

КТ-АНГИОГРАФИЯ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И КТ-ПЕРФУЗИЯ СТОП В ДИАГНОСТИКЕ, ПЛАНИРОВАНИИ И ОТСЛЕЖИВАНИИ РЕЗУЛЬТАТА РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТА С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Ерошкин А.И.¹, Кондрашин С.А.¹,
Терновой С.К.^{1,3}, Васильев Д. Ю.²

Цель исследования. Показать диагностические возможности КТ-перфузии стоп, у больного с синдромом диабетической стопы до и после реваскуляризации (РЭВ).

Материалы и методы. Приводятся данные обследования пациента К., 55 лет. Из анамнеза известно, что более 10 лет он страдает сахарным диабетом II типа, 6 лет назад у пациента вскрыта флегмона левой стопы у основания первого пальца. В последующем в данной области сформировалась гранулирующая рана и свищ с гнойным отделяемым, которые сохранялись до настоящего времени. Лечился самостоятельно. Последние полгода начал отмечать возникновение болей при ходьбе (200 м) в области левой голени. Выполнены мультиспиральная компьютерная ангиография (МСКТ-ангиография), мультиспиральная компьютерная перфузия (МСКТ-перфузия) стоп, ангиография до и после РЭВ.

Результаты. Результаты КТ-перфузии стоп до РЭВ позволило определить зону гиперперфузии, в виде пояса, у основания первого пальца и внутренней боковой поверхности в области язвенно-некротического поражения, после РЭВ позволило определить зону гиперперфузии в области послеоперационных изменений, что может соответствовать активным репаративным процессам. Результаты МСКТ-ангиографии позволили определить характер тяжести поражения и вариант анатомического развития артерий нижних конечностей.

Заключение. Полученные результаты КТ-перфузии свидетельствуют об эффективности определения зоны ишемии нижней конечности, а также отслеживания динамики кровоснабжения тканей стопы после РЭВ. Результаты КТ-ангиографии позволили определить стратегию и тактику РЭВ.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная ангиография (МСКТ-ангиография), мультиспиральная компьютерная перфузия (МСКТ-перфузия) стоп, ангиография, реваскуляризация (РЭВ), синдромом диабетической стопы, сахарный диабет (СД), дигитальная субтракционная ангиография (ДСА).

Контактный автор: Ерошкин А.И., e-mail: dr.eroshkin@mail.ru

Для цитирования: Ерошкин А.И., Кондрашин С.А., Терновой С.К., Васильев Д.Ю. КТ-ангиография нижних конечностей и кт-перфузия стоп в диагностике, планировании и отслеживании результата реваскуляризации у пациента с синдромом диабетической стопы. REJR 2020; 10(2):78-86. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-78-86.

Статья получена: 25.04.20

Статья принята: 07.07.20

1 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет).

2 - Филиал № 3 ФГБУ «3-й ЦВКГ им. А.А. Вишневского» Минобороны России.

3 - ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии МЗ РФ.

г. Москва, Россия.

CT-ANGIOGRAPHY OF THE LOWER EXTREMITIES AND CT-PERFUSION OF THE FEET IN THE DIAGNOSIS, PLANNING AND TRACKING OF THE RESULT OF REVASCULARIZATION IN A PATIENT WITH DIABETIC FOOT SYNDROME

Eroshkin A.I.¹, Kondrashin S.A.¹,
Ternovoy S.K.^{1,3}, Vasilyev D.U.²

Purpose. To study the diagnostic possibilities of feet CT-perfusion in patients with diabetic foot syndrome before and after revascularization.

Materials and methods. The examination of patient K., 55 years old, are given. From patient's history it is known, that he suffers from diabetes mellitus type II type more 10 years, 6 years ago patient have undergone surgical resection of let foot phlegmon near the basic of the first finger. Subsequently, a granulating wound and a fistula with purulent discharge formed in this area, which have persisted to the present time. He was self-treated symptomatically. During last six months, he noticed pain when walking (200 m) in the left tibia. Multislice computed angiography, multislice computed perfusion of the feet, angiography before and after revascularization were performed.

Results. The results of feet CT-perfusion before the revascularization allowed us to determine the area of hyperperfusion in the form of a belt, at the base of the first finger and the inner side surface of ulcerous-necrotic lesions; after revascularization it allowed us to determine the area of hyperperfusion in postoperative changes, which may correspond to the active reparative processes. The results of CT-angiography allowed to determine the nature of the lesion severity and the variant of anatomical development of the arteries of the lower extremities.

