

Маслов Алексей Леонидович

**МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ
С ВНУТРИВЕННЫМ БОЛЮСНЫМ КОНТРАСТИРОВАНИЕМ ПРИ
ПОРАЖЕНИИ АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ:
ОЦЕНКА ПОКАЗАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ
ОПЕРАЦИЙ**

14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
медицинских наук

Москва

2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: Кармазановский Григорий Григорьевич член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты

Коков Леонид Сергеевич – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор. Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы». Заведующий научным отделением отдела неотложной кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии

Вишнякова Мария Валентиновна – доктор медицинских наук. Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского». Заведующая кафедрой лучевой диагностики факультета усовершенствования врачей

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «___» _____ 2022 г. в «___» часов на заседании диссертационного совета Д.001.027.02 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского» (адрес: 119991, г. Москва, Абрикосовский пер., д. 2).

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу 119991, г. Москва, Абрикосовский пер., д. 2, и на сайте www.med.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2022 года

Ученый секретарь Диссертационного совета

Доктор медицинских наук

Годжелло Элина Алексеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Заболевания артерий нижних конечностей (ЗАНК) – это группа заболеваний, приводящих к постепенному поражению артерий с формированием синдрома хронической ишемии нижних конечностей (ХИНК). Наиболее частой причиной развития ХИНК является атеросклероз (в 80–95% случаев) [Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей. 2019]. Больные с II степени ишемии и выше являются инвалидами [Приказ Минтруда России от 27.08.2019 N 585н]. Дальнейшее прогрессирование заболевания приводит к критической ишемии нижней конечности (КИНК), соответствующей III-IV степени ишемии по классификации Фонтейна-Покровского [Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей. 2019]. У больных с КИНК к концу первого года ампутация конечности выполняется в 55% случаев, а частота ампутаций в течение 4-х лет составляет от 35% до 67%, с уровнем смертности в пределах 52%–64% [Reinecke, H. – 2015]. Смертность больных с ХИНК увеличивается. Так, в 1990 году умирало до 16000 больных, в 2013 году уже 41000 больных, а в 2017 году 70 200 [GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2018)].

Для снижения инвалидизации и смертности у больных с КИНК применяются различные реконструктивные операции, открытые хирургические и/или эндоваскулярные. Выбор лечения осуществляется на основании данных клинического обследования и с использованием различных классификаций анатомии поражений артерий (Р.Рутерфорда, Боллингера, Грацини, TASC II, GLASS). Все эти анатомические классификации поражений основаны на данных цифровой субтракционной катетерной рентгеновской ангиографии (ЦСА).

Результаты мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным болюсным контрастированием или КТ ангиография (КТА) ранее не использовались для классифицирования поражений АНК. Опубликованные ранее

работы по КТА АНК направлены на изучение непосредственно методики сканирования и ее улучшение.

Несмотря на длительность существования КТА, встречаются единичные научные публикации с использованием КТА в качестве метода для классифицирования облитерирующих поражений с использованием классификаций TASC II и Боллингера [Cernic, S. 2009, Fleischmann, D. 2010, Napoli, A. 2011, Akai, T. 2014].

Изучение диагностических возможностей и ограничений КТА АНК при определении критериев, необходимых для анатомической классификации поражений, при оценке показаний и результатов реконструктивных операций у больных с облитерирующими заболеваниями АНК ранее не проводилось.

Актуальным является потребность изучения возможностей КТ ангиографического исследования периферических артерий у больных с КИНК до и после реконструктивных операций.

Цель исследования

Определить диагностические возможности и ограничения КТ ангиографии и усовершенствовать алгоритм оценки поражений артерий у больных с критической ишемией нижних конечностей с учетом международных рекомендаций.

Задачи исследования

1. Сравнить существующие анатомические классификации хронических заболеваний артерий нижних конечностей и определить параметры поражений артерий, необходимые для их применения в практической и научной работе.
2. Оценить значение КТ ангиографии при определении параметров поражений артерий у больных с критической ишемией нижних конечностей, необходимых для определения степени поражения на основании международных рекомендаций, известных анатомических классификаций.

3. Оценить возможности КТ ангиографии в определении индивидуальной анатомии поражения и выраженности кальциноза артерий у пациентов с критической ишемией нижних конечностей.
4. Оценить эффективность КТ ангиографии после выполнения реконструктивных операций на артериях нижних конечностей для определения состояния реваскуляризированных артерий, шунтов, стентов, оценить КТ семиотику при подозрении на парапротезную инфекцию.

