



DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-90-102

Балльная оценка сопротивления оттока при поражениях бедренно-подколенных артерий с помощью МСКТ-ангиографии

Маслов А.Л.^{1, 2*}, Зотиков А.Е.²

¹ ООО "РЭМСИ Диагностика Рус", Москва, Россия

² ФГБУ "Институт хирургии им. А.В. Вишневского" Минздрава России, Москва, Россия

A Score of Run-Off (Outflow) Resistance in Lesions Femoropopliteal Arteries Using MSCT Angiography

Maslov A.L.^{1, 2*}, Zotikov A.E.²

¹ "RAMSAY Diagnostics Rus", Moscow, Russia

² A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow, Russia

Несмотря на проводимое лечение, у 10–20% больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей прогрессирование заболевания приводит к ампутации, показатели летальности при этом составляют до 50%.

Цель исследования: определить эффективность выполнения МСКТ-ангиографии у пациентов с поражением бедренно-подколенных артерий по типу D согласно TASC II с критической ишемией нижних конечностей и плохим состоянием путей оттока для выполнения артериализации венозного кровотока и/или наложения артериовенозной фистулы.

Материал и методы. Проведен анализ 145 МСКТ-ангиографических исследований у пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей, выполненных в "РЭМСИ Диагностика Рус", Москва. Для анализа выбраны 53 (37% от общего числа) пациента с поражениями бедренно-подколенного сегмента по типу D согласно TASC II. Проведен анализ состояния путей артериального оттока по модифицированной классификации Рутерфорда, где каждой артерии голени максимально присваивалось 3 балла в зависимости от сте-

пени стеноза, сопротивление тока крови оценивалось как 0 баллов – отсутствие стеноза или стеноз менее 20%, 1 балл – стеноз 20–49%, 2 балла – стеноз 50–99%, 3 балла – окклюзия.

Результаты. Рассчитана степень сопротивления артерий путей оттока 39 конечностей (16 правых и 23 левых) у 53 пациентов: 10 баллов – в 23,7% случаев, 9 баллов – в 5,1%, 8 баллов – в 2,5%, 7 баллов – в 18%, 6 баллов – в 5%, 5 баллов – в 2,5%, 4 балла – в 15,4%, 3 балла – в 7,7%, 2 балла – 0, 1 балл – в 20,5%. У пациентов с плохими путями артериального оттока, при балле больше 7, высокий риск раннего тромбирования протеза, поэтому таким пациентам выполняется операция с формированием разгрузочной артериовенозной фистулы.

Заключение. МСКТ-ангиография артерий нижних конечностей эффективный метод для определения степени тяжести поражения артерий с точным определением уровня, степени, распространенности с возможностью использования различных классификаций, в том числе TASC II и балльной классификации по Рутерфорду, может использоваться в качестве скринин-

Для корреспонденции*: Маслов Алексей Леонидович – 117556 Москва, Чонгарский бульвар, 18-1-7. Тел.: +7-916-713-47-57.

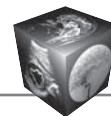
E-mail: maslow@list.ru

Маслов Алексей Леонидович – аспирант отдела лучевых методов диагностики ФГБУ "Институт хирургии им. А.В. Вишневского" МЗ РФ, врач-рентгенолог ООО "РЭМСИ Диагностика Рус", Москва; **Зотиков Андрей Евгеньевич** – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения сосудистой хирургии ФГБУ "Институт хирургии им. А.В. Вишневского" МЗ РФ, Москва.

Contact*: Aleksey L. Maslov – 117556, Russia, Moscow, Chongarsky Boulevard, 18-1-7. Phone: +7-916-713-47-57.

E-mail: maslow@list.ru

Aleksey L. Maslov – postgraduate student of radiology department of A.V. Vishnevsky Ministry of Health of the Russian Federation, radiologist of REMSI Diagnostics Rus, Moscow; **Andrey E. Zotikov** – doct. of med. sci., professor, leading research assistant of the department of vascular surgery of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.



говой, экспертной методики у пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей, может быть альтернативой прямой ангиографии, использована для оценки пациентов в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: облитерирующие заболевания периферических артерий, схема оценки оттока, балльная классификация путей оттока, компьютерная томография, ангиография.

Ссылка для цитирования: Маслов А.Л., Зотиков А.Е. Балльная оценка сопротивления оттока при поражениях бедренно-подколенных артерий с помощью МСКТ-ангиографии. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (2): 90–102.

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-90-102.

Despite the ongoing treatment, in 10–20% of patients with obliterating diseases of the arteries of the lower limbs, the progression of the disease leads to amputation, with mortality rates being up to 50%.

The aim: to determine the effectiveness of MSCT angiography in patients with type-D femoral-popliteal arteries according to TASC II with critical ischemia of the lower extremities and poor condition of outflow tracts for performing arterialization of venous blood flow and / or superimposition of arteriovenous fistula.

Material and methods. 145 MSCT angiographic studies were performed for patients with arterial diseases of the lower extremities performed in “RAMSAY Diagnostics Rus” Moscow. For the analysis, 53 (37% of the total) of the patient with lesions of the femoropopliteal segment of Type D according to TASC II were selected. The analysis of the state of the arterial outflow pathways was carried out according to the modified Rutherford classification, where each artery of the shin was maximally assigned 3 points depending on the degree of stenosis, the blood flow resistance was estimated as 0 points – the absence of stenosis or stenosis less than 20%, 1 point stenosis 20–49% 2 points stenosis 50–99%, 3 points – occlusion.

Results. The degree of resistance of arteries of outflow tracts of 39 limbs (16 right and 23 left) was calculated in 53 patients: 10 points in 23.7% of cases; 9 points in 5.1%; 8 points – 2.5%; 7 points 18%, 6 points in 5%; 5 points 2.5%; 4 points 15.4%; 3 points 7.7%; 2 points 0; 1 point 20.5%. In patients with poor arterial outflow, with a score greater than 7, there is a high risk of early thrombosis of the prosthesis, so such patients undergo an operation with the formation of an unloading arteriovenous fistula.

Conclusion. MSCT angiography of the arteries of the lower extremities is an effective method for determining the severity of arterial damage with an accurate definition of the level, extent, prevalence with the possibility of using different classifications, including TASC II and the Rutherford classification. It can be used as a screening, expert method in patients with arterial diseases of the lower extremities, may be an alternative to direct angiography, used to assess patients in the postoperative period.

Key words: peripheral arterial disease, outflow score, ball classification of outflow tracts, runoff score, computed tomography, angiography.

Recommended citation: Maslov A.L., Zotikov A.E. A Score of Run-Off (Outflow) Resistance in Lesions Femoropopliteal Arteries Using MSCT Angiography. *Medical visualization*. 2017; 21 (2): 90–102.

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-90-102.

Введение

Число больных с критической ишемией нижних конечностей растет во всем мире в результате старения населения, увеличения заболеваний диабетом и большого количества курящих. При подтверждении диагноза критической ишемии нижней конечности к концу первого года только 45% больных имеют шанс сохранения конечности, 55% выполняется ампутация, из них около 30% продолжают жить после ампутации бедра или голени, 25% умирает [1], в течение 4 лет частота ампутаций составляет от 35 до 67% с уровнем смертности от 52 до 64% [2].

Увеличивается смертность от заболеваний артерий нижних конечностей: в 1990 г. умерли 16 000 человек, в 2013 г. – 41 000 [3].

