённый ангиосом, а также частота окклюзионного поражения подошвенной артериальной дуги (ПАД).

### Результаты исследования

В результате анализа выявлено 219 гемодинамически значимых поражений, 179(82%) из которых представлены окклюзиями и лишь 40(18%) – стенозами. Примечательно, что большинство окклюзий 140(78%) являлись продолжением поражения берцовых артерий. Диффузное стенотическое поражение встречалось чаще локального – 26 диффузных стенозов из 40 (65%). Окклюзионное поражение чаще всего

носило протяженный характер. Так, доля окклюзий протяженностью более 5 см составила 86%(154), а количество окклюзии длиной 3-5 см и менее 3 см было невелико 9(5%) и 16(9%). Стоит отметить, что в 56(31%) случаях окклюзии артерий стопы отсутствовало контрастирование проходимого сегмента сосуда дистальнее поражения. А в 38(21%) наблюдениях и вовсе отсутствовали проходимые сегменты на протяжении всей артерии стопы, то есть окклюзия носила тотальный характер.

Гемодинамически значимое поражение как минимум одной артерии на стопе имело место в подавляющем большинстве случаев (136 пациентов, 94%). Окклюзия как минимум одной артерии стопы была выявлена в 123(85%) наблюдениях. Одна артерия была окклюзирована у 67 (46%) пациентов, две артерии – в 56(39%) случаях (рис. 1).

Окклюзия питающей артерии наблюдалась в 110 (76%) случаях. В 92% случаев (101 окклюзия) протяженность окклюзии ангиосомной артерии составила более 5 см. Тотальный характер (по протяженности) окклюзионного поражения наблюдался в 25% окклюзий питающего сосуда (28 окклюзий). Окклюзия неангиосомной артерии имела место у 69 больных (48% пациентов). Подошвенная артериальная дуга (ПАД) была окклюзирована у 37(26%) больных.