Научная новизна

1. Впервые проанализированы существующие анатомические классификации поражений артерий у больных с хронической ишемией нижних конечностей, используемые в международных рекомендациях и руководствах по диагностике, лечению заболеваний артерий нижних конечностей, в крупных научных работах. Выделены параметры, необходимые для оценки поражений артерий нижних конечностей применительно к КТ ангиографии, выполненной на МСКТ-64 с низкодозовыми протоколами сканирования. Впервые обобщены и оптимизированы международные анатомические классификации оценки степени поражения артерий нижних конечностей применительно к КТА.
2. Впервые определены наиболее значимые КТ критерии, необходимые для использования оценки выраженности облитерирующих поражений по классификациям Рутерфорда, Боллингера, Грациани, TASC II, в том числе по классификации GLASS, предложенной в 2019 году, и определены параметры поражений артерий нижних конечностей, которые необходимо указывать в протоколе описания КТ исследования в соответствии с современными требованиями.
3. Впервые проведена оценка значения КТА АНК при определении параметров поражений артерий, необходимых при определении показаний к реконструктивным операциям по современным международным руководствам и рекомендациям, разработан алгоритм расшифровки данных, полученных при проведении КТА, для составления «дорожной карты» поражений. Определены

возможности применения мультиспиральной компьютерной томографии при определении параметров поражений артерий нижних конечностей перед проведением реконструктивных или эндоваскулярных операций, в том числе с использованием комбинированных трансплантатов в инфраингвинальных реконструкциях у больных с облитерирующими заболеваниями АНК в бедренно-подколенном, тиббиальном и стопном сегментах.

4. Впервые определена роль КТА в современной классификации поражений АНК с определением индивидуальной анатомии поражения артериального русла. Впервые изучены возможности скоростных, мультиспиральных томографов с 64 рядами детекторов при получении изображений артерий голени и стопы у больных с хронической ишемией, угрожающей потерей конечности (ХИУПК), с учетом необходимых для классифицирования степени и протяженности поражений параметров. Показана эффективность применения КТА при оценке индивидуальной анатомии поражений артерии нижних конечностей.
5. Впервые оценена эффективность КТА при определении состояния артериального русла нижних конечностей после выполнения реконструктивных операций, определено значение КТА при выполнении исследования функционирования шунтов, протезов, стентов, исследований в послеоперационном периоде при подозрении на парапротезную инфекцию. Впервые изучена и описана КТ семиотика парапротезной инфекции.

Теоретическая и практическая значимость работы

Выделены наиболее значимые КТ ангиографические параметры облитерирующих поражений АНК, а также оценена их роль в предоперационной диагностике с классифицированием степени и распространенности поражения артерий.

Определено значение КТА при оценке индивидуальной анатомии поражения АНК, динамики изменений в послеоперационном периоде и выявлении послеоперационных осложнений.

Разработаны КТ критерии предоперационной и послеоперационной диагностики дистального артериального русла нижних конечностей при облитерирующих заболеваниях.

Разработана КТ семиотика у больных с облитерирующими заболеваниями АНК и подозрением на парапротезную инфекцию в до и послеоперационном периоде.

Методология и методы исследования

Представленная научно-исследовательская работа выполнена с соблюдением принципов доказательной медицины. Методология работы содержала разработку концепции, цели, задач и дизайна исследования, использование программных средств статистической обработки медицинских данных.

Клиническое наблюдательное комбинированное ретроспективное исследование. Исследование по оценке диагностической точности КТ ангиографического исследования (представление результатов исследования по диагностической точности).

После сравнения результатов КТА и ЦСА были определены чувствительность, специфичность и общая точность КТ ангиографии. Статистическая обработка результатов была проведена с помощью утилиты IBM SPSS Statistics Subscription версия 28.0.0.0 (190), определены коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена, Тау-в Кендалла.

Положения, выносимые на защиту

1. КТ ангиография позволяет определить все параметры поражений артерий при хронической ишемии нижних конечностей, необходимые для использования анатомических классификаций поражений, таких как GLASS, TASC II, Боллингера и Рутерфорда.
2. Выполнение КТ ангиографии артерий нижних конечностей и правильное описание их поражений, с учетом всех необходимых параметров, позволяет создавать «дорожные карты» анатомии поражений артерий, сравнимые по диагностической ценности с данными цифровой субтракционной

ангиографии, используемой при выборе вариантов оперативного лечения согласно международным рекомендациям и классификациям.

