

# СРАВНЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ КТ И КАТЕТЕРНОЙ АНГИОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ И ПРОТЯЖЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЙ АРТЕРИЙ ГОЛЕНИ У БОЛЬНЫХ С КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

\***А.Л. Маслов** – [ORCID: 0000-0003-0321-0073]

врач-радиолог<sup>1</sup>, врач-рентгенолог<sup>2</sup>

**Г.Г. Кармазановский** – [ORCID: 0000-0002-9357-0998]

член-корреспондент РАН, д.м.н., профессор, заведующий отделом врач-рентгенолог<sup>1</sup>

**Н.М. Басирова** – [ORCID: 0000-0002-8933-5602]

врач-сосудистый хирург<sup>3</sup>

**А.Ф. Харазов** – [ORCID: 0000-0002-6252-2459]

к.м.н., старший научный сотрудник<sup>1</sup>

**А.Б. Варава** – [ORCID: 0000-0002-2823-5325]

младший научный сотрудник<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского»  
МЗ РФ

<sup>1</sup>117997 Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

<sup>2</sup>Клинический госпиталь «Лапино» ООО «ХАВЕН»

<sup>143081 Российская Федерация, Московская область, 1-е Успенское шоссе, 111</sup>

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования  
МЗ РФ

<sup>125993 Российская Федерация, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1 стр. 1</sup>

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- КТ-ангиография
- критическая ишемия нижних конечностей (КИНК)
- хроническая ишемия угрожающая потерей конечности (ХИУПК)
- классификация GLASS
- поражение артерий голени

## АННОТАЦИЯ:

**Введение:** во всем мире число больных с поражением периферических артерий растет, прогрессирование болезни приводит к хронической ишемии, угрожающей потерей конечности (ХИУПК) с увеличением смертности. Для проведения реваскуляризации требуется точно определить степень и протяженность поражений артерий конечностей, с созданием «дорожной карты» поражений и выбором наименее пораженной артерии – целевого артериального пути.

**Цель:** определить эффективность КТ-ангиографии в диагностике поражений артерий голени у больных с критической ишемией нижних конечностей (КИНК), путем вычисления ее чувствительности и специфичности в сравнении с дигитальной субтракционной ангиографией.

**Материалы и методы:** в исследование включено 26 пациентов (15 мужчин и 11 женщин, средний возраст больных  $69,3 \pm 10,8$  лет) с критической ишемией нижних конечностей, на фоне поражения бедренно-подколенного сегмента артерий типа D по классификации TASC II. Всем пациентам выполнена КТ-ангиография на 64-спиральном компьютерном томографе. Полученные данные были сопоставлены с результатами катетерной ангиографии (дигитальной субтракционной ангиографии), используемой как референсный метод.

**Результаты:** чувствительность КТ-ангиографии в определении степени поражения (стеноза или окклюзии) артерий голени составила 100% и 94%, специфичность – 83% и 96%, соответственно. Общая точность КТ-ангиографии в берцовом сегменте составила 87% для стенозов и 94% для окклюзий. По результатам КТА массивный кальцинов выявлен в 13% наблюдений от общего числа проанализированных артерий. При оценке этих артерий по данным ДСА большая часть артерий (11 из 12) были окклюзированы, а протяженность окклюзий в 8 случаях была максимальной по классификации GLASS (протяженность более 1/3 длины артерии). Определено наличие сильных корреляционных связей между КТ-ангиографией и цифровой ангиографией о наличии окклюзий, стенозов >50% и их протяженности.

**Выводы:** КТ-ангиография является высокинформативным методом диагностики степени и протяженности поражений артерий голени у больных с критической ишемией нижних конечностей.

**Для цитирования.** Маслов А.Л., Кармазановский Г.Г., Басирова Н.М., Харазов А.Ф., Варава А.Б., «СРАВНЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ КТ И КАТЕТЕРНОЙ АНГИОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ И ПРОТЯЖЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЙ АРТЕРИЙ ГОЛЕНІ У БОЛЬНЫХ С КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ». Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ. 2021; 15(4): 28–35.