На тактику лечения больного с ишемией нижних конечностей, выбор типа и вида оперативного вмешательства (эндоваскулярное лечение или открытые шунтирующие операции) влияют не только клинические проявления заболевания, но и степень выраженности поражения артериального русла, особенности расположения стенозов и окклюзий, их протяженность, состояние артерий притока и оттока [1]. В Национальных рекомендациях по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей 2013 г. [1] приведены соответствующие схемы поражений аортоподвздошного и бедренно-подколенного сегментов, что позволяет наглядно представить обоснование показаний к эндоваскулярным процедурам или открытым операциям в тех или иных случаях, при морфологических сдвигах типа D по классификации TASC результаты эндоваскулярного лечения не позволяют использовать его в качестве первичной терапии.

Одна из причин раннего тромбоза шунта – плохое состояние путей оттока, при плохих путях оттока в первые 2 года после операции тромбоз протезов наблюдается в 40–55% случаев [4].

У больных с критической ишемией нижних конечностей и плохим состоянием путей оттока, когда нет возможности выполнить стандартную реконструктивную операцию, альтернативой ампутации конечности является выполнение артериализации венозного кровотока [1] или наложение артериовенозной фистулы для предотвращения тромбоза шунта в ранние сроки после операции. Такие операции позволяют предотвратить ампутацию более чем у 80% больных [5].

Наибольший материал накоплен в отделении хирургии сосудов Института хирургии им. А.В. Вишневского, где артериализацию венозного кровотока выполняют с 1986 г. [6].



Однако в Национальных рекомендациях по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей 2013 г. [1] нет разъяснений, как оценивать дистальное русло, не определена степень выраженности путей оттока, от состояния которых зависит проходимость шунта в ранние послеоперационные сроки.

В настоящее время МСКТ-исследования, в том числе с внутривенным болюсным контрастированием (МСКТ-ангиография), доступны для догоспитальной диагностики. Поэтому для планирования реконструктивно-восстановительных сосудистых операций у пациентов с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей нужна адаптация балльной системы оценки состояния артерий оттока по полученным результатам исследований, в том числе при выполнении МСКТ-ангиографии.

Цель исследования

Определить эффективность выполнения МСКТ-ангиографии у пациентов с поражением бедренно-подколенных артерий по типу D согласно TASC II с критической ишемией нижних конечностей и плохим состоянием путей оттока для выполнения артериализации венозного кровотока и/или наложения артериовенозной фистулы; оценить возможность использования балльной классификации состояния путей артериального оттока по Рутерфорду в модификации Покровского при использовании МСКТ-ангиографии.

Материал и методы

Проанализированы все МСКТ-исследования, выполненные амбулаторно на базе “РЭМСИ Диагностика Рус” (Москва) в 2016 г.

Для профилактики развития контраст-индуцированной нефропатии использовали минимально необходимые дозы контрастного вещества – 1–1,5 мл/кг массы тела в концентрации не более 350 мг йода/мл. У всех пациентов группы риска (больные с заболеваниями почек, перенесшие хирургические операции на почках, имеющие протеинурию, сахарный диабет, гипертоническую болезнь, подагру, пациенты старше 70 лет) оценивается функция почек путем расчета скорости клубочковой фильтрации (СКФ) с учетом пола, возраста и уровня креатинина в плазме крови [7].

При величине СКФ ≤ 45 мл/мин/1,73 м² поверхности тела пациентам рекомендовалось обсудить с лечащим/направившим на исследование врачом альтернативные методы визуализации и/или проведения КТ-исследования в условиях стационара с гидратацией до и после контрастирования [8–10].

Исследования проведены на мультиспиральном компьютерном томографе GE Optima CT660, 64 ряда детекторов, общая ширина детекторов 40 мм, скорость вращения трубки – один оборот за 0,7 с, напряжение 100 кВ, сила тока 350 мА, толщина срезов 1,25 мм, шаг 1,375:1 (55 мм), скорость охвата рабочей зоны 78,57 мм/с. Время сканирования 20–30 с. Внутривенное (в локтевую вену) болюсное введение 100–120 мл контрастного вещества со скоростью 4–5 мл/с и 60 мл болюса физиологического раствора со скоростью 3–5 мл/с. Применение болюса физиологического раствора позволяет использовать весь потенциал болюса контрастного вещества в артериальную фазу, так как происходит вымывание его из венозного русла, создает более компактный болюс, повышая амплитуду контрастирования аорты в артериальную фазу [11].

Обработку результатов выполняли на рабочей станции Advantage Windows Workstation 4.6. Полученные результаты оценивали в стандартной аксиальной плоскости, при построении мультипланарных реконструкций (multiplanar reformation – MPR), проекций максимальной интенсивности (maximum intensity projection – MIP), напоминающих классические ангиограммы, выполнении специальных реконструкций с возможностью линейного построения каждой артерии с полуавтоматической оценкой степени стеноза или аневризм. Для наглядности выявленных изменений, для простоты оценки результатов исследования сосудистым хирургом выполняли построение объемных изображений (“volume rendering” – VR).

Все результаты исследований записывали в DICOM формате на DVD-диск с программой для просмотра на любом персональном компьютере с системой Windows и сохраняли в PACS с возможностью дистанционного просмотра пациентом или его лечащим врачом. Часть более наглядных изображений печатали на пленку.

Всего было выполнено 147 МСКТ-ангиографических исследований артерий нижних конечностей. Из анализа исключено 2 исследования: у пациента 17 лет с новообразованием бедра и у пациента 45 лет с артериовенозными свищами. Проанализированы результаты 145 исследований у 140 пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей, из них 5 наблюдались в течение года повторно. Обследовано 32 (23%) женщины в возрасте от 30 до 88 лет (средний возраст 66 лет) и 108 (77%) мужчин в возрасте от 27 до 86 (средний возраст 64,7 года).

Атеросклеротические изменения в подколенной артерии, артериях голени и стопы описаны



у 91 пациента, изменения только в подколенной артерии – у 57 пациентов.

Для анализа выбраны 53 (37% от общего числа) пациента с хроническими тотальными окклюзиями общей бедренной артерии или поверхностной бедренной артерии более 20 см, с вовлечением подколенной артерии и хроническими тотальными окклюзиями подколенной артерии и ее трифуркации – с поражениями бедренно-подколенного сегмента по типу D согласно TASC II [12], фрагмент схемы поражения представлен на рис. 1.

У этих пациентов проведен анализ состояния путей артериального оттока по балльной системе оценки путей оттока, предложенной Р.Б. Рутерфордом в 1997 г. [13], с изменениями А.В. Покровского [5]. Предложенная балльная классификация универсальна, может быть использована для расчета сопротивления при наложении анастомоза на любую артерию нижней конечности – от подвздошной до артерий стопы.

Артерии притока или пути притока – это артерии проксимальнее выбранного уровня, обычно уровень наложения проксимального анастомоза; артерии оттока или пути оттока – артерии дистальнее выбранного уровня, обычно уровень за стенозом или окклюзией, область наложения дистального анастомоза.

Общий балл сопротивления оттока складывается из балла значения артерии, от ее вклада в общее сопротивление оттока (локализации), умноженного на балл степени стеноза.

Балл локализации – значение вклада каждой артерии в общий балл путей оттока в зависимости от расположения дистального анастомоза. Принципы присвоения баллов локализации или вклада для артерий нижних конечностей в зависимости от предполагаемого места расположения дистального анастомоза представлены в табл. 1.