3. Показанием к использованию КТ ангиографии может быть определение индивидуальной анатомии строения, поражения и выраженности кальциноза артерий у больных с критической ишемией нижних конечностей для дальнейшего классифицирования степени их поражения согласно существующим рекомендациям.
4. КТ ангиография эффективна для определения состояния артерий и мягких тканей нижних конечностей после выполнения реконструктивных операций, в оценке проходимости шунтов и реканализированных артерий, стентов, позволяет оценить наличие и степень выраженности парапротезной инфекции.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается количеством наблюдений, достаточным для статистического анализа. Сформулированные в тексте диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации основаны на фактических данных, продемонстрированных в приведенных таблицах и рисунках.

Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на научных конференциях: национальном хирургическом конгрессе, Москва, 04-07 апреля 2017 (тема «Оценка сопротивления оттока при поражениях бедренно-подколенных артерий с помощью КТ ангиографии»), XI всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2017», Москва, 23-25 мая 2017 (тема «МСКТ-ангиография в оценке сопротивления оттока при поражениях бедренно-подколенных артерий»), конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов, Москва, 8-10 ноября 2017 (тема «КТ-ангиография при критической ишемии нижних конечностей»), V международном научно-практическом конгрессе «Раны и раневые инфекции», Москва, 21-23 декабря 2021 (тема

«Особенности диагностики и оказания хирургической помощи после реконструктивных операций на артериях нижних конечностей»).

Личный вклад автора

Автор диссертации лично разработал тему и дизайн диссертации, определил концепцию научной работы, на основании которой сформулированы цели и задачи. Автор собирал, анализировал и систематизировал современные данные российской и англоязычной литературы по теме диссертации. В исследовании используются данные, полученные автором лично при самостоятельном проведении всех ультразвуковых исследований.

Автором был лично проведен статистический анализ полученных данных, написан и оформлен текст диссертации и автореферата. Личное участие автора в получении научных результатов, приведённых в диссертации, подтверждается соавторством в публикациях по теме диссертации.

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

По материалам диссертационной работы опубликовано 4 статьи в журналах, входящих в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК:

1. **Маслов, А. Л.** Балльная оценка сопротивления оттока при поражениях бедренно-подколенных артерий с помощью МСКТ-ангиографии / **А. Л. Маслов, А. Е. Зотиков** // Медицинская визуализация. – 2017. – Т. 21. – № 2. – С. 90-102. – doi: 10.24835/1607-0763-2017-2-90-102.
2. **Маслов, А. Л.** Мультиспиральная компьютерная томография при подозрении на парапротезную инфекцию после реконструктивных операций на артериях нижних конечностей / **А. Л. Маслов, А. Н. Аскерова, Н. Г. Аскеров, А. Е. Зотиков** // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2017. – № 3. – С. 87-95.
3. **Маслов, А. Л.** Сравнение информативности КТ и катетерной ангиографий в оценке степени и протяженности поражений артерий голени у больных с критической ишемией нижних конечностей / **А. Л. Маслов, Г.Г.**

Кармазановский, Н. М. Басирова, А.Ф. Харазов, А.Б. Варава // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2021. – Т. 15. – № 4. – С. 28-35.

4. **Маслов, А. Л.** Лечение критической ишемии на фоне многократных тромбозов бранши аорто-бедренного шунта и отсутствия дистального русла: 2 случая успешной гибридной реваскуляризации / Харазов А. Ф., Лучкин В. М., Басирова Н. М., Кульбак В. А., **Маслов А. Л.** // Атеротромбоз. – 2020. – № 2. – С. 130-142. – doi: 10.21518/2307-1109-2020-2-130-142.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста, состоит из введения, глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложений и списка литературы, который включает 44 отечественных, 98 иностранных источника. Представленный материал иллюстрирован 37 рисунками и 28 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования.

Материалы исследования были одобрены на заседании Комитета по этике научных исследований ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 006/17 от 14 июня 2017 года).