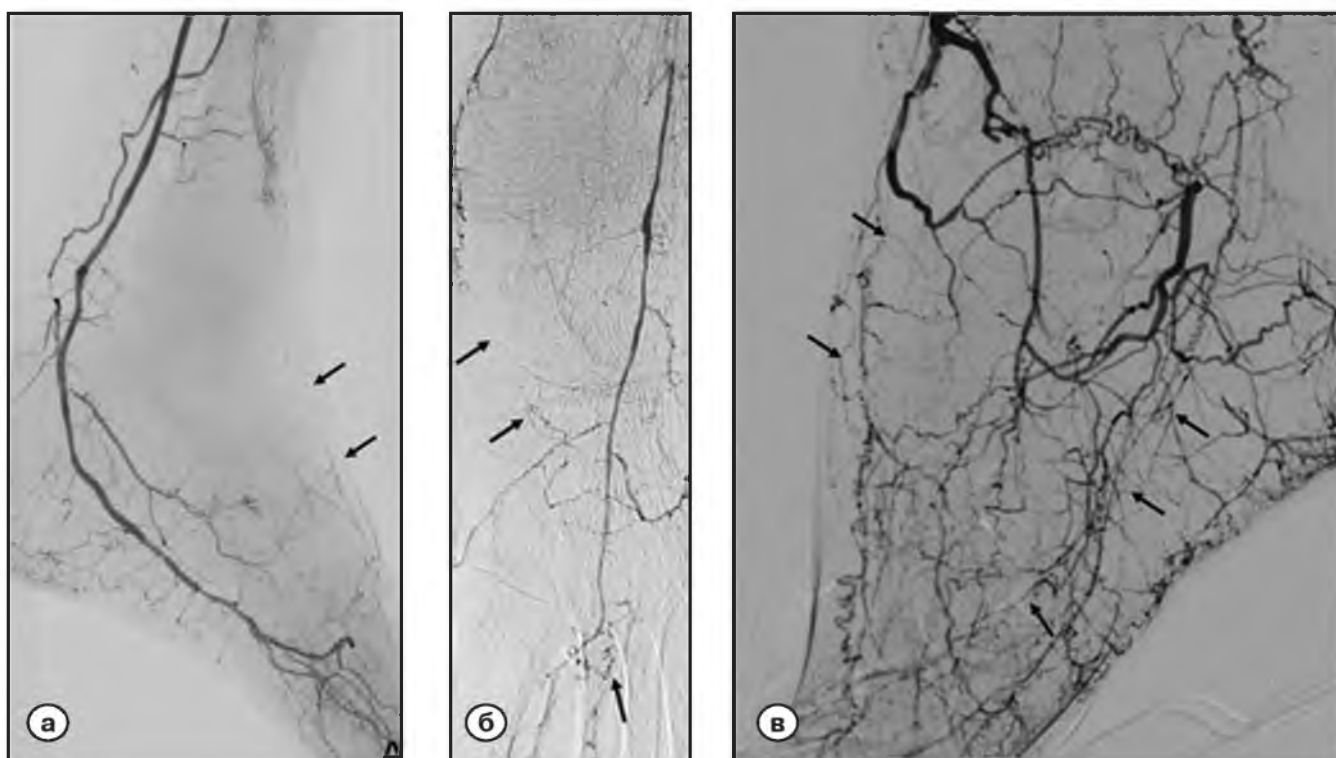


Рис. 1. Варианты окклюзионного поражения артерий стопы.

а – однососудистое окклюзионное поражение (стрелками указана окклюзия ТАС);

б – однососудистое окклюзионное поражение, окклюзия ПАД (стрелками указана окклюзия ЛПА и ПАД);

в – двухсосудистое окклюзионное поражение, окклюзия ПАД (стрелками указаны окклюзии ТАС, ЛПА, ПАД). Примечание: ТАС – тыльная артерия стопы; ПАД – подошвенная артериальная дуга;

ЛПА – латеральная подошвенная артерия.

## Обсуждение

Полученные данные сложно подвергнуть сравнению с результатами зарубежных исследований, опубликованных к настоящему времени. Так, авторы одной работы, описавшие характер поражения артерий стопы, ограничиваются этим анализом у пациентов, которым выполнялась ангиопластика на стопе. Отсутствует аналогичное исследование во всей группе пациентов с СД, пролеченных по поводу КИНК [4].

R. Ferraresi с соавт. (2009), проанализировавшие результаты 107 эндоваскулярных вмешательств у больных СД с КИНК при поражении исключительно артерий ниже щели коленного сустава, обнаружили, что поражение более 70% просвета ТАС встречалось в 51(48%) наблюдении, а аналогичное поражение подошвенной артерии стопы - в 74(69%) случаях. При этом авторы не указывают, какое конкретно поражение имело место – стеноз или окклюзия [5].

К настоящему времени наиболее интересные данные о частоте и характере поражения артерий стопы у больных СД с КИНК опубликованы отечественной группой авторов. И.А. Ерошкин с соавт. (2009) проанализировали ангиограммы 115 конечностей больных диабетом с гнойно-некротическими дефектами на стопе. ТАС была окклюзирована почти в половине наблюдений (46,09%), причем поражение более S артериального сегмента выявлялось в 26,96% случаев. Стенозы ТАС наблюдались в 25,22% наблюдений. Окклюзия ЛПА наблюдалась в 65,21% случаев, длина более S артериального сегмента встречалась в 33,04% артерий. Стенозы ЛПА выявлены в 22,62% случаев [6]. Сравнить приведенные результаты с данными нашего исследования не представляется возможным ввиду разных точек приложения исследования. Так, мы не ставили перед собой цель определить частоту поражения конкретной артерии стопы (ТАС или ЛПА). Для нас был важнее факт поражения одной из двух или обеих магистральных артерий ниже щели голеностопного сустава для определения общей картины поражения на стопе. Тем не менее, очевидно, что данные, представленные И.А. Ерошкиным с соавт. (2009), и результаты нашего исследования свидетельствуют о наличии преимущественно протяженного окклюзионного поражения на стопе у пациентов больных СД с критической ишемией.