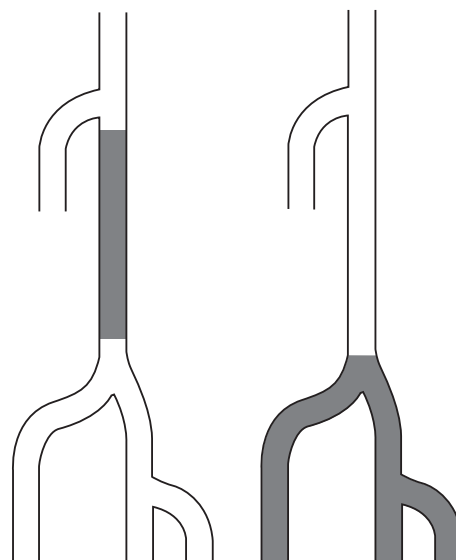


Рис. 1. Схематическое изображение поражения типа D по классификации TASC II (адаптировано из [12]).

При наличии одной артерии оттока ей присваивается 3 балла вклада, при наличии двух артерий оттока более важной, крупной присваивается 2 балла, второй артерии присваивается 1 балл, при наличии трех артерий каждой присваивается по баллу.

Баллы стеноза (от 0 до 3) присваиваются каждой артерии в зависимости от степени стеноза. Неизменным артериям с отсутствием стенозов или стенозами менее 20% присваивается 0 баллов, при наличии стеноза от 20 до 49% – 1 балл, при стенозе от 50 до 99% – 2 балла, при окклюзии – 3 балла. Принципы присвоения баллов стеноза для артерий голени представлены в табл. 2. Дополнительно прибавлялся 1 балл на общее периферическое сопротивление.

Таблица 1. Состояние путей оттока – локализация (балл значения вклада артерии)

Расположение дистального анастомоза (артерия)	Балл вклада		
	3	2	1
Общая подвздошная	–	Наружная подвздошная	Внутренняя подвздошная
Наружная подвздошная	Общая бедренная	–	–
Общая бедренная		Поверхностная бедренная	Глубокая бедренная
Подколенная выше колена	Дистальная подколенная	–	–
Подколенная ниже щели коленного сустава	–	–	Передняя большеберцовая Задняя большеберцовая Малоберцовая
Передняя большеберцовая	–	Дистальная большеберцовая	Дуга стопы
Задняя большеберцовая	–	Дистальная большеберцовая	Дуга стопы
Малоберцовая	–	Артерии стопы	Коллатерали в берцовые артерии
Артерия стопы	Артерия стопы		



Таблица 2. Расчет балла стеноза артерии для артерий голени

Степень стеноза	Балл степени стеноза
0–19%	0
20–49%	1
50–99%	2
Окклюзия	3

Таблица 3. Схема расчета балльной оценки состояния оттока по артериям голени

Балл степени стеноза артерии			Общий балл
ПББА +	МБА +	ЗББА +1	= Балл оттока

Подсчет баллов стеноза для артерий оттока стопы: 3 балла – если нет видимых артерий, 2 балла – если видна целевая артерия, но не видна глубокая подошвенная артерия (дуга), 1 балл – если есть один или несколько субкритических стенозов в нецелевой артерии, 0 баллов – если артерии стопы видны и их стеноз не превышает 20%.

Баллы вклада артерии и баллы степени стенозов умножаются и при наличии нескольких артерий складываются между собой. Таким образом, при окклюзии путей оттока будет максимально возможное значение = 10 баллов сопротивления, при отсутствии стенозов более 20% минимально возможное значение = 1 балл сопротивления.

У пациентов с поражением типа D и наложением дистального конца анастомоза на уровне подколенной артерии или тibiоперонеального ствола большое значение имеет состояние путей оттока ниже коленного сустава, то есть по артериям голени. Поэтому мы упростили расчет баллов сопротивления. Каждая артерия голени дает 1 балл вклада в общее сопротивление, поэтому нет необходимости умножать баллы вклада артерии и баллы стеноза. Баллы стенозов трех артерии голени складываются и получается общий балл сопротивления, схема расчета представлена в табл. 3.

Анатомия путей оттока подколенной артерии

Чаще всего подколенная артерия раздваивается на переднюю большеберцовую артерию (ПББА) и тibiоперонеальный ствол; далее тibiоперонеальный ствол делится на заднюю большеберцовую артерию (ЗББА) и малоберцовую артерию (МБА).

Варианты отхождения артерий голени: раннее отхождение ЗББА – первым стволом; отхождение ПББА выше уровня щели коленного сустава; трифуркация подколенной артерии – с отсутствием тibiоперонеального ствола.

Артерии стопы: тыльная артерия стопы обычно является продолжением ПББА; подошвенная ар-

терия обычно является продолжением передней большеберцовой артерии.

Подошвенная дуга, или глубокая подошвенная дуга (*arcus plantaris, deep plantar arch*), – образована глубокой подошвенной артерией, соединяющей тыльную артерию стопы и латеральную подошвенную артерию.

Результаты

Всего проанализированы данные 53 пациентов с поражением бедренно-подколенного сегмента типа D по TASC II, из них окклюзия обеих подколенных артерий была у 4 пациентов, окклюзия правой подколенной артерии – у 14, окклюзия левой подколенной артерии – у 20, окклюзия бедренно-подколенного шунта – у 2, окклюзия бедренно-тibiального шунта – у 2 пациентов.

У одного из пациентов из-за протяженных окклюзий, множественных критических стенозов наружных подвздошных артерий, общих бедренных артерий, протяженных критических стенозов наружных бедренных и подколенных артерий отмечалось слабое контрастирование артерий голени, подошвенных артерий, при этом все равно на аксиальных изображениях было возможно визуализировать пути оттока одной из стоп с дифференцировкой коллатералей от тыльной артерии стопы через глубокую подошвенную артерию к латеральной подошвенной артерии.

Рассчитана степень сопротивления артерий путей оттока 39 конечностей (16 правых и 23 левых) у 53 пациентов: 10 баллов – в 23,7% случаев, 9 баллов – в 5,1%, 8 баллов – в 2,5%, 7 баллов – в 18%, 6 баллов – в 5%, 5 баллов – в 2,5%, 4 балла – в 15%, 3 балла – в 7,7%, 2 балла – 0, 1 балл – в 20,5%.

При балле оттока больше 7 высок риск раннего тромбирования протеза. Как видно из данных табл. 4, у 31% пациентов были плохие пути артериального оттока, поэтому таким пациентам в ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” МЗ РФ выполняют операции с формированием разгрузочной артериовенозной фистулы.

Представляем примеры подсчета баллов у пациентов с плохими путями оттока.

На рис. 2 представлены МСКТ-ангиограммы пациента 1, 58 лет, степень поражения путей оттока для артерий правой голени 8 баллов, для левой – 7 баллов. Расчет балла оттока для правой нижней конечности: окклюзии ПББА = 3 балла + окклюзии МБА 3 балла + стенозы <50% ЗББА 1 балл + 1 балл = 8 баллов. Расчет балла оттока для левой нижней конечности: окклюзия ПББА 3 балла



Таблица 4. Предполагаемые операции в зависимости от полученного балла оттока

Балл	%	Предполагаемая операция
1	20,5	69% обычные прямые реконструкции
2	0	
3	7,7	
4	15,3	
5	2,5	
6	5	
7	18	
8	2,5	31% разгрузочная артериовенозная фистула
9	5	
10	23,5	

+ стенозы ≥ 50 МБА 2 балла + стенозы $< 50\%$ ЗББА 1 балл + 1 балл = 7 баллов.

На рис. 3 представлены МСКТ-ангиограммы правой стопы того же пациента. Видно, что окклюзирована тыльная артерия стопы. Четко видно контрастирование латеральной подошвенной артерии стопы и глубокой подошвенной артерии.