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Маслов Алексей Леонидович (Maslov Aleksei L.), e-mail: maslow@doctor.com

# COMPARISON OF CAPABILITY OF CT AND CATHETER ANGIOGRAPHY IN ASSESSMENT OF DEGREE AND EXTENSION OF SHIN ARTERY LESION IN PATIENTS WITH CRITICAL LIMB ISCHEMIA

\***Maslov A.L.** – [ORCID: 0000-0003-0321-0073]  
MD<sup>1,2</sup>

**Karmazanovskiy G.G.** – [ORCID: 0000-0002-9357-0998]

MD, PhD, professor, corresponding member of RAS<sup>1</sup>

**Basirova N.M.** – [ORCID: 0000-0002-8933-5602]

MD<sup>3</sup>

**Kharazov A.F.** – [ORCID: 0000-0002-6252-2459]

MD, PhD<sup>1</sup>

**Varava A.B.** – [ORCID: 0000-0002-2823-5325]

MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.V. Vishnevsky NMRC of Surgery  
27, Bolshaya Serpukhovskaya str., Moscow, Russian Federation, 117997

<sup>2</sup>Clinical Hospital «Lapino» LDD «Haven»

111, 1st Uspenskoe highway, Moscow Region, Russian Federation, 143081

<sup>3</sup>Russian medical Academy of continuing professional education of the Ministry of Health of the Russian Federation

2/1, Barrikadnaia str., Moscow, Russian Federation, 125993

## KEY-WORDS:

- CT angiography
- critical limb ischemia (CLI)
- chronic limb-threatening ischemia (CLTI)
- GLASS classification,
- lesion of shin arteries

## ABSTRACT:

**Introduction:** all over the world, the number of patients with peripheral arterial lesions is growing, the progression of the disease leads to the chronic limb-threatening ischemia (CLTI) with an increase in mortality. To carry out revascularization, it is required to accurately determine the degree and length of lesions of arteries of limbs, with the creation of a «road map» of lesions and the choice of the least affected artery – the target arterial pathway.

**Aim:** was to determine the effectiveness of CT angiography in diagnosing lesions of shin arteries in patients with critical lower limb ischemia (CLI) by calculating its sensitivity and specificity in comparison with digital subtraction angiography.

**Materials and methods:** the study included 26 patients (15 men and 11 women, average age of patients  $69,3 \pm 10,8$  years) with critical lower limb ischemia, against the background of lesions of the femoro-popliteal segment of arteries, class D TASC II. All patients underwent CT angiography on a 64-spiral computed tomography scanner. Obtained data was compared with results of catheter angiography (digital subtraction angiography), used as a reference method.

**Results:** the sensitivity of CT angiography in determining the degree of lesion (stenosis or occlusion) of leg arteries was 100% and 94%, the specificity was 83% and 96%, respectively. The overall accuracy of CT angiography in the tibial segment was 87% for stenoses and 94% for occlusions. According to results of CTA, massive calcification was detected in 13% of cases from the total number of analyzed arteries. When evaluating these arteries according to DSA data, most of arteries (11 of 12) were occluded, and the length of occlusions in 8 cases was maximum according to the GLASS classification (the length was more than 1/3 of the artery length). The presence of strong correlations between CT angiography and digital angiography on the presence of occlusions, stenoses > 50% and their length was determined.

**Conclusions:** CT angiography is a highly informative method for diagnosing the degree and length of lesions of shin arteries in patients with critical lower limb ischemia.

## Введение

Смертность от заболеваний артерий нижних конечностей ЗАНК увеличилась за 10 лет на 55,7% [1]. При развитии критической ишемии нижних конечностей (КИНК) частота ампутации конечности в течение четырех лет составляет 35–67%, со смертностью 52–64% [2]. Для сохранения конечности и продления жизни больных с ЗАНК необходима эффективная реваскуляризация, для этого используются эндоваскулярные и

открытые реконструктивные операции [3]. Существуют различные рекомендации для выбора наиболее эффективного метода реваскуляризации [4–6]. Во всех рекомендациях основными показателями при выборе вида и метода реваскуляризации используется оценка сосудистого русла, по степени и протяженности поражений на основании результатов ультразвукового дуплексного сканирования, катетерной ангиографии

(дигитальной субтракционной ангиографии, ДСА), мультиспиральной компьютерной томографии с внутривенным болясным контрастированием (КТ-ангиографии или КТА). Уточнение состояния артерий оттока необходимо для оценки продолжительности функционирования реваскуляризации [3,7].

Определение степени и протяженности поражений важно при выборе целевого артериального пути – понятия, предложенного авторами Международных сосудистых рекомендаций по лечению хронической ишемии, угрожающей потерей конечности, опубликованной в 2019 году [6].