Conclusion. The obtained results of CT-perfusion indicate the effectiveness of determining the zone of ischemia of the lower limb, as well as tracking the dynamics of blood supply to the foot tissues after revascularization. The results of CT-angiography allowed determining the strategy and tactics of revascularization.

Keywords: multispiral computed angiography, multispiral computed perfusion of the feet, angiography, revascularization, diabetic foot syndrome, diabetes mellitus, digital subtraction angiography.

Corresponding author: Eroshkin A.I., e-mail: dr.eroshkin@mail.ru

For citation: Eroshkin A.I., Kondrashin S.A., Ternovoy S.K., Vasilyev D.U. CT-angiography of the lower extremities and ct-perfusion of the feet in the diagnosis, planning and tracking of the result of revascularization in a patient with diabetic foot syndrome. REJR 2020; 10(2):78-86. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-78-86.

Received: 25.04.20

Accepted: 07.07.20

Распространенность заболевания периферических артерий (ЗПА) растет во всем мире. ЗПА у страдающих сахарным диабетом (СД) возникают в 4 раза чаще [1 - 4].

Осложнения, возникающие у страдающих СД, часто приводят к инвалидности, что ухудшает качество жизни [5].

Для определения тактики и объема реvascularизации у данной категории пациентов требуется получение информации о характере и распространенности поражений артерий нижних конечностей, степени нарушения кровоснабжения стоп в целом, так и в зоне язвенно-некротического поражения.

Методы лучевой диагностики всегда занимали ведущее место в определении характера поражений артерий [6].

В настоящее время для визуализации артерий нижних конечностей успешно применяются: дигитальная субтракционная ангиография (ДСА), ультразвуковая доплерография (УЗДГ), МСКТ-ангиография и магнитно-резонансная ангиография (МРА) [7].

Развитие компьютерной томографии (КТ) и выпуск программных пакетов от ряда производителей стимулировало внедрение перфузионной КТ в клиническую практику [8]. Сравнительно меньше внимания уделялось количественной оценке перфузии конечностей с по-

1 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University.

2 - A. A. Vishnevsky Third Central Military Clinical Hospital.

3 - National Medical Research Center of Cardiology of the Ministry of Health. Moscow, Russia.

мощью КТ [9]. Современные КТ имеют более высокое пространственное разрешение для визуализации перфузии конечностей [10], а также возможность одновременного получения объемного изображения интересующих структур стопы [11]. Кроме того, анализ перфузии с помощью КТ облегчает прямые количественные измерения кровотока в сосудах и тканях, представляющих интерес [12].

В качестве клинического случая приводится пациент К., 55 лет. Из анамнеза известно, более 10 лет страдает сахарным диабетом II типа. 6 лет назад у пациента была вскрыта флегмона левой стопы у основания первого пальца. В последующем в данной области сформировалась гранулирующая рана и свищ с гнойным отделяемым, которые сохранялись до настоящего времени. Лечился самостоятельно. Последние полгода начал отмечать возникновение болей при ходьбе (200 м) в области левой голени. Госпитализирован в отделение «Диабетическая стопа». При поступлении: на внутренней поверхности у основания I пальца левой стопы свищ около 1 см в диаметре с серозно-гнойным отделяемым и гипергрануляциями вокруг свищевого хода (рис. 1 а). Определяется четкая пульсация на общей бедренной артерии слева, пульсация на подколенной артерии, артериях голени и стопы не определяется.

Пациент обследован в УКБ №1 Сеченовского Университета в Российско-Японском центре визуализации сердца. Выполнены МСКТ-ангиография нижних конечностей и МСКТ-перфузия стоп на томографе Aquilion One 640, фирмы Toshiba (Canon). При МСКТ выявлены признаки атеросклероза аорты и артерий нижних конечностей. Выявлены гемодинамически значимые стенозы и короткие окклюзии ПБА, стенозы глубокой артерии бедра (ГБА) и ПА слева. Субокклюзия левой малоберцовой артерии (МБА) в проксимальном отделе (рис. 1 в, г). Выявлен вариант развития артерий голени слева в виде гипоплазии передней и задней большеберцовых артерий с формированием стопонесущей малоберцовой артерии (а. peronea magna), данный вариант развития относится к типу IIIc по классификации D. Kim, 1989 г (рис. 1 д).

По данным МСКТ-перфузии определяется зона гиперперфузии, в виде пояса, у основания первого пальца и внутренней боковой поверхности в области язвенно-некротического поражения (рис. 1 е, ж).