Общее число включенных в исследование больных составило 76 человек, проходивших лечение в ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А. В. Вишневского» Минздрава России. Для оценки эффективности КТА перед и после реконструктивных операций были выбраны результаты исследований 49 пациентов, находившихся на лечении в 2018 году, которым были выполнены открытые и эндоваскулярные реконструктивные операции на артериях голени; из них 28 больным проведено сравнение КТА и ЦСА. Все больные были с клинической картиной ХИНК 3 и 4 степени по классификации Фонтейна-Покровского, из общего количества прооперированных конечностей 3 степень

ишемии была у 15 больных (15 конечностей, 29%), ишемия 4 степени была у 34 больных (36 конечностей, 71%). Средний возраст обследованных больных составил 65,2 лет, из них с 3 степенью ишемии составил 66,5 лет, с 4 степенью – 65,7 лет. Из общего числа больных обследовано 33 (66%) мужчины и 17 (34%) женщин. Средний возраст обследованных мужчин 60,6 лет (от 28 до 83 лет), средний возраст женщин составил 77,4 лет (от 66 до 90 лет).

Критерии включения в диссертационное исследование:

- поражения бедренно-подколенного сегмента по Типу D согласно TASC II;
- критической ишемии одной или обеих нижних конечностей;
- наличие результатов КТА исследования АНК, проведенного не более чем за два месяца до оперативного вмешательства;
- верифицированный на основании оперативного вмешательства диагноз.

Критерии исключения больных из диссертационного исследования: было проведение КТА исследования АНК более чем за 2 месяца или его отсутствие.

Причиной критической ишемии в большинстве случаев (46 больных, в 92% случаев) стало прогрессирование атеросклероза, в трех случаях (6%) наличие облитерирующего тромбангиита (болезнь Бюргера), у одного из больных (2%) была постэмболическая окклюзия (ПЭО). Всего этим больным выполнено 70 КТА исследований (в период с 2017 г. по 2019 г. выполнено 66 КТА исследований, из них большинство (56 исследований) выполнено в год выполнения операции (в 2018 году); дополнительно проанализированы данные КТА исследований выполненные четверем обследуемым больным в период с 2012 по 2016 год).

Критериями включения для сравнения эффективности КТА и ЦСА при оценке степени и протяженности поражений артерий голени по классификации GLASS было наличие КТА исследования перед ЦСА в период не более двух месяцев. В исследование с определением степени и протяженности поражений артерий вошли результаты 27 исследований, проведенных 26 больным (одному из больных исследования проводились повторно). Всего определена степень поражения 81 артерий голени (одной или обеих конечностей). Критерием исключения являлось проведение КТА после ЦСА, и проведение КТА более чем за

два месяца перед ЦСА. Всего выбраны результаты КТА и ЦСА 26 пациентов из 49 больных. Средний возраст пациентов составил $69,3 \pm 10,8$ лет, 15 мужчин и 11 женщин. ЦСА использовалась в качестве референсного метода.

Для оценки КТ семиотики при подозрениях на парапротезную инфекцию были выбраны результаты КТ исследований 28 больных (один больной попал в обе группы).

Для оценки КТ семиотики при подозрениях на парапротезную инфекцию после выполнении реконструктивных операций на артериях нижних конечностей использованы результаты обследования 28 больных, находившихся на лечении в период с 2010 по 2019 год.

Критериями включения являлось наличие парапротезной инфекции, выполненное перед оперативным лечением КТ исследование. Критериями исключения являлось отсутствие парапротезной инфекции.

Проведен ретроспективный анализ данных КТ исследований, выполненных 28 пациентам (27 мужчин и 1 женщина, средний возраст 60 ± 10 лет), находившихся на лечении в отделении гнойной хирургии НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского с 2010 по 2019 гг. с парапротезной инфекцией после выполнения реконструктивных шунтирующих операций при облитерирующих заболеваниях АНК.

Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России. Все пациенты подписывали письменное информированное согласие на проведение КТ исследования с контрастированием.

Методы статистической обработки результатов исследования

После сравнения результатов КТА и ЦСА были определены чувствительность, специфичность и общая точность КТ ангиографии. Статистическая обработка результатов была проведена с помощью утилиты IBM SPSS Statistics Subscription версия 28.0.0.0 (190), определены коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена, Тау-в Кендалла. Уровень значимости «*p*» для всех использованных критериев был $< 0,05$.