Исследований, посвященных определению возможностей КТА артерий голени у больных с критической ишемией нижних конечностей и с угрозой потери конечности, найти в доступной литературе не удалось. Кроме того, большинство публикаций и метаанализов посвящены определению диагностической способности КТА в выявлении степени стенозов, работ по сопоставлению протяженности поражений артерий голени согласно классификации GLASS (Global Limb Anatomic Staging System) пока не проводилось.

**Цель:** оценить возможности КТА в определении степени и протяженности поражений артерий голени у больных с КИНК и поражением бедренно-подколенного артериального сегмента по Типу D, согласно классификации TASC, с использованием параметров, используемых при выборе целевого артериального пути по анатомической классификации GLASS. Сравнить полученные при КТА результаты с референсным методом ДСА. Определить влияние кальциноза артерий голени на возможность оценки степени и протяженности поражения артерий голени.

## Материалы и методы

Проведена оценка результатов КТА и ДСА 26 пациентов с КИНК, то есть с III–IV степенью ишемии по классификации Фонтейна-Покровского, на фоне поражений бедренно-подколенного сегмента типа D (TASC II), которые были оперированы на артериях в 2018 году. Средний возраст пациентов составил  $69,3 \pm 10,8$  лет, соотношение полов (м/ж) – 15/11. В качестве референсного метода использовалась ДСА. Критериями включения исследований в анализ было выполнение КТА и ДСА в период до двух месяцев между исследованиями, а также удовлетворительная визуализация контрастирования артерий. Все КТА исследования были проведены до ДСА. Из-за выраженного массивного кальциноза артерий голени, не позволяющих оценить степень поражения, результаты КТА троих пациентов мы проанализировали отдельно.

КТА проводилась на мультиспиральном компьютерном томографе с 64 рядами детекторов. Использовались стандартные протоколы выполнения КТА (скорость вращения трубки один оборот за 0,7 секунд, напряже-

ние на трубке 100 кВ, автоматическое определение силы тока, коллимация  $64 \times 0,625$ , pitch 0,9; внутривенное болясное контрастирование со скоростью введения 4–5 мл/с, объем контрастного вещества минимально необходимый, из расчета 1–1,5 мл/кг массы тела, концентрация 350 мг/мл йода; максимально вводилось 100 мл; дополнительно вводилось 60 мл физиологического раствора) и ДСА принятые в НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского Минздрава России.

Результаты КТА были независимо друг от друга проанализированы двумя врачами. Качество изображений оценивали по следующей схеме: достаточная интенсивность контрастирования; наличие массивного кальциноза с возможностью оценки; наличие массивного кальциноза без возможности оценки. Критериями выступали наличие либо четкого контрастирования артерии, либо выраженного протяженного кальциноза без возможности визуализации контрастирования просвета артерии (из-за артефакта «засвечивания», создающего иллюзию контрастирования).

Всего проанализировано состояние 90 артерий голени (одной или обеих конечностей). Из исследования были исключены 3 пациента с массивным кальцинозом артерий голени – не было возможности определить степень сужения артерий. У одного из них отсутствовала задняя берцовая артерия, она была аплазирована. Таким образом, в основное исследование с определением степени и протяженности поражений артерий вошли результаты 27 КТА и ДСА, проведенных у 26 пациентов (у одного исследования проводились дважды), проанализировано состояние 81 артерии голени. Для оценки степени и протяженности стенозов артерий голени мы применяли критерии классификации GLASS, опубликованной в 2019 году [6]. Выбраны следующие параметры:

- отсутствие поражения и стенозы <50%;
- стенозы >50% протяженностью <3 см, <1/3, <2/3, >2/3 (длины артерии);
- окклюзии протяженностью <3 см, <1/3, >1/3 (длины артерии).

Полученные КТ-ангиограммы сопоставлялись с данными ДСА, вычислялись чувствительность, специфичность и общая точность методики. Математический анализ проводился в программе IBM SPSS Statistics Subscription версия 28.0.0.0 (190), были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена, Tay-b Кендалла, Пирсона.