Пациент 2, 56 лет, степень поражения путей оттока для артерий правой голени 9 баллов. На рис. 4 представлены VR-изображения, вид сзади и справа, наглядно видна степень поражения артерий голени, также видны фрагменты окклюзированного шунта. Расчет балла оттока для правой нижней конечности: окклюзия ПББА 3 балла + стенозы ≥ 50 МБА 2 балла + окклюзия ЗББА 3 балла + 1 балл = 9 баллов. Для изучения состояния окклюзированного шунта, исключения парапротезных изменений используются аксиальные изображения. На рис. 5 представлены изображения в аксиальной плоскости на уровне фрагментов окклюзированного шунта. Правая нижняя конечность – в подкожной жировой клетчатке медиальных отделов правого коленного сустава и правой голени видны фрагменты окклюзированного шунта без парапротезных изменений. Левая нижняя конечность – хорошо видны подколенная артерия с утолщенными стенками без гемодинамически значимых стенозов (см. рис. 5, а) и контрастированные берцовые артерии (см. рис. 5, б).

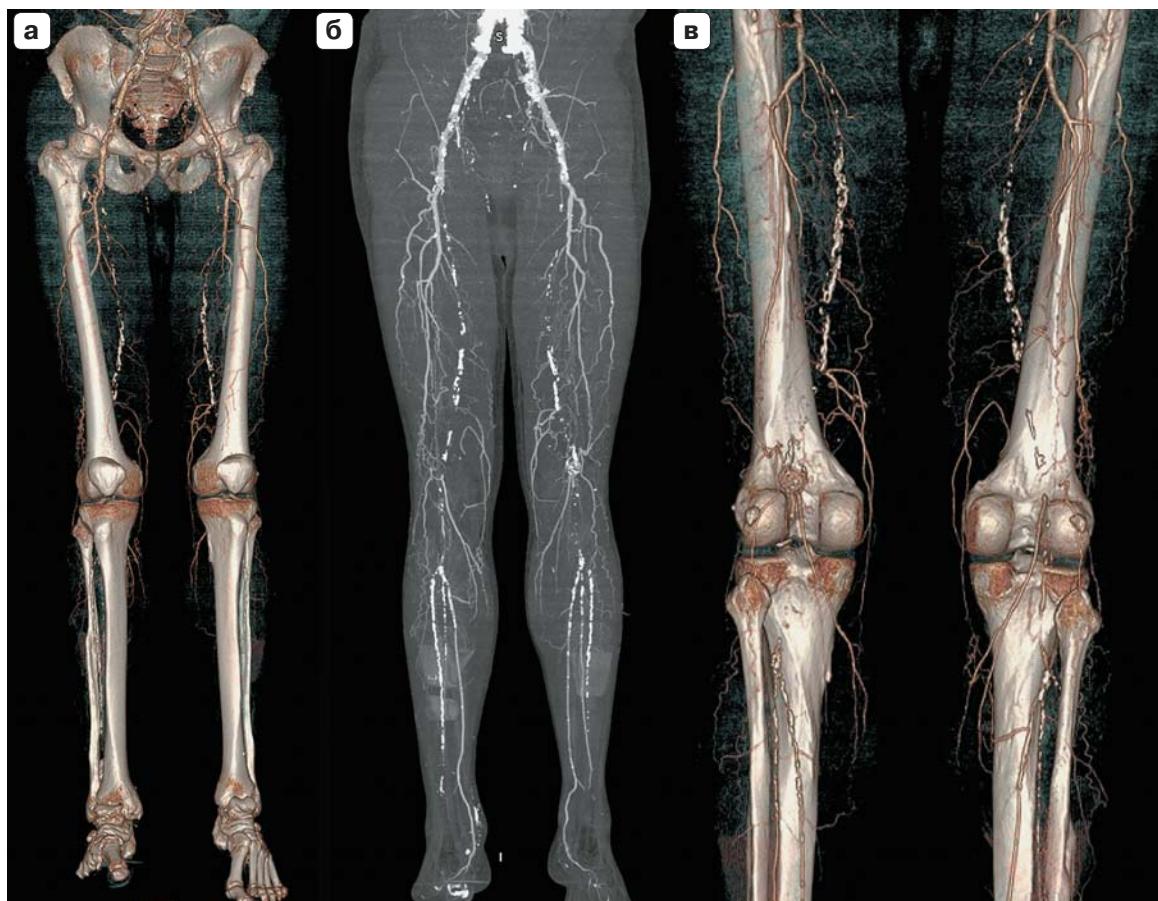


Рис. 2. МСКТ-ангиограммы пациента 1, 58 лет. а – VR, вид спереди, видны протяженные окклюзии поверхностных бедренных артерий; б – MIP, хорошо видны массивные обызвествления; в – VR, вид сзади, наглядно видно состояние берцовых артерий.

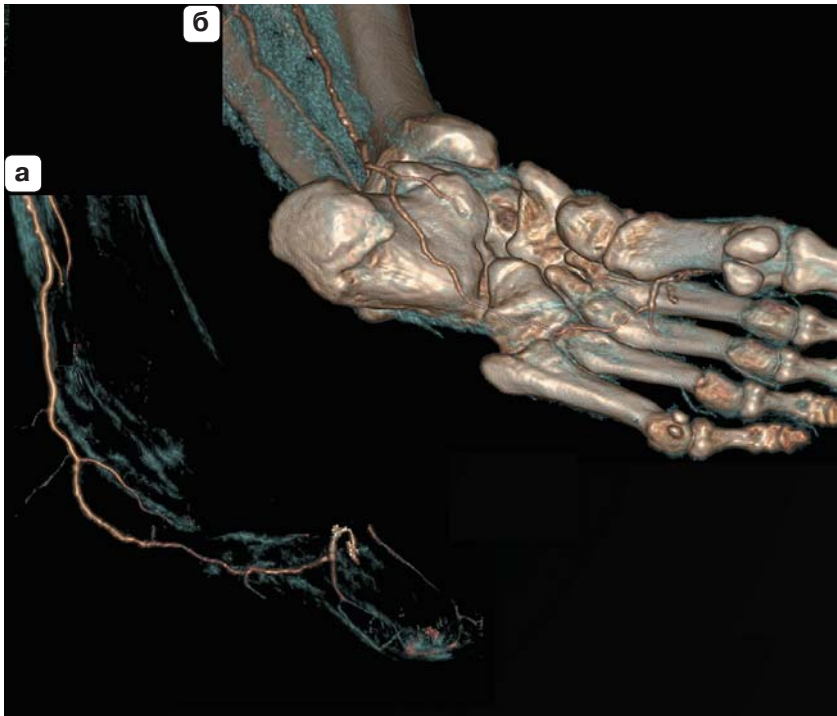


Рис. 3. МСКТ-ангиограммы пациента 1, 58 лет. VR-изображения артерий правой стопы, вид снизу. а – вид с удалением костей; б – вид с костями стопы. Окклюзия тыльной артерии стопы. Контрастирование латеральной подошвенной артерии стопы, глубокой подошвенной артерии.



Рис. 4. МСКТ-ангиограммы пациента 2, 56 лет. VR-изображения, вид сзади и справа. Степень поражения путей оттока артерий правой голени 9 баллов. Видны фрагменты тромбированного шунта.