На основании клинических данных и данных полученных при МСКТ пациенту поставлен диагноз: Сахарный диабет II типа, синдром диабетической стопы, ишемическая форма, гнойный остеоартрит I плюсне-фалангового сустава левой стопы, стадия по Вагнеру 3; Мультифокальный атеросклероз в сочетании с диабетической ангиопатией с преимуществен-

ным поражением магистральных артерий нижних конечностей, окклюзия левой ПБА, субокклюзия стопонесущей МБА слева.

С целью спасения левой нижней конечности первым этапом решено выполнить рентгенэндоваскулярную реваскуляризацию с учётом имеющихся поражений и варианта развития артерий голени.

Рентгенэндоваскулярное вмешательство: под местной анестезией в антеградном направлении выполнена пункция левой общей бедренной артерии, в просвет артерии установлен интродьюсер диаметром 6F. Выполнена ангиография артерий левой нижней конечности, данные ангиографии совпали с данными МСКТ-ангиографии (рис. 2). Выполнена внутривидеопроводниковая реканализация ПБА. Баллонная ангиопластика ПБА баллонным катетером 6,0x150,0 мм давлением до 8 атм. (рис. 3 а). На контрольных ангиограммах в области ангиопластики ПБА определяются участки диссекции интимы ограничивающие кровоток (рис. 3 б). В ПБА имплантирован нитиноловый самораскрывающийся стент размерами 7,0x200,0 мм (рис. 3 в). Вторым этапом в дистальные отделы МБА проведён коронарный проводник, по проводнику в артерию проведён баллонный катетер размерами 2,5/3,0x210 мм, выполнена баллонная ангиопластика под рабочим давлением до 8 атм. (рис. 3 г). На контрольных ангиограммах в проксимальном отделе МБА определяется остаточный стеноз до 60%. В область остаточного стеноза подведён и имплантирован баллонорасширяемый стент размерами 4,0x30,0 мм (рис. 3 д). На контрольных ангиограммах положение и раскрытие стентов удовлетворительное, кровоток по ПБА и МБА восстановлен (рис. 4 а, б). Гемостаз.

Выполнена операция – ампутация I пальца левой стопы с резекцией I плюсневой кости на уровне средней трети.

Через полтора месяца сделаны повторные МСКТ-ангиография и МСКТ-перфузия стоп. По данным МСКТ-ангиографии определяется наличие проходимого стента в левой ПБА и наличие проходимого стента в проксимальном отделе малоберцовой артерии. По данным МСКТ-перфузии определяется зона гиперперфузии в области послеоперационных изменений, что может соответствовать активным репаративным процессам.

Заключение.

Клинический случай демонстрирует эффективность применения МСКТ-ангиографии для определения характера и тяжести поражения артерий, варианты анатомического развития.

МСКТ-перфузия стоп помогает в диагностике критической ишемии нижних конечностей, с определением очаговой ишемии. Что



Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Пациент К. а) Фотография. Исходное состояние стопы - язвенно-некротическое поражение у основания первого пальца и внутренней боковой поверхности левой стопы; б) 3D – реконструкция; признаки деструкции основной фаланги первого пальца и первой плюсневой кости; в) МСКТ-ангиография нижней конечности с множественными стенозами и окклюзиями поверхностной бедренной артерии (указаны стрелками) и критическим стенозом малоберцовой артерии (указана пунктирной стрелкой); г) 3D – реконструкция; картина поражения поверхностной бедренной артерии (указано стрелкой); д) 3D - реконструкции подколенной артерии и артерий голени; определяется вариант деления левой подколенной артерии тип III С (по D. Kim от 1989), стрелкой указана малоберцовая артерия (a. peronea magna); е) МСКТ-перфузия левой стопы; в области раны определяется участок гиперперфузии; ж) МСКТ перфузия левой стопы в трёх плоскостях.

Fig. 1.

Patient K. a) initial state of foot - ulcer-necrotic lesions at the base of the first finger and the inner side surface of the left foot; б) 3D reconstruction - indications of destruction of proximal phalanx of the first toe and first metatarsal bone; в) MSCT angiography of lower extremities with multiple stenoses and occlusions of the superficial femoral artery (arrows) and critical stenosis of the peroneal artery (indicated by the dashed arrow); г) 3D reconstruction - lesions of the superficial femoral artery (arrow); д) 3D reconstruction of the popliteal artery and lower leg arteries, the division of the left popliteal artery type III C is determined (according to D. Kim from 1989), the arrow indicates the peroneal artery (a. peronea magna); е) CT-perfusion of the left foot in the wound area is determined by the hyperperfusion area; ж) CT-perfusion of the left foot in three planes.