## Результаты

Выраженный кальциноз при КТА был обнаружен в 13% наблюдений от общего числа проанализированных артерий (12 из 90). При ДСА 11 из 12 этих артерий были окклюзированы, а протяженность окклюзий в 8 наблюдениях была более 1/3 длины артерии, то есть максимальной по классификации GLASS. Пример



**Рис. 1.** Атеросклеротическое поражение артерий голени с массивным кальцинозом.

- а – КТА виртуальная реконструкция, оценка степени поражения невозможна из-за кальциноза;
- б – КТА МИР реконструкция, выраженный кальциноз артерий голени затрудняет их визуализацию;
- в – ДСА до реваскуляризации, выраженный кальциноз не влияет на визуализацию артерий;
- г – ДСА после реваскуляризации.

**Таблица 1.** Частота совпадений степени и протяженности поражения артерий голени по результатам КТА и ДСА при расчете на общее количество оцененных артерий голени (n=81)

| Степень поражения | Протяженность поражения | Результаты |            | % совпадения |
|-------------------|-------------------------|------------|------------|--------------|
|                   |                         | Совпали    | Не совпали |              |
| Стеноз <50%       | -                       | 5          | 0          | 100%         |
| Стеноз >50%       | <1/3                    | 2          | 1          | 67%          |
|                   | <2/3                    | 1          | 0          | 100%         |
|                   | <3 см                   | 4          | 3          | 57%          |
|                   | >2/3                    | 1          | 2          | 33%          |
| Окклюзия          | <1/3                    | 9          | 4          | 69%          |
|                   | <3 см                   | 6          | 5          | 55%          |
|                   | >1/3                    | 31         | 7          | 82%          |
| <b>Всего</b>      | -                       | 59         | 22         | 73%          |

массивного кальциноза артерий голени представлен на **рисунке 1**. У оставшихся 4 артерий степень поражения (стеноз или окклюзия) совпала в 3-х наблюдениях из 4-х. В определении степени и протяженности поражений кальцинированных артерий данные ДСА и КТА полностью совпали только в 1 случае - при наличии окклюзии протяженностью <1/3.

В 2 случаях из 4 протяженность окклюзии по данным КТА была больше, чем при ДСА. В 2 случаях выявленные при ДСА окклюзии по результатам КТА расценены как протяженные стенозы. В двух случаях КТА сильно кальцинированных артерий степень поражения была недооценена.

Результаты ДСА и КТА по определению степени поражения и его протяженности полностью совпали в 59 наблюдениях (73%) из 81 (**табл.1**).

Мы обнаружили статистически значимую корреляцию между способностями КТА и ДСА определять степень и протяженность поражения артерий голени ( $p < 0,01$ ).

Чувствительность КТА в выявлении степени поражения (стенозов и окклюзий) в артериях голени составила 100 и 94%, а специфичность - 83% и 96%, соответственно. Общая точность КТА в берцовом сегменте составила 87% для стенозов и 94% - для окклюзий.

**Таблица 2. Информативность КТА в определении протяженности поражения артерии голени**

| Протяженность поражения | <3см | <1/3 | >1/3 | <2/3 | >2/3 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Чувствительность (Ч)    | 92%  | 58%  | 76%  | 100% | 100% |
| Специфичность (С)       | 74%  | 81%  | 77%  | 100% | 92%  |
| Общая точность (ОТ)     | 79%  | 71%  | 76%  | 100% | 93%  |

**Таблица 3. Информативность КТА в определении степени и протяженности поражения артерии голени**

| Степень<br>Протяженность<br>(в см или от общей длины артерии) | Стеноз >50% |      |      |      | Окклюзия |      |      |
|---|-------------|------|------|------|----------|------|------|
|   | <3см        | <1/3 | <2/3 | >2/3 | <3см     | <1/3 | >1/3 |
| Чувствительность (Ч)  | 100%        | 67%  | 100% | 100% | 75%      | 56%  | 76%  |
| Специфичность (С)   | 87%         | 95%  | 100% | 92%  | 83%      | 86%  | 77%  |
| Общая точность (ОТ)   | 89%         | 92%  | 100% | 93%  | 81%      | 75%  | 76%  |

Эти же показатели для способности КТА обнаруживать длину артериального поражения представлены в **таблице 2**.

Высокая чувствительность и специфичность выявлена при более протяженных поражениях.

Результаты сравнения ДСА и КТА в определении протяженности и степени поражений артерий голени представлены в **таблице 3**. Высокая чувствительность и специфичность отмечена у более протяженных поражений.