В исследованиях, посвященных дистальным шунтирующим операциям на артерии стопы, получены хорошие ранние и отдаленные результаты [7]. Однако возможности открытой реконструктивной операции ограничиваются такими проблемами, как отсутствие состоятельной вены для шунта, высокий риск хирургической летальности, опасность развития инфекции на стопе, окклюзионное поражение артериального русла ниже щели голеностопного сустава. Более того, отсутствие проходимых сегментов артерий стопы делает

вмешательство невыполнимым. Нами продемонстрировано, что у пациентов с ишемическими формами синдрома диабетической стопы двухсосудистое окклюзионное поражение встречается в 39% случаев, а однососудистое – в 46%, причем в большинстве случаев поражения одного сосуда (37% из 46%) окклюзирована ангиосомная артерия. Лишь у 15% больных артерии стопы оказались проходимы.

Таким образом, ориентируясь только на ангиографическую картину, можно предположить, что 24% больных (15% с проходимыми артериями и 9% с проходимой одной ангиосомной артерией) являются хорошими кандидатами для шунтирующей операции на артериях стопы. У 37% больных можно выполнить шунтирование неангиосомной артерии. В оставшихся 39% случаев выполнить дистальную реконструкцию не представляется возможным. При этом нет сомнений, что при анализе других критериев отбора к открытой операции группа подходящих больных окажется еще малочисленнее. Учитывая вышесказанное, приоритетным методом восстановления кровотока на стопу и спасения конечности у больных СД и КИНК является транслюминальная баллонная ангиопластика.

Мы не обнаружили в опубликованных источниках данных по оценке частоты и характера поражения питающей артерии. В соответствии с результатами нашего исследования питающая артерия оказалась вовлечена в окклюзионный процесс в 76% наблюдений, что на 28% чаще, чем встречались окклюзии неангиосомной артерии. Это ожидаемая частота, которая обуславливает локализацию язвенно-некротического дефекта в бассейне именно этой артерии. Следует отметить не только протяженный характер поражения ангиосомной артерии в подавляющем большинстве случаев, но и отсутствие проходимых сегментов целевого сосуда в 25% случаев его окклюзии. Вероятно, вышеперечисленные особенности поражения ангиосомной артерии объясняют сравнительно редкую частоту восстановления прямого кровоснабжения анатомической зоны язвенного дефекта при эндоваскулярной реваскуляризации [8, 9].

Несмотря на то, что ПАД является непосредственным продолжением ЛПА, нами было решено провести отдельный анализ ее состояния у больных диабетом с КИНК. Данное решение принято по нескольким причинам. Во-первых, ПАД является терминальной аркадой артериального русла нижней конечности, имеющей важное значение в функциональном плане для оттока артериальной крови из магистральных сосудов. Во-вторых, ПАД вместе глубокой перфорантной (подошвенной) ветвью ТАС – это самый крупный анастомоз артериального русла тыла и подошвы, от которого отходит целый ряд ветвей, играющий значительную роль в заживлении ишемических дефектов дистального отдела стопы. И, наконец, ПАД используется для выполнения ретроградных методик реканализации.

В зарубежных работах мы нашли лишь данные о состоянии артериальной дуги стопы у пациентов с КИНК (включая больных без СД), понятия гораздо более широкого. Под артериальной дугой стопы понимают анастомоз артериального русла тыла и подошвы, представленный ТАС, глубокой перфорантной (подошвенной) ветвью ТАС, ПАД и ЛПА. К сожалению, авторы этих работ не указывают, в каких случаях была окклюзирована подошвенная дуга [10, 11].

Результаты нашего исследования по частоте встречаемости окклюзии ПАД при КИНК у больных СД оказались близки к данным работы И.А. Ерошкина с соавт. (2009). Они составили 26% и 30,93% соответственно [6]. Факт наличия окклюзии ПАД у части пациентов с критической ишемией следует обязательно учитывать при планировании эндоваскулярного вмешательства. При локализации гнойно-некротического поражения, в том числе обширного, в дистальном отделе стопы в большинстве случаев для заживления и сохранения конечности достаточно восстановить кровоток по одной артерии в проходимую ПАД. Однако при окклюзии последней и обширном трофическом поражении дис-

тального отдела стопы, по нашему опыту, следует пытаться восстанавливать кровоток по максимальному количеству артерий голени и стопы.