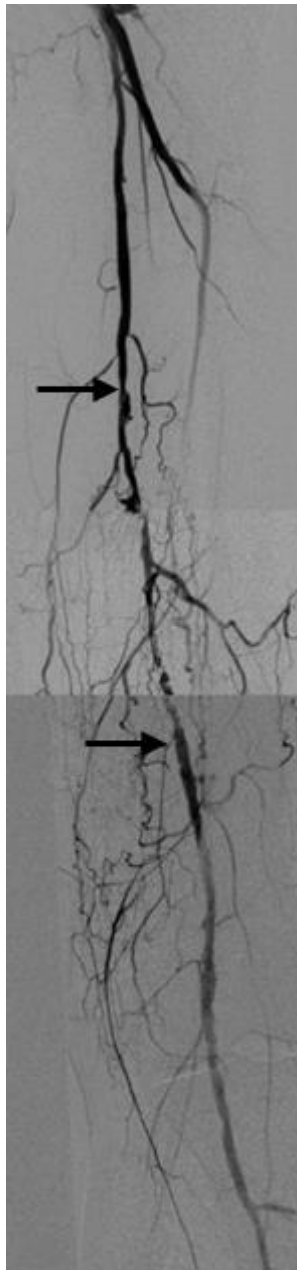


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

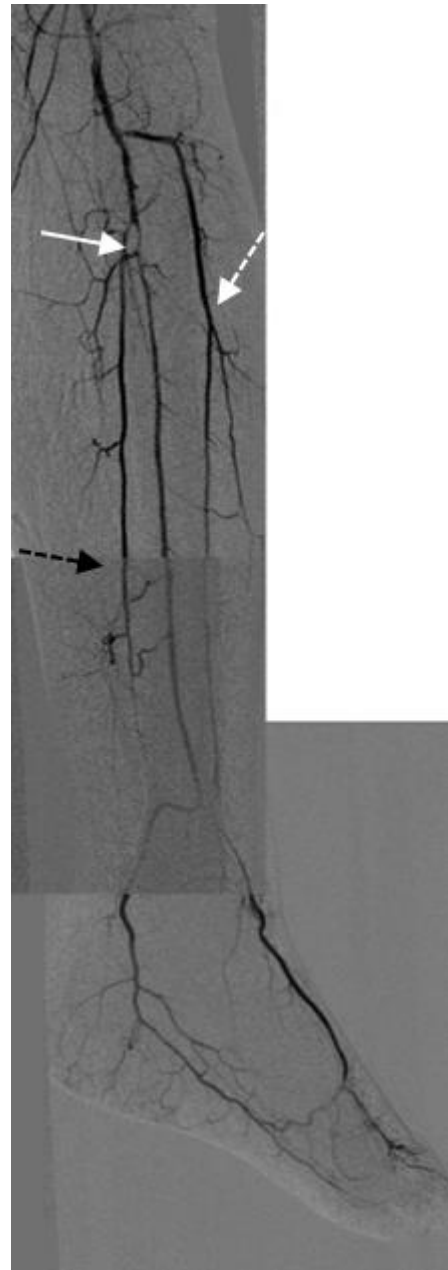


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. Исходные ангиограммы левой нижней конечности, Пациент К.

а - Множественные стенозы и окклюзии средней трети поверхностной бедренной артерии (указаны черными стрелками);

б - гипоплазированная задняя большеберцовая артерия (указана черной пунктирной стрелкой), гипоплазированная передняя большеберцовая артерия (указана белой пунктирной стрелкой), критический стеноз малоберцовой артерии (a. peronea magna) в проксимальной трети (указан белой стрелкой).

Fig. 2. Initial angiograms of the left lower limb. Patient K.

a - multiple stenosis and occlusion of the middle third of the superficial femoral artery (indicated by black arrows);
 b - hypoplasized posterior tibial artery (indicated by a black dotted arrow), hypoplasized anterior tibial artery (indicated by a white dotted arrow), critical stenosis of the peroneal artery (a. peronea magna) in the proximal third (indicated by a white arrow).