Результаты ДСА и КТА по степени поражения и по его протяженности полностью совпали в 59 (73%) наблюдениях из 81. Статистический анализ не выявил различия между КТА и ДСА при определении степени и протяженности поражений артерий голени ( $p < 0,01$ ).

По результатам КТА массивный кальциноз выявлен в 13% наблюдений от общего числа проанализированных артерий (12 из 90 артерий). При оценке этих артерий по данным ДСА большая часть артерий (11 из 12) были окклюзированы, а протяженность окклюзий в 8 наблюдениях была максимальной по классификации GLASS, то есть длиной более 1/3 от длины артерии. Для четырех артерий голени с массивным кальцинозом из 12 сравнили результаты КТА и ДСА с определением степени и протяженности поражений. Степень поражения (окклюзия) совпала в 3-х случаях из 4-х. При определении степени и протяженности поражений кальцинированных артерий данные ДСА и КТА полностью совпадали только в одном случае, при наличии окклюзии протяженностью  $<1/3$ . В двух случаях из четырех протяженность окклюзии по данным КТА была выше, по сравнению с результатами ДСА. В двух случаях степень поражения артерий с выраженным кальцинозом по результатам КТА была недооценена, и окклюзии, по данным ДСА, расценены как протяженные стенозы.

Корреляция между результатами КТА и ДСА при

определении степени и протяженности поражений артерий голени у больных с КИНК значима на уровне  $<0,01$  (двусторонняя).

## Обсуждение

Реваскуляризация конечности может быть выполнена только при условии сохранности артериального русла. Для этого необходимо четко представлять степень и протяженность поражения артерий конечности, включая артерии стопы [3]. Ключевое значение имеет состояние оттока, причем это верно даже для операций на аорто-подвздошном артериальном сегменте [7]. Результативность хирургического лечения у больных с ЗАНК полностью зависит от точных анатомических характеристик артерий нижних конечностей [8].

Поэтому перед решением о возможности выполнения реваскуляризации должна выполняться визуализация артерий [6], с составлением полной картины поражения и использованием различных анатомических классификаций, например, предложенных Bollinger A. и соавт., в 1981 г. [9], Rutherford R. и соавт., в 1997 г. [10], Graziani L. и соавт., в 2007 г. [11], TASC II в 2007 г. [5] и GLASS 2019 г. [6]. Все перечисленные классификации основаны на результатах ДСА, как общепризнанного основного метода диагностики поражений артерий нижних конечностей [3-5, 12].

Необходимость выполнения ДСА всей конечности, включая артерии стопы, при планировании реконструктивных вмешательств у пациентов с КИНК закреплена в Национальных рекомендациях по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей [3].

В настоящей работе установлено наличие сильных корреляционных связей между результатами КТА и ДСА о наличии стенозов артерий, они имеют высокую степень совпадения.

Полученные результаты по степени поражения совпадают с результатами других авторов, так, в российском национальном руководстве «Лучевая диагностика болезней сердца и сосудов» под редакцией Кокова Л.С. указывается 100% чувствительность и 87,5% специфичность КТА к стенозам [12]. Также наши результаты совпадают с аналогичными исследованиями, проведенными Đurović Sarajlić V. и соавт., в 2019 [13] и Al-Rudaini H.E.A. и соавт., для больных с КИНК в 2020 году [14], где общая точность КТА при обследовании подколенно-тибионального сегмента составила 94,5%.

Выраженный массивный кальциноз артерий голени снижает диагностическую эффективность КТА, а в ряде случаев не позволяет определить степень поражения, что подтверждается и другими работами [4,15-16]. В нашем исследовании кальцинирование сосуда, при котором невозможно было определить степень поражения при КТА, свидетельствовало об окклюзии артерий (при сопоставлении с ДСА). Кроме того, наличие массивного кальциноза артерий может быть определено количественно, о чем свидетельствует часть работ [17-19].

Наша работа подтверждает достоверность КТА в диагностике выраженности и протяженности поражений артерий голени, а также сопоставимость с данными ДСА.

## Выводы

Результаты нашей работы свидетельствуют, что для определения степени и протяженности поражений периферических артерий у больных с критической ишемией, для составления «дорожной карты» поражений может применяться метод КТ-ангиографии как объективный метод оценки, причем не связанный с интервенционными вмешательствами.