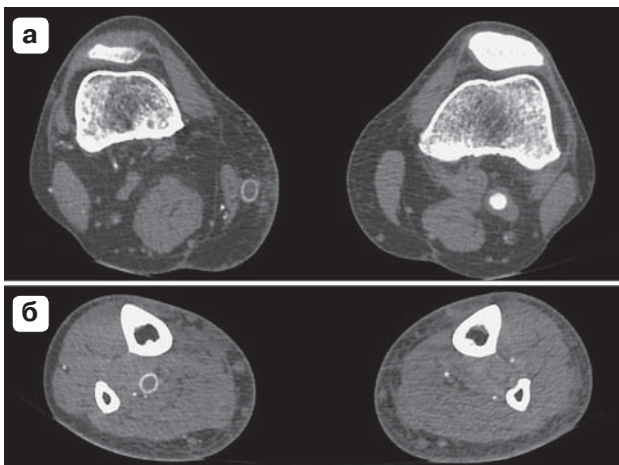


Рис. 5. МСКТ-ангиограммы пациента 2, 56 лет, аксиальная плоскость на уровне фрагментов окклюзированного шунта. а – на уровне коленных суставов; б – на уровне нижней трети голени.

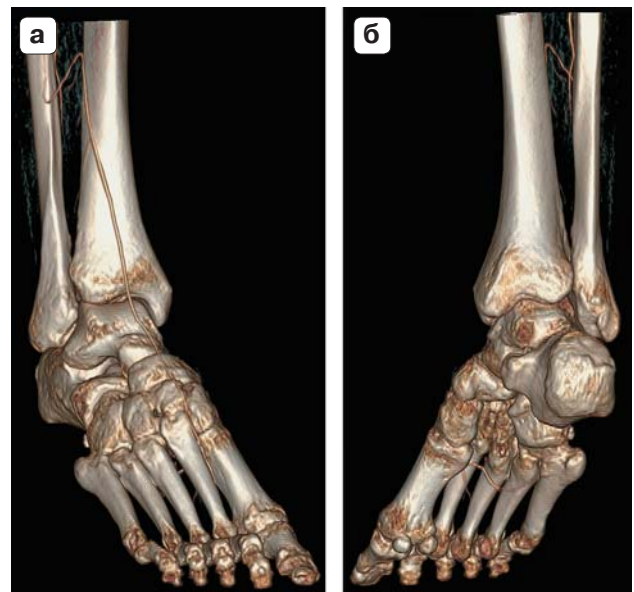


Рис. 6. VR-изображения нижней трети правой голени и правой стопы пациента 2, 56 лет. а – вид спереди и справа; б – вид сзади и слева. Контрастирование тыльной артерии стопы по коллатерали из малоберцовой артерии, контрастирование глубокой подошвенной артерии – коллатеральное кровоснабжение подошвы.

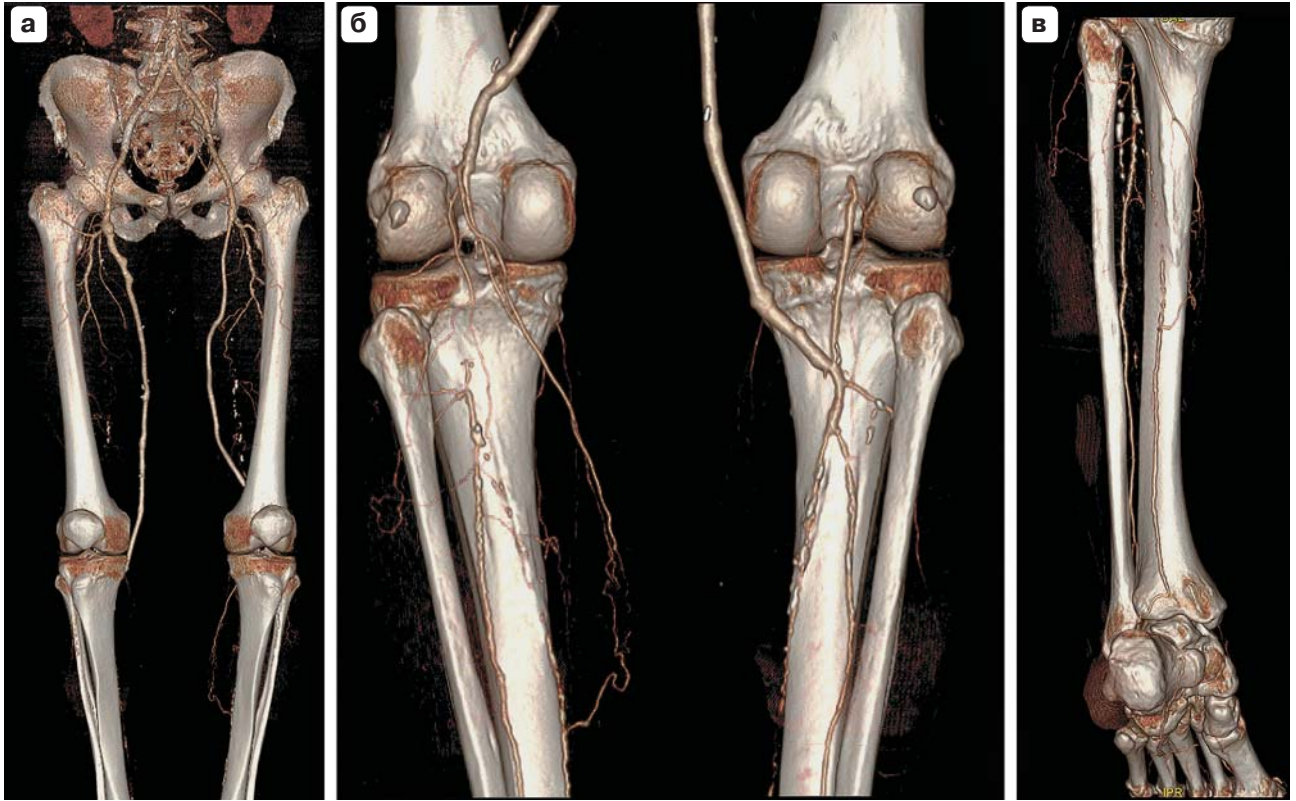
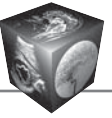


Рис. 7. МСКТ-ангиограммы пациента 3, 78 лет. VR-изображения артерий нижних конечностей. а – вид спереди; б – вид сзади на уровне коленных суставов и верхней трети голени; в – вид сзади, левая голень. Степень поражения путей оттока 8–9 баллов. Состояние после двустороннего бедренно-подколенного шунтирования 10 лет назад: на правой нижней конечности ниже щели коленного сустава; на левой нижней конечности выше коленного сустава; шунты проходимы.