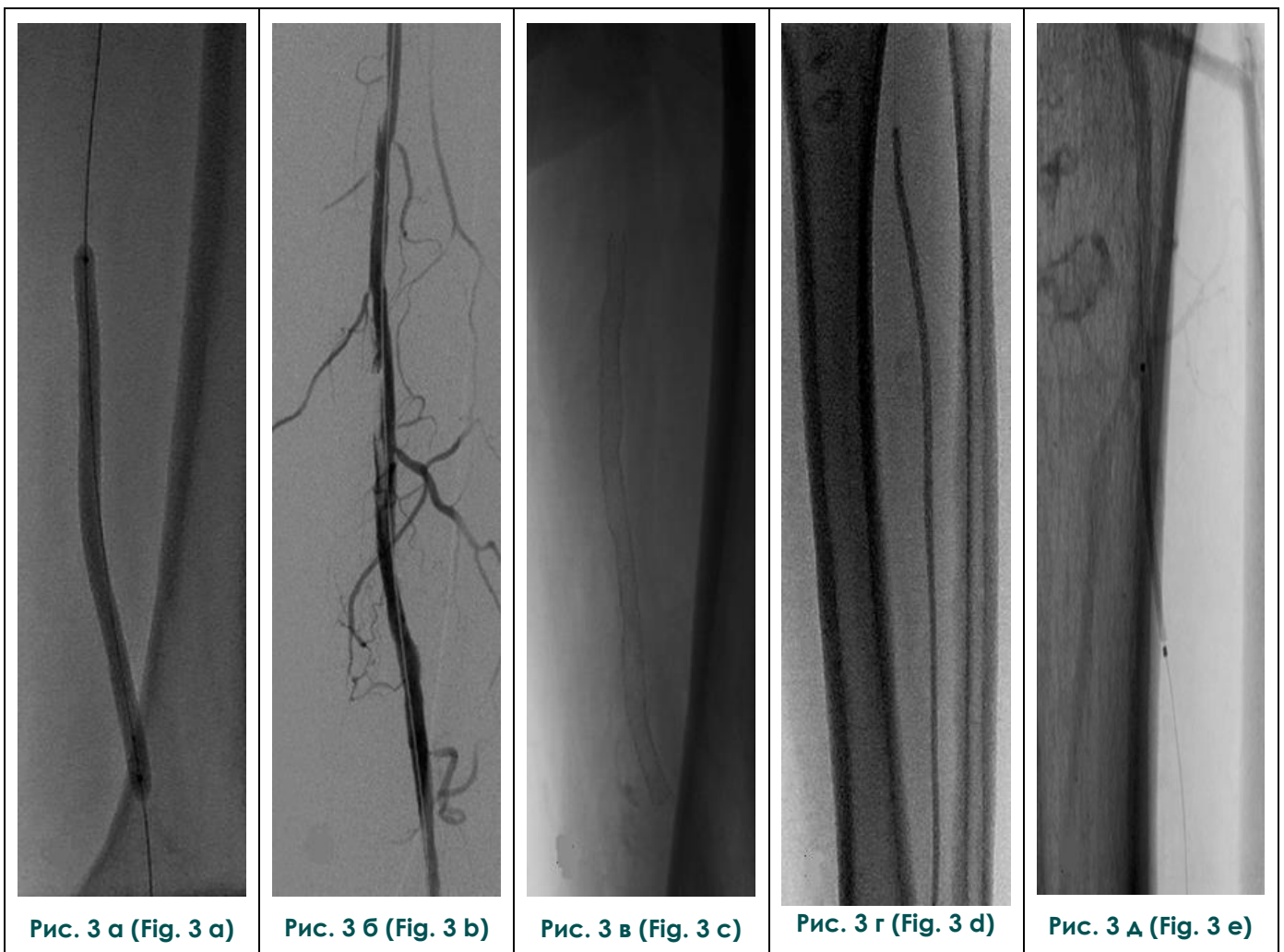


Рис. 3. Ангиограммы. Этапы рентгенэндоваскулярного вмешательства, Пациент К.

- а - Баллонная ангиопластика поверхностной бедренной артерии (ПБА);
- б - контрольная ангиограмма ПБА, видны множественные диссекции интимы лимитирующие кровотоки;
- в - имплантированный нитиноловый самораскрывающийся стент в ПБА;
- г - баллонная ангиопластика малоберцовой артерии (a. peronea magna);
- д - имплантация коронарного стента в проксимальный сегмент малоберцовой артерии (a. peronea magna).

Fig. 3. Angiograms. Patient K., stages of X-ray endovascular intervention.

- a - balloon angioplasty of the superficial femoral artery (PBA);
- b - control angiogram of the PBA, showing multiple dissections of intima limiting blood flow;
- c - implanted nitinol self-opening stent in the PBA;
- d - balloon angioplasty of the peroneal artery (a. peronea magna);
- e - implantation of a coronary stent in the proximal segment of the peroneal artery (A. peronea Magna).