КТ-ангиография артерий нижних конечностей является высокоэффективным методом диагностики степени и протяженности поражений периферических артерий, в том числе у больных с критической ишемией нижних конечностей и угрозой потери конечности.

Наличие массивного кальциноза, не дающего возможности определения степени сужения артерий голени при КТ ангиографии, с большой долей вероятности будет свидетельствовать о наличии протяженной окклюзии.

КТ-ангиография демонстрирует высокие цифры чувствительности и специфичности в диагностике поражения артерий голени у больных с критической ишемией и может быть использована как альтернатива катетерной ангиографии (ДСА), в том числе для определения целевого артериального пути по классификации GLASS 2019 года, как малоинвазивный диагностический метод. ■

## Список литературы

1. GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2018). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018; 392(10159): 1789-1858.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7)
2. Reinecke H., Unrath M., Freisinger E., et al. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *European heart journal.* 2015; 36(15): 932-938.  
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv006>
3. Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей. Экспертная группа по подготовке рекомендаций: председатели экспертной группы академик РАН Бокерия Л.А., академик РАН Покровский А.В. г. Москва, 2019; 89.  
[http://www.angiolsurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations\\_LLA\\_2019.pdf](http://www.angiolsurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations_LLA_2019.pdf)
4. Aboyans V., Ricco J.B., Bartelink M., et al. ESC Scientific Document Group. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO)The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European heart journal.* 2018; 39(9): 763-816.  
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>
5. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A., et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007; 33 (1): 1-75.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.ejvs.2006.09.024>
6. Conte M.S., Bradbury A.W., Kolh P., et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 2019; 69(6S): 3-125.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.jvs.2019.02.016>
7. Покровский А.В., Яхонтов Д.И. Значение оценки путей оттока при бедренно-тибиональных реконструкциях. *Российский Медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова.* 2013; 4: 104-112.
8. Hamburg N.M., Creager M.A. Pathophysiology of

Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. *Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society.* 2017; 81(3): 281-289.

<https://doi.org/10.1253/circj.CJ-16-1286>

9. Bollinger A., Breddin K., Hess H., et al. Semiquantitative assessment of lower limb atherosclerosis from routine angiographic images. *Atherosclerosis.* 1981; 38(3-4): 339-346.

[https://doi.org/doi:10.1016/0021-9150\(81\)90050-2](https://doi.org/doi:10.1016/0021-9150(81)90050-2)

10. Rutherford R.B., Baker J.D., Ernst C., et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg.* 1997; 26(3): 517-538.

[https://doi.org/doi:10.1016/s0741-5214\(97\)70045-4](https://doi.org/doi:10.1016/s0741-5214(97)70045-4)

11. 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.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.ejvs.2006.11.022>

12. Лучевая диагностика болезней сердца и сосудов. Национальное руководство. (Под ред. Л.С. Кокова; С.К. Тернового.) Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2011; 688.

13. Đurović Sarajlić V., Totić D., Bičo Osmanagić A., et al. Is 64-Row Multi-Detector Computed Tomography Angiography Equal to Digital Subtraction Angiography in Treatment Planning in Critical Limb Ischemia? *Psychiatr Danub.* 2019; 31(5): 814-820.

14. Al-Rudaini H.E.A., Han P., Liang H. Comparison Between Computed Tomography Angiography and Digital Subtraction Angiography in Critical Lower Limb

Ischemia. *Curr Med Imaging Rev.* 2019; 15(5): 496-503. <https://doi.org/doi:10.2174/1573405614666181026112532>

15. Lim J.C., Ranatunga D., Owen A., et al. 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.

<https://doi.org/doi:10.1097/RCT.0000000000000494>

16. Mohler E.R., Jaff M.R. Peripheral Artery Disease 2nd Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 208.

17. Аюбова Н.Л., Бондаренко О.Н., Галстян Г.Р. и др. Особенности поражения артерий нижних конечностей и клинические исходы эндоваскулярных вмешательств у больных сахарным диабетом с критической ишемией нижних конечностей и хронической болезнью почек. *Сахарный диабет.* 2013; (4): 85-94.

18. Молитвословова Н.А., Манченко О.В., Ярославцева М.В. и др. Взаимосвязь кальциоза артерий нижних конечностей с тяжестью дистальной нейропатии у больных с сахарным диабетом. *Проблемы эндокринологии.* 2013; 59(2): 7-11.