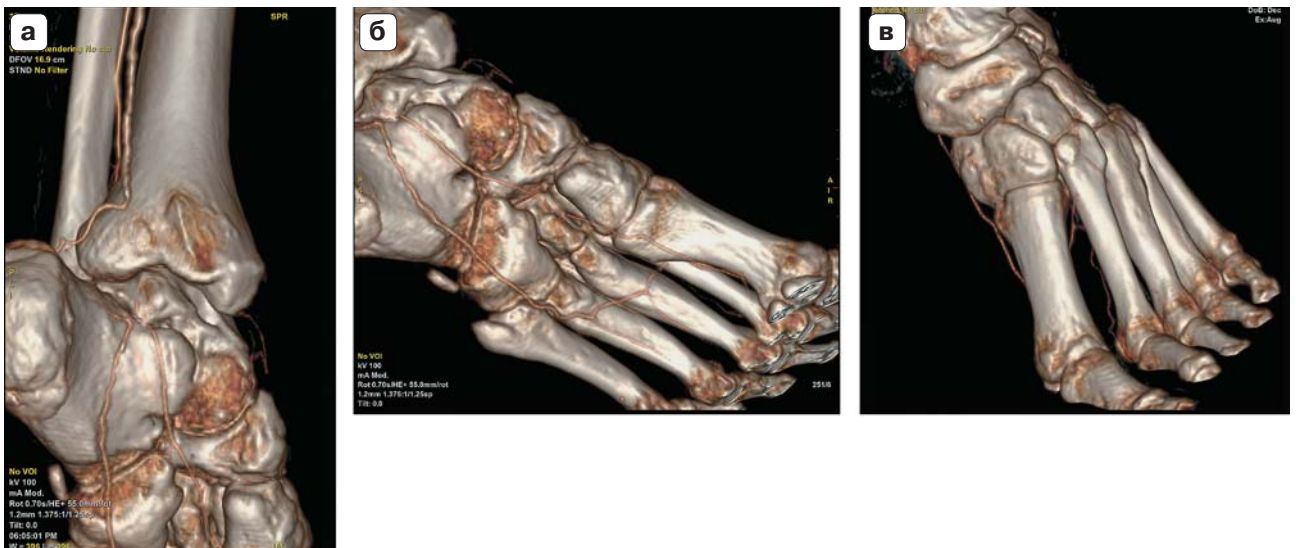


Рис. 8. VR-изображения артерий левой стопы пациента 3, 78 лет. а – вид сзади, справа и снизу; б – вид снизу и справа, вид справа и сверху. Окклюзия тыльной артерии стопы, окклюзия дистальных отделов задней большеберцовой артерии. Контрастирование латеральной и медиальной подошвенных артерий по коллатералям. Видна глубокая подошвенная артерия (дуга).



Наглядно показать состояние артерий стопы у пациента 2 можно на VR-изображениях (рис. 6), на которых видна окклюзия ПББА и ЗББА, окклюзия латеральной подошвенной артерии, контрастирование тыльной артерии стопы по коллатерали из МБА, контрастирование глубокой подошвенной артерии – коллатеральное кровоснабжение подошвы.

Пациент 3, 78 лет, степень поражения путей оттока для артерий правой голени 8 баллов, левой голени 9 баллов, состояние после двустороннего бедренно-подколенного шунтирования 10 лет назад: справа – ниже щели коленного сустава; слева – выше коленного сустава; кровоток по шунтам сохранен (рис. 7). Расчет балла оттока для правой нижней конечности: окклюзия ПББА 3 балла + критические стенозы МБА 2 балла + стенозы ≥ 50 ЗББА 2 балла + 1 балл = 8 баллов. Расчет балла оттока для левой нижней конечности: окклюзия ПББА 3 балла + стенозы ≥ 50 МБА 2 балла + окклюзия ЗББВ 3 балла + 1 балл = 9 баллов.

На рис. 8 видно, что у пациента окклюзия тыльной артерии стопы, окклюзия дистальных отделов ЗББА. Контрастирование латеральной и медиальной подошвенных артерий по коллатералам. Отчетливо видна глубокая подошвенная артерия (дуга).

Обсуждение

Оценка состояния артерий оттока у больных с заболеваниями артерий нижних конечностей важна для выбора правильной тактики лечения, особенно при критической ишемии конечности с целью сохранения конечности.

Подробно алгоритм оценки исходного состояния путей оттока и оценка их влияния на ближайшие и отделенные результаты лечения больных с облитерирующими заболеваниями бедренно-подколенно-тибиального сегмента представлены в работе А.В. Покровского и Д.И. Яхонтова, где при исследовании 92 пациентов, у 45,7% было плохое состояние путей оттока, расчет проводился на основании выполненной ангиографии [4].

Мы не нашли работ по использованию балльной классификации путей оттока, предложенной Рутерфордом и рекомендованной для использования в России А.В. Покровским на основании выполненных МСКТ- или МРТ-исследований. В своем руководстве А.В. Покровский указывает, что эта классификация состояния путей оттока может применяться к любому уровню наложения анастомоза, использование схемы ограничено качеством информации, полученной по ангиограммам, и она не исключает применения других

классификаций, также классификация может использоваться частично в виде упрощенной, четырехуровневой (значения от 0 до 3) [5].

Нами использована упрощенная балльная классификация, которая может быть применена при любом методе диагностической визуализации, в том числе при выполнении чрескожной артериальной ангиографии, МР-ангиографии.

Последние публикации свидетельствуют о сопоставимости субтракционной ангиографии, МСКТ и МРТ [14–16].

Некоторые авторы сообщают, что МСКТ имеет небольшие преимущества перед МР-ангиографией при первичной оценке заболеваний артерий нижних конечностей [17].

В отличие от субтракционной ангиографии при МСКТ-ангиографии не требуется госпитализация пациента, нет рисков, связанных с возможными осложнениями (кровотечения, инфекция, разрыв сосуда, атероземболия, ложная аневризма, артериовенозная фистула) [1]. При МСКТ-исследовании используются меньшие объемы контрастного вещества и меньше лучевая нагрузка.

Ряд авторов предлагают способы снижения лучевой нагрузки при проведении МСКТ-исследования путем снижения напряжения на трубке до 70–100 кВ [18, 19].

В других работах представлены данные о снижении точности диагностики при МСКТ-исследованиях у пациентов с выраженным кальцинозом артерий голени, более выраженном при сахарном диабете [20–22]. Диагностические характеристики мультidetекторной КТ-ангиографии в подколенной области были ниже, но незначительно отличались от таковых при аортальном ($p > 11$) и бедренно-подколенном ($p > 40$) сегментах [23], в нашем исследовании таких пациентов не было.

В 2007 г. (TASC II) были обновлены руководящие принципы международного консенсуса в отношении ведения заболеваний артерий нижних конечностей, со времени опубликования TASC II появились инновации в эндоваскулярных методах реваскуляризации. В 2015 г. было опубликовано исследование, дополняющее анатомическую классификацию поражений TASC II схемой поражения артерий голени (табл. 5), а также обновленный обзор литературы по новым эндоваскулярным методикам и практикам, применяемым сегодня сосудистыми специалистами [24]. Но эта классификация поражений артерий голени пока не утверждена в России.

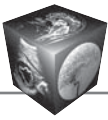
Возможно использование оценки состояния артерий оттока по классификации Боллингера, о чем свидетельствует публикация по результатам



Таблица 5. Схема поражения артерий голени TASC II (адаптировано из [24])

Поражения по типу	Описание поражения	Схематическое изображение
TASC A	Единый локальный стеноз протяженностью ≤ 5 см в целевой берцовой артерии с окклюзией или стенозом, аналогичным или более худшим в других берцовых артериях	
TASC B	Множественные стенозы каждый протяженностью ≤ 5 см или общей протяженностью ≤ 10 см и/или Единая окклюзия протяженностью ≤ 3 см в целевой берцовой артерии с аналогичными или более выраженными окклюзией или стенозами в других берцовых артериях	
TASC C	Множественные стенозы в целевой берцовой артерии и/или Единая окклюзия с общей протяженностью поражения > 10 см с аналогичными или более выраженными окклюзией или стенозами в других берцовых артериях	
TASC D	Множественные окклюзии, вовлекающие целевую берцовую артерию с общей протяженностью поражения > 10 см, или плотная кальцификация поражения или не визуализирующиеся коллатерали. Другие берцовые артерии окклюзированы либо плотно кальцинированы	

Примечание. Незаштрихованная область представляет собой целевое поражение; область внутри заштрихованного прямоугольника – типичную болезнь фона.



сравнения МСКТ-ангиографии и цифровой субтракционной ангиографии. В работе проанализировано 100 пациентов (127 конечностей) и сделан вывод, что методика балльной оценки Боллингера является полезным инструментом для оценки состояния путей оттока при использовании МСКТ-ангиографии, но эта классификация более сложная и не рекомендована для использования [25].