Рис. 4 а (Fig. 4 а)

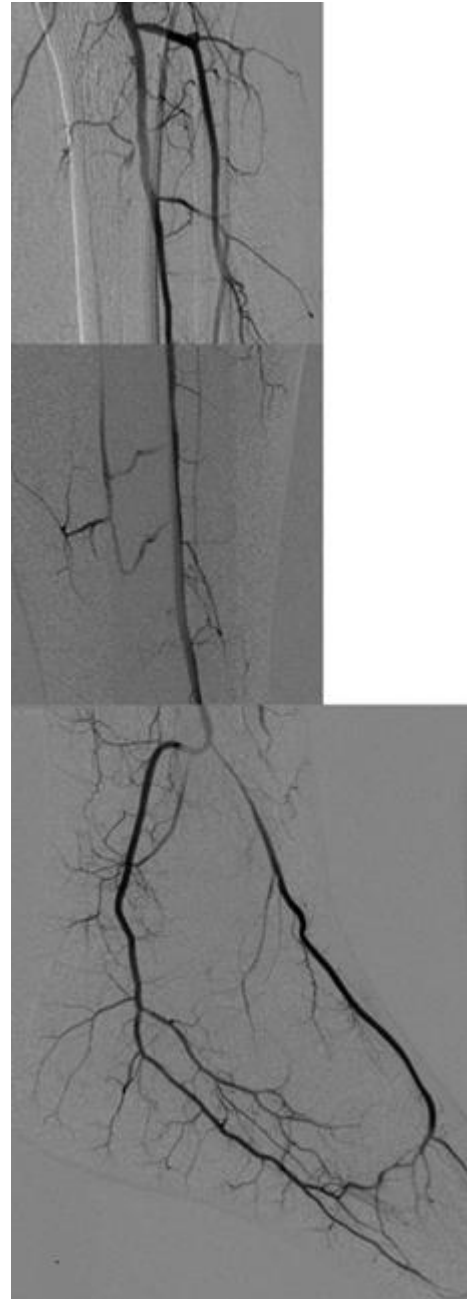


Рис. 4 б (Fig. 4 б)

Рис. 4. Ангиограммы левой нижней конечности после РЭВ, Пациент К.

а - Состояние ПБА после ангиопластики и имплантации стента нитинолового стента;

б - состояние малоберцовой артерии (а. peronea magna) после ангиопластики и имплантации стента, состояние артерий стопы.

Fig. 4. Angiograms. Patient K., angiograms of the left lower limb after REV.

a - the state of PBA after angioplasty and stent implantation of the nitinol stent;

b - the state of the peroneal artery (a. peronea magna) after angioplasty and stent implantation, the state of the foot arteries.