Методика проведения КТ ангиографии у пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей

КТ исследования АНК с внутривенным болюсным контрастированием или КТА выполнялись на мультиспиральном компьютерном томографе Philips Ingenuity CT (компании Philips, Нидерланды) с 64 рядами детекторов по стандартному низкодозовому протоколу сканирования. Среднее значение лучевой нагрузки при КТА артерий нижних конечностей в нашей выборке составило 14,67 мЗв. Среднее значение лучевой нагрузки при КТ исследованиях нижних конечностей при подозрениях на парапротезную инфекцию в нашей выборке составило 17,78 мЗв.

Результаты исследования

При проведении оценки состояния 138 ПБА и ПКА сложностей не было. Всего были поражены 92 ПБА (67%), из общего числа поражений выявлено 54 окклюзии (39%) и 38 стенозов >50% (28%). Протяженность окклюзий до 10–20 см выявлены в 5 случаях, а протяженностью >20 см в 29 случаях. При оценке состояния артериального русла после реконструктивных операций в бедренно-подколенном сегменте оценено функционирование 22 шунтов и 3 стентов в ПБА. При этом контрастирование 9 шунтов и 2 стентов отсутствовало, что свидетельствовало об их окклюзии. О нормальном функционировании 13 шунтов и одного стента свидетельствовало отсутствие в них дефектов контрастирования.

При оценке поражений ПКА окклюзии были выявлены в 51 случае, стенозы >50% в 57 случаях. Окклюзии шунтов было выявлено у четырех больных (двух бедренно-подколенных и двух бедренно-берцовых шунтов).

При изучении состояния 402 артерий голени практически в половине случаях (45%) изменения в берцовом сегменте были представлены окклюзиями, при этом протяженными (>1/3 длины артерии, 28%). Стенозы встречались в 21% случаев, при этом преобладали короткие стенозы, протяженностью <3 см (14,7%), гемодинамически значимые стенозы отсутствовали в 19% случаях, при этом в 8 случаях артерии были гипоплазированы, в 7 - со слабым, но достаточным для

оценки контрастированием. Отсутствие артерий (аплазия) наблюдалась в 2% (6 артерий).

При проведении оценки состояния артерий голени сложности оценки поражений артерий возникли в 13% случаев от общего числа исследований, при этом выраженное контрастирование вен голени было в 5%, слабое контрастирование было при оценке 5%, массивный кальциноз – 3%. Недостаточное для оценки и слабое контрастирование артерий голени, подошвенных артерий было связано с протяженными окклюзиями и множественными стенозами ПА, ПБА и ПКА. Тем не менее, на изображениях в аксиальной плоскости все равно удалось визуализировать пути оттока по одной из артерий стоп, с определением коллатерального кровотока по глубокой артериальной дуге между тыльной и латеральной подошвенной артериями.

При выборе наименее пораженной артерии голени, из общего числа проанализированных голеней ПБА доминировала в 36,6%, ЗБА в 33,3%, МБА в 21,6%, наличие двух доминирующих артерий встречалось в 6,6% случаев. Определить доминирующую артерию не удалось в 11% случаев (недостаточное контрастирование артерий в 4%, кальциноз 1%, контрастирование вен 6%).

Выбор доминирующей или целевой артерии может помочь в выборе артерии для формирования дистального анастомоза, а также артерии для выполнения ангиопластики.

При определении чувствительности и специфичности КТА с ЦСА использовались результаты обследования 23 пациентов, оценена 81 артерия голени. При отсутствии стенозов чувствительность КТА составила 71%, специфичность 100%, для стенозов >50% чувствительность составила 100%, специфичность 83%, для окклюзий 94% и 96% соответственно. При определении степени и протяженности поражений артерий голени чувствительность и специфичность КТА при выявлении в среднем составила: чувствительность - 92%, специфичность 94%, для окклюзий 69% и 82% соответственно. Самая низкая чувствительность была при определении протяженности поражения <1/3 длины артерии как для стенозов (67%), так и для окклюзий (56%) (Таблица 1).

Таблица 1 – Информативность КТА в определении степени и протяженности поражения артерии голени

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

**в см или от общей длины артерии*

При оценке состояния 402 артерий стопы сложности возникли в 28% случаев, наибольшие сложности возникали при визуализации самой тонкой из оцениваемых артерии стопы - медиальной подошвенной артерии (не удалось визуализировать в 10,3% случаев, ТАС в 5,9%, ЛПА была видна во всех случаях). Одной из причин отсутствия визуализации артерий может быть ее гипоплазия или аплазия.

При оценке артерий стопы легче всего оценивать состояние тыльной артерии стопы и латеральной подошвенной артерии, окклюзия