## Заключение

Таким образом, у пациентов с ишемическими формами синдрома диабетической стопы артериальное поражение на стопе так же, как и на голени, носит преимущественно протяженный окклюзионный характер, зачастую с вовлечением всех крупных ветвей. В большинстве случаев проксимальная граница окклюзии локализуется в берцовом сегменте. Питательная артерия оказывается вовлеченной в окклюзионный процесс чаще всего, что обуславливает трудности восстановления прямого кровотока и побуждает к поиску альтернативных вариантов улучшения кровоснабжения зоны трофического дефекта. У четверти больных с СД и КИНК окклюзирована ПАД, что также следует учитывать при выборе тактики эндоваскулярной реваскуляризации, особенно при локализации язвенно-некротических дефектов в дистальном отделе стопы. ■

## Список литературы / References

1. Van Den Berg J., Waser S., Trelle S. et al. Lesion characteristics of patients with chronic critical limb ischemia that determine choice of treatment modality. *J. Cardiovasc. Surg.* 2012; 53(1):45–52.
2. Российский консенсус «Диагностика и лечение пациентов с критической ишемией нижних конечностей». М., 2002; 40.  
Rossiyskiy consensus «Diagnostika i lechenie patsientov s kriticheskoy ishemiyei nizhnikh konechnostey». [The diagnosis and treatment of patients with critical limb ischemia]. Moscow. 2002; 40 [In Russ].
3. Graziani L., Silvestro A., Bertone V. et al. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2007; 33(4): 453–460.
4. Zhu Y.Q., Zhao J.G., Liu F. et al. Subintimal angioplasty for below-the-ankle arterial occlusions in diabetic patients with chronic critical limb ischemia. *J. Endovasc. Ther.* 2009; 16(5):604–612.
5. Ferraresi R., Centola M., Ferlini M. et al. Long-term outcomes after angioplasty of isolated, below-the-knee arteries in diabetic patients with critical limb ischaemia. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2009; 37(3):336–342.
6. Ерошкин И.А., Ерошенко Ал.В., Ерошенко Ан.В. и др. Роль рентгеноэндоваскулярного восстановления артерий нижних конечностей в лечении синдрома диабетической стопы. *Медицинская визуализация.* 2009; 5:99–105.
7. Eroshkin I.A., Eroshenko Al.V., Eroshenko An.V. et al. Rol rentgenoendovaskulyarnogo vosstanovleniya arteriy nizhnikh konechnostey v lechenii sindroma diabeticheskoy stopy. [The role of endovascular restoration of lower limb arteries in the treatment of diabetic foot syndrome]. *Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2009; 5:99–105 [In Russ].
8. Pomposelli F.B., Kansal N., Hamdan A.D. et al. A decade of experience with dorsalis pedis artery bypass: Analysis of outcome in more than 1000 cases. *J. Vasc. Surg.* 2003; 37(2):307–315.
9. Iida O., Soga Y., Hirano K. et al. Long-term results of direct and indirect endovascular revascularization based on the angiosome concept in patients with critical limb ischemia presenting with isolated below-the-knee lesions. *J. Vasc. Surg.* 2012; 55(2):363–370.
10. Söderström M., Albäck A., Biancari F. et al. Angiosome-targeted infrapopliteal endovascular revascularization for treatment of diabetic foot ulcers. *J. Vasc. Surg.* 2013; 57(2):427–435.
11. Rashid H., Slim H., Zayed H. et al. The impact of arterial pedal arch quality and angiosome revascularization on foot tissue loss healing and infrapopliteal bypass outcome. *J. Vasc. Surg.* 2013; 57(5):1219–1226.
12. Nakama T., Watanabe N., Haraguchi T. et al. Clinical outcomes of pedal artery angioplasty for patients with ischemic wounds: results from the multicenter RENDEZVOUS registry. *JACC: Cardiovasc. Interv.* 2017; 10(1):79–90.