МСКТ-исследование с болюсным контрастированием (МСКТ-ангиография) может быть использована перед выполнением запланированной прямой ангиографии: для предоперационного планирования эндоваскулярного вмешательства; перед селективной ангиографией; для сокращения времени при проведении прицельного обследования, а следовательно, снижения облучения пациента и персонала.

МСКТ-ангиография – достойная альтернатива прямой ангиографии у пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей, позволяет оценить состояние дистального артериального русла у пациентов с критический ишемией нижних конечностей, с выделением группы больных с плохими путями артериального оттока, обреченных на ампутацию конечности, для проведения операций артериализации венозного русла, формирования артериовенозных фистул, таким образом, спасения конечности и соответственно продление жизни пациентам.

Кроме того, достоинствами и преимуществами МСКТ-ангиографии являются возможность выполнения исследований в амбулаторных условиях, значительно меньший по сравнению с прямой ангиографией риск осложнений и меньшая доза контрастного вещества; возможность наблюдения пациентов в послеоперационном периоде с изучением динамики изменений, что невыполнимо при МРТ-исследованиях, в первую очередь в связи с искажением изображений, связанных с послеоперационными артефактами, потерей МР-сигнала ретроградно контрастирующихся сосудов.

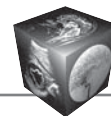
Заключение

МСКТ-ангиография артерий нижних конечностей эффективный метод для определения степени тяжести поражения артерий с точным определением уровня, степени, распространенности с возможностью использования различных классификаций, в том числе TASC II и балльной классификации по Рутерфорду, может использоваться в качестве скрининговой, экспертной методики у пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей, может быть альтернативой прямой ангиографии, а также использована для оценки пациентов в послеоперационном периоде. Луче-

вая нагрузка при МСКТ-ангиографии ниже, чем при прямой ангиографии. Используемые объемы контрастного вещества меньше, чем при прямой ангиографии.

Список литературы

1. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей (Российский согласительный документ). М., 2013. 67 с.
2. Reinecke H., Unrath M., Freisinger E., Bunzemeier H., Meyborg M., Lüders F., Gebauer K., Roeder N., Berger K., Malyar N.M. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *Eur. Heart J.* 2015; 36 (15): 932–938. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv006.
3. GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2015; 385 (9963): 117–171. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61682-2.
4. Покровский А.В., Яхонтов Д.И. Значение оценки путей оттока при бедренно-берцовых реконструкциях. *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова.* 2013; 4: 104–112.
5. Клиническая ангиология. Практическое руководство в 2 томах; под ред. академика А.В. Покровского. М.: Медицина, 2004. 888 с.
6. Покровский А.В., Дан В.Н., Хоровец А.Г., Чупин А.В. Артериализация венозного кровотока стопы в лечении тяжелой ишемии у больных с окклюзиями артерий голени и нефункционирующей плантарной дугой. *Хирургия.* 1990; 5: 35–42
7. Кармазановский Г.Г., Поляев Ю.А., Юдин А.Л., Шимановский Н.Л. Современные рентгеноконтрастные средства и нефропатия: как снизить риск развития почечной недостаточности? *Медицинская визуализация.* 2007; 1: 135–144.
8. ESUR Contrast Medium Safety Committee. ESUR guidelines on contrast media, version 8.1. European Society of Urogenital Radiology. <http://www.esur.org/guidelines/en/index.php> (дата обращения 25.03.2017)
9. American College of Radiology. ACR manual on contrast media. Version 10.2, 2016 <https://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/Contrast-Manual> (дата обращения 25.03.2017).
10. Кармазановский Г.Г., Ревивили А.Ш. Факторы риска и патофизиология контраст-индуцированной нефропатии после мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением. *Медицинская визуализация.* 2017; 1: 103–115. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-1-103-115.
11. Кондратьев В.Е., Кармазановский Г.Г. Оптимизация протоколов мультidetекторной компьютерной томографии. *Медицинская визуализация.* 2009; 3: 131–133.
12. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A., Nehler M.R., Harris K.A., Fowkes F.G.; TASC II Working Group., Bell K., Caporusso J., Durand-Zaleski I., Komori K., Lammer J., Liapis C., Novo S., Razavi M., Robbs J., Schaper N., Shigematsu H., Sapoval M., White C., White J., Clement D., Creager M., Jaff M., Mohler E., 3rd, Rutherford R.B., Sheehan P., Sillesen H., Rosenfield K. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial



- Disease (TASC II). *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2007; 33, Suppl. 1: S1–75.
13. Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, Johnston KW, Porter JM, Ahn S, Jones DN. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J. Vasc. Surg.* 1997; 26 (3): 517–538.
 14. Fotiadis N., Kyriakides C., Bent C., Vorvolakos T., Matson M. 64-section CT angiography in patients with critical limb ischaemia and severe claudication: comparison with digital subtractive angiography. *Clin. Radiol.* 2011; 66 (10): 945–952. DOI: 10.1016/j.crad.2011.04.015.
 15. Keeling A.N., Farrelly C., Carr J.C., Yaghamai V. Technical considerations for lower limb multidetector computed tomographic angiography. *Vasc. Med.* 2011; 16 (2): 131–143. DOI: 10.1177/1358863X10388347.
 16. Jens S., Koelemay M., Reekers J.A., Bipat S. Diagnostic performance of computed tomography angiography and contrast-enhanced magnetic resonance angiography in patients with critical limb ischaemia and intermittent claudication: systematic review and meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2013; 23 (11): 3104–3114. DOI: 10.1007/s00330-013-2933-8.
 17. Ouwendijk R., de Vries M., Pattynama P.M., van Sambeek M.R., de Haan M.W., Stijnen T., van Engelshoven J.M., Hunink M.G. Imaging peripheral arterial disease: a randomized controlled trial comparing contrast-enhanced MR angiography and multi-detector row CT angiography. *Radiology.* 2005; 236 (3): 1094–1103.
 18. Busch H.P., Hoffmann H.G., Rock J., Schneider C. Diagnostic Efficiency of Low-Dose CT Angiography Compared With Conventional Angiography in Peripheral Arterial Occlusions. *Am. J. Roentgenol.* 2013; 201 (6): W906–14. DOI: 10.2214/AJR.12.10209.
 19. Кондратьев Е.В., Кармазановский Г.Г., Широков В.С., Вишневская А.В., Швец Е.В. Низкодозовая КТ-ангиография аорты и периферических артерий. *Медицинская визуализация.* 2013; 5: 11–12.
 20. Ouwendijk R., Kock M.C., van Dijk L.C., van Sambeek M.R., Stijnen T., Hunink M.G. Vessel wall calcifications at multi-detector row CT angiography in patients with peripheral arterial disease: effect on clinical utility and clinical predictors. *Radiology.* 2006; 241 (2): 603–608.
 21. Heijenbrok-Kal M.H., Kock M.C., Hunink M.G. Lower extremity arterial disease: multidetector CT angiography meta-analysis. *Radiology.* 2007; 245 (2): 433–439.
 22. Lim J.C., Ranatunga D., Owen A., Spelman T., Galea M., Chuen J., Lim R.P. Multidetector (64+) Computed Tomography Angiography of the Lower Limb in Symptomatic Peripheral Arterial Disease: Assessment of Image Quality and Accuracy in a Tertiary Care Setting. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2017; 41(2): 327–333. DOI: 10.1097/RCT.0000000000000494.
 23. Heijenbrok-Kal M.H., Kock M.C., Hunink M.G. Lower extremity arterial disease: multidetector CT angiography meta-analysis. *Radiology.* 2007; 245 (2): 433–439.
 24. Jaff M.R., White C.J., Hiatt W.R., Fowkes G.R., Dormandy J., Razavi M., Reekers J., Norgren L. An update on methods for revascularization and expansion of the TASC lesion classification to include below-the-knee arteries: A supplement to the inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II): The TASC steering committee. *Ann. Vascular Dis.* 2015; 8 (4): 343–357. DOI: 10.3400/avd.tasc.15-01000.
 25. Akai T., Yamamoto K., Okamoto H., Shigematsu K., Otsu H., Watanabe T., Miyata T. Usefulness of the Bollinger scoring method in evaluating peripheral artery angiography with 64-low computed tomography in patients with peripheral arterial disease. *Int. Angiol.* 2014; 33 (5): 426–433.
- ## References
1. National guidelines for management of patients with lower extremity arterial disease (Russian consensus document) M., 2013. 67 p. (In Russian)
 2. Reinecke H., Unrath M., Freisinger E., Bunzemeier H., Meyborg M., Lüders F., Gebauer K., Roeder N., Berger K., Malyar N.M. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *Eur. Heart J.* 2015; 36 (15): 932–938. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv006.
 3. GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2015; 385 (9963): 117–171. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61682-2.
 4. Pokrovskiy A.V., Jakhontov D.I. Value assessment in outflow tract reconstruction femoral-tibial. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova.* 2013; 4: 104–112. (In Russian)
 5. Clinical Angiology. A practical guide in 2 volumes; Ed. by academician A.V. Pokrovsky. M.: Medicine, 2004. 888 p. (In Russian)
 6. Pokrovskiy A.V., Dan V.N., Horovec A.G., Chupin A.V. Arterialization of the venous flow of the foot in the treatment of severe ischemia in patients with occlusion of the arteries of the lower leg and a non-functioning plantar arch. *Khirurgiya.* 1990; 5: 35–42. (In Russian)
 7. Karmazanovsky G.G., Poliaev J.A., Judin A.L., Shimanovsky N.L. The Modern X-ray Contrast Agents and Nephropathy: how to Reduce a Hazard of Development of Renal Failure? *Medical Visualization.* 2007; 1: 135–144. (In Russian)
 8. ESUR Contrast Medium Safety Committee. ESUR guidelines on contrast media, version 8.1. European Society of Urogenital Radiology. <http://www.esur.org/guidelines/en/index.php> (дата обращения 25.03.2017)
 9. American College of Radiology. ACR manual on contrast media. Version 10.2, 2016 <https://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/Contrast-Manual> (дата обращения 25.03.2017).
 10. Karmazanovsky G.G., Revishvili A.Sh. Risk Factors and Pathophysiology of Contrast- Induced Nephropathy after Contrast Enhanced Multidetector Computed Tomography. *Medical visualisation.* 2017; 1: 103–115. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-1-103-115 (In Russian)
 11. Kondratyev V.E., Karmazanovsky G.G. Optimisation of Reports of the Multidetector Computer Tomography. *Medical Visualization.* 2009; 3: 131–133. (In Russian)
 12. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A., Nehler M.R., Harris K.A., Fowkes F.G.; TASC II Working Group., Bell K., Caporusso J., Durand-Zaleski I., Komori K., Lammer J., Liapis C., Novo S., Razavi M., Robbs J., Schaper N., Shigematsu H., Sapoval M., White C., White J., Clement D., Creager M., Jaff M., Mohler E., 3rd, Rutherford R.B., Sheehan P., Sillesen H., Rosenfield K. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial



- Disease (TASC II). *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2007; 33, Suppl. 1: S1–75.
13. Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, Johnston KW, Porter JM, Ahn S, Jones DN. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J. Vasc. Surg.* 1997; 26 (3): 517–538.
 14. Fotiadis N., Kyriakides C., Bent C., Vorvolakos T., Matson M. 64-section CT angiography in patients with critical limb ischaemia and severe claudication: comparison with digital subtractive angiography. *Clin. Radiol.* 2011; 66 (10): 945–952. DOI: 10.1016/j.crad.2011.04.015.
 15. Keeling A.N., Farrelly C., Carr J.C., Yaghmai V. Technical considerations for lower limb multidetector computed tomographic angiography. *Vasc. Med.* 2011; 16 (2): 131–143. DOI: 10.1177/1358863X10388347.
 16. Jens S., Koelemay M., Reekers J.A., Bipat S. Diagnostic performance of computed tomography angiography and contrast-enhanced magnetic resonance angiography in patients with critical limb ischaemia and intermittent claudication: systematic review and meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2013; 23 (11): 3104–3114. DOI: 10.1007/s00330-013-2933-8.
 17. Ouwendijk R., de Vries M., Pattynama P.M., van Sambeek M.R., de Haan M.W., Stijnen T., van Engelshoven J.M., Hunink M.G. Imaging peripheral arterial disease: a randomized controlled trial comparing contrast-enhanced MR angiography and multi-detector row CT angiography. *Radiology.* 2005; 236 (3): 1094–1103.
 18. Busch H.P., Hoffmann H.G., Rock J., Schneider C. Diagnostic Efficiency of Low-Dose CT Angiography Compared With Conventional Angiography in Peripheral Arterial Occlusions. *Am. J. Roentgenol.* 2013; 201 (6): W906–14. DOI: 10.2214/AJR.12.10209.
 19. Kondratyev E.V., Karmazanovsky G.G., Shirokov V.S., Vishnevskaya A.V., Shvec E.V. Low Radiation Dose MDCT Angiography of the Aorta and Peripheral Arteries: Effect of Hybrid Iterative Reconstruction Technique on Image Quality. *Medical Visualization.* 2013; 5: 11–12. (In Russian)
 20. Ouwendijk R., Kock M.C., van Dijk L.C., van Sambeek M.R., Stijnen T., Hunink M.G. Vessel wall calcifications at multi-detector row CT angiography in patients with peripheral arterial disease: effect on clinical utility and clinical predictors. *Radiology.* 2006; 241 (2): 603–608.
 21. Heijnenbrok-Kal M.H., Kock M.C., Hunink M.G. Lower extremity arterial disease: multidetector CT angiography meta-analysis. *Radiology.* 2007; 245 (2): 433–439.
 22. Lim J.C., Ranatunga D., Owen A., Spelman T., Galea M., Chuen J., Lim R.P. Multidetector (64+) Computed Tomography Angiography of the Lower Limb in Symptomatic Peripheral Arterial Disease: Assessment of Image Quality and Accuracy in a Tertiary Care Setting. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2017; 41(2): 327–333. DOI: 10.1097/RCT.0000000000000494.
 23. Heijnenbrok-Kal M.H., Kock M.C., Hunink M.G. Lower extremity arterial disease: multidetector CT angiography meta-analysis. *Radiology.* 2007; 245 (2): 433–439.
 24. Jaff M.R., White C.J., Hiatt W.R., Fowkes G.R., Dormandy J., Razavi M., Reekers J., Norgren L. An update on methods for revascularization and expansion of the TASC lesion classification to include below-the-knee arteries: A supplement to the inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II): The TASC steering committee. *Ann. Vascular Dis.* 2015; 8 (4): 343–357. DOI: 10.3400/avd.tasc.15-01000.
 25. Akai T., Yamamoto K., Okamoto H., Shigematsu K., Otsu H., Watanabe T., Miyata T. Usefulness of the Bollinger scoring method in evaluating peripheral artery angiography with 64-low computed tomography in patients with peripheral arterial disease. *Int. Angiol.* 2014; 33 (5): 426–433.

Поступила в редакцию 30.01.2016.
Принята к печати 2.03.2017.

Received on 30.01.2016.
Accepted for publication on 2.03.2017.