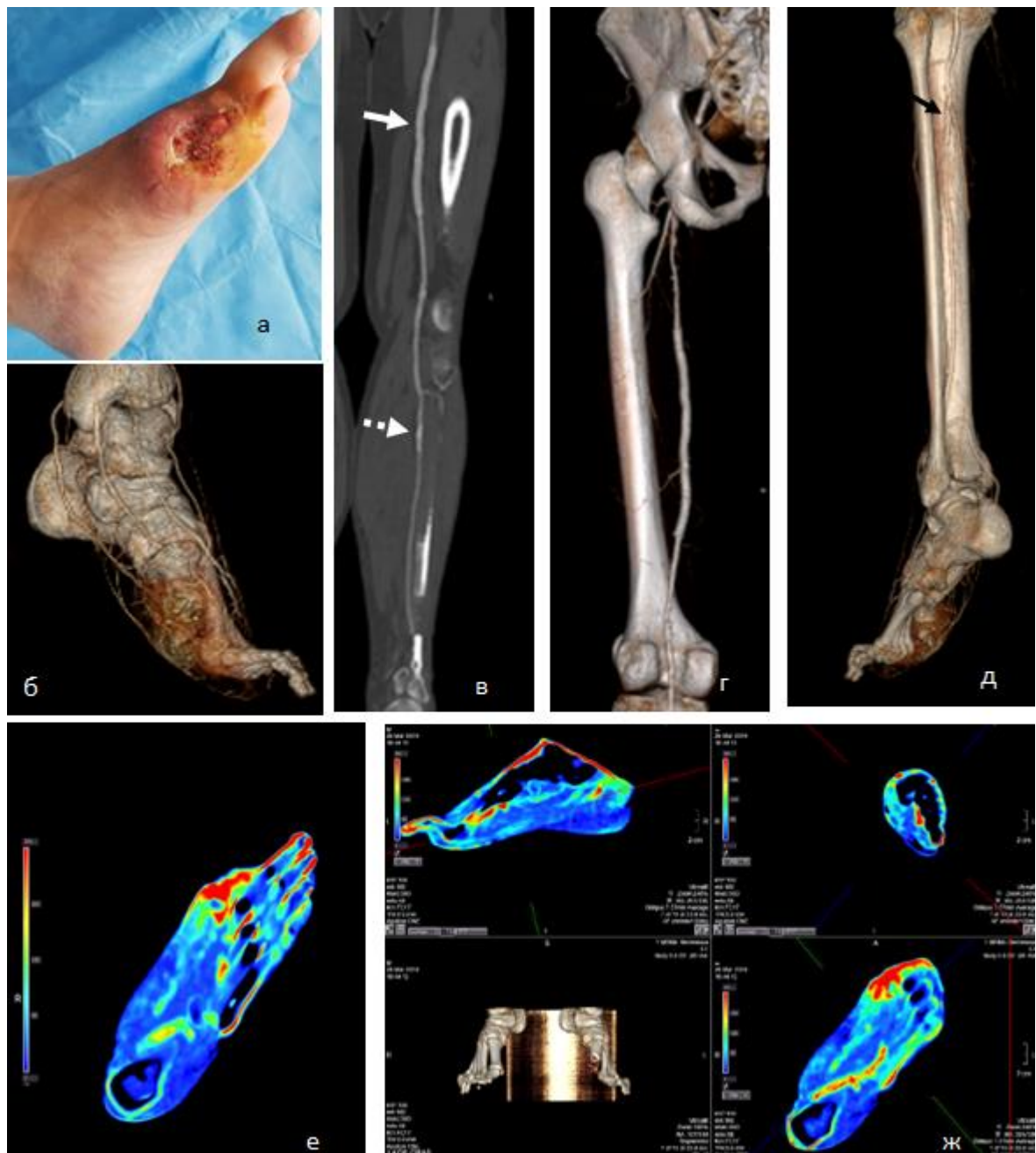


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. Пациент К., 55 лет. а) Фотография, состояние стопы через 1,5 месяца после РЭВ; б) 3D – реконструкция, послеоперационные изменения; в) МСКТ-ангиография нижней конечности после имплантации нитинолового стента в ПБА (указана стрелкой) и имплантации коронарного стента в проксимальный отдел малоберцовой артерии (указана пунктирной стрелкой); г) 3D – реконструкция, картина поверхностной бедренной артерии после имплантации стента; д) 3D – реконструкции, артерий голени после имплантации коронарного стента в малоберцовую артерию (а. peronea magna) (указан стрелкой); е) МСКТ перфузия левой стопы, зона гиперперфузии в области заживления тканей; ж) МСКТ-перфузия левой стопы в трёх плоскостях через 1,5 месяца после реваскуляризации.

Fig. 5.

Patient K., 55 years old. a) the condition of the foot after 1.5 months after revascularization; b) 3D reconstruction - postoperative changes; c) CT-angiography of the lower extremity after implantation of a nitinol stent in the SFA (arrow) and implantation of coronary stent in the proximal peroneal artery (indicated by the dashed arrow); d) 3D reconstruction - pattern of the superficial femoral artery after stent implantation; e) 3D reconstruction of the arteries of the tibia after implantation of coronary stent in the peroneal artery (a. peronea magna) (arrow); i) CT-perfusion of the left foot - hyperperfusion zone in the area of tissue healing; g) CT-perfusion of the left foot in three planes 1.5 months after revascularization.

особенно важно при лечении язвенно-некротических поражений на стопе в свете ангиосомной концепции, позволяющей выполнить целевую реваскуляризацию зоны ишемии. Кроме того, этот метод позволяет контролировать перфузию после РЭВ.

Таким образом современные методы КТ являются эффективными для оценки зон ишемии нижних конечностей, планировании стратегии и тактики рентгенэндоваскулярной рева-

скуляризации, а также позволяют оценить динамику кровоснабжения тканей стопы после реваскуляризации.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список Литературы:

1. Krause D., Burghaus I., Thiem U. et al. The Risk of Peripheral Artery Disease in Older Adults - Seven-Year Results of the get ABI Study. 2016; 45 (5): 403-10. doi: 10.1024/0301-1526/a000556.
2. Diehm C., Allenberg J.R., Pittrow D. et al. Mortality and Vascular Morbidity in Older Adults With Asymptomatic Versus Symptomatic Peripheral Artery Disease. 2009; 120 (21): 2053-61. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.865600.
3. Fowkes F.G.R., Rudan D., Rudan I. et al. Comparison of Global Estimates of Prevalence and Risk Factors for Peripheral Artery Disease in 2000 and 2010: A Systematic Review and Analysis Copyright. 2013; 382 (9901): 1329-40. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61249-0.
4. Raval Z., Losordo D.W. Cell Therapy of Peripheral Arterial Disease: From Experimental Findings to Clinical Trials. 2013; 112 (9): 1288-302. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300565.
5. Carrington A.L., Mawdsley S.K., Morley M., Kinsey J., Boulton A.J. Psychological Status of Diabetic People With or Without Lower Limb Disability. Diabetes Res Clin Pract. 1996; 32 (1-2): 19-25.
6. Федотенков И.С., Веселова Т.Н., Имаев Т.Е., Комлев А.Е., Никонова М.Е., Акчурин Р.С., Терновой С.К. Многосрезовая спиральная компьютерная томография в планировании