<https://doi.org/10.14341/probl20135927-11>

19. Konijn L.C.D., Takx R.A.P., de Jong P.A., et al. Arterial calcification and long-term outcome in chronic limb-threatening ischemia patients. *Eur J Radiol.* 2020; 132: 109305.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.ejrad.2020.109305>

## References

1. GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2018). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018; 392(10159): 1789-1858. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7)

2. Reinecke H, Unrath, M, Freisinger E, et al. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *European heart journal.* 2015; 36(15): 932-938. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv006>

3. National guidelines for the diagnosis and treatment of lower limb arterial diseases. Expert group for the preparation of recommendations: chairmen of the expert group Academician of the Russian Academy of Sciences Bokeria LA, Academician of the Russian Academy of Sciences Pokrovsky AV. Moscow, 2019 [In Russ]. [http://www.angiosurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations\\_LLA\\_2019.pdf](http://www.angiosurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations_LLA_2019.pdf)

4. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink M, et al. ESC Scientific Document Group (2018). 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO)The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European heart journal.* 2018; 39(9): 763-816. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>

5. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007; 33 (1): 1-75. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ejvs.2006.09.024>

6. Conte MS, Bradbury AW, Kohl P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 2019; 69(6S): 3-125.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.jvs.2019.02.016>
7. Pokrovsky AV, Yakhontov DI. The value of assessing the outflow tract in femoral-tibial reconstructions. *Rossiskij Mediko-biologicheskij vestnik im. akademika I.P. Pavlova.* 2013; 4: 104-112 [In Russ].
8. Hamburg NM, Creager MA. Pathophysiology of Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. *Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society.* 2017; 81(3): 281-289.  
<https://doi.org/10.1253/circj.CJ-16-1286>
9. Bollinger A, Breddin K, Hess H, et al. Semiquantitative assessment of lower limb atherosclerosis from routine angiographic images. *Atherosclerosis.* 1981; 38(3-4): 339-346.  
[https://doi.org/doi:10.1016/0021-9150\(81\)90050-2](https://doi.org/doi:10.1016/0021-9150(81)90050-2)
10. Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg.* 1997; 26(3): 517-538.  
[https://doi.org/doi:10.1016/s0741-5214\(97\)70045-4](https://doi.org/doi:10.1016/s0741-5214(97)70045-4)
11. 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.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.ejvs.2006.11.022>
12. Radiation diagnostics of diseases of the heart and blood vessels. National leadership. (Ed. by LS Kokov; SK Ternovoj.) Moscow, GEOTAR-Media, 2011; 688 [In Russ].
13. Đurović Sarajlić V, Totić D, Bičo Osmanagić A, et al. Is 64-Row Multi-Detector Computed Tomography Angiography Equal to Digital Subtraction Angiography in Treatment Planning in Critical Limb Ischemia? *Psychiatr Danub.* 2019; 31(5): 814-820.
14. Al-Rudaini HEA, Han P, Liang H. Comparison Between Computed Tomography Angiography and Digital Subtraction Angiography in Critical Lower Limb Ischemia. *Curr Med Imaging Rev.* 2019; 15(5): 496-503.  
<https://doi.org/doi:10.2174/1573405614666181026112532>
15. Lim JC, Ranatunga D, Owen A, et al. 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.  
<https://doi.org/doi:10.1097/RCT.0000000000000494>
16. Mohler ER, Jaff MR Peripheral Artery Disease 2nd Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 208.
17. Ayubova NL, Bondarenko ON, Galstyan GR, et al. Peculiarities of lesions of the arteries of the lower extremities and clinical outcomes of endovascular interventions in patients with diabetes mellitus with critical ischemia of the lower extremities and chronic kidney disease. *Saharnyj diabet.* 2013; (4): 85-94 [In Russ].
18. Molitvoslovova NA, Manchenko OV, Jaroslavceva MV, et al. The relationship of calcification of the arteries of the lower extremities with the severity of distal neuropathy in patients with diabetes mellitus. *Problemy jendokrinologii.* 2013; 59(2): 7-11 [In Russ].  
<https://doi.org/10.14341/probl20135927-11>
19. Konijn LCD, Takx RAP, de Jong PA, et al. Arterial calcification and long-term outcome in chronic limb-threatening ischemia patients. *Eur J Radiol.* 2020; 132: 109305.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.ejrad.2020.109305>