- транскатетерной замены аортального клапана. Вестник рентгенологии и радиологии. 2011; (4): 18-23.
7. Miles K.A. et al. Perfusion CT: A Worthwhile Enhancement? Br J Radiol. 2003; 76 (904): 220-31. doi: 10.1259/bjr/13564625
 8. Barfett J. et al. An en Bloc Approach to CT Perfusion for the Evaluation of Limb Ischemia. Int J Cardiovasc Imaging. 2012. doi: 10.1007/s10554-011-9978-z
 9. Kalender W.A. Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2005. PP. 65-169.
 10. Otero H.J., Steigner M.L., Rybicki F.J. The "Post-64" era of coronary CT angiography understanding new technology from physical principles (review). Radiol Clin North Am. 2009; 47 (1): 79-90 doi: 10.1016/j.rcl.2008.11.001.
 11. Iezzi R., Santoro M., Dattesi R. et al. Foot CT perfusion in patients with peripheral arterial occlusive disease (PAOD): A feasibility study. Europ. J. of Radiol. 2013; 82 (9): e455-64. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.12.021.
 12. Hur S. et al. Quantitative Assessment of Foot Blood Flow by Using Dynamic Volume Perfusion CT Technique: A Feasibility Study Radiology. 2016; 279 (1): 195-206. doi: 10.1148/radiol.2015150560.

References:

1. Krause D., Burghaus I., Thiem U. et al. The Risk of Peripheral Artery Disease in Older Adults - Seven-Year Results of the get ABI Study. 2016; 45 (5): 403-10. doi: 10.1024/0301-1526/a000556.
2. Diehm C., Allenberg J.R., Pittrow D. et al. Mortality and Vascular Morbidity in Older Adults With Asymptomatic Versus Symptomatic Peripheral Artery Disease. 2009; 120 (21): 2053-61. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.865600.
3. Fowkes F.G.R., Rudan D., Rudan I. et al. Comparison of Global Estimates of Prevalence and Risk Factors for Peripheral Artery Disease in 2000 and 2010: A Systematic Review and Analysis Copyright. 2013; 382 (9901): 1329-40. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61249-0.
4. Raval Z., Losordo D.W. Cell Therapy of Peripheral Arterial Disease: From Experimental Findings to Clinical Trials. 2013; 112 (9): 1288-302. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300565.
5. Carrington A.L., Mawdsley S.K., Morley M., Kinsey J., Boulton A.J. Psychological Status of Diabetic People With or Without Lower Limb Disability. Diabetes Res Clin Pract. 1996; 32 (1-2): 19-25.
6. Fedotenkov I.S., Veselova T.N., Imaev T.E., Komlev A.E., Nikonova M.E., Akchurin R.S., Ternovoy S.K. Multislice spiral computed tomography in planning transcatheter aortic valve re-

- placement. Bulletin of radiology and radiology. 2011; (4): 18-23 (in Russian).
7. Miles K.A. et al. Perfusion CT: A Worthwhile Enhancement? Br J Radiol. 2003; 76 (904): 220-31. doi: 10.1259/bjr/13564625
 8. Barfett J. et al. An en Bloc Approach to CT Perfusion for the Evaluation of Limb Ischemia. Int J Cardiovasc Imaging. 2012. doi: 10.1007/s10554-011-9978-z
 9. Kalender W.A. Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2005. PP. 65-169.
 10. Otero H.J., Steigner M.L., Rybicki F.J. The "Post-64" era of coronary CT angiography understanding new technology from physical principles (review). Radiol Clin North Am. 2009; 47 (1): 79-90 doi: 10.1016/j.rcl.2008.11.001.
 11. Iezzi R., Santoro M., Dattesi R. et al. Foot CT perfusion in patients with peripheral arterial occlusive disease (PAOD): A feasibility study. Europ. J. of Radiol. 2013; 82 (9): e455-64. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.12.021.
 12. Hur S. et al. Quantitative Assessment of Foot Blood Flow by Using Dynamic Volume Perfusion CT Technique: A Feasibility Study Radiology. 2016; 279 (1): 195-206. doi: 10.1148/radiol.2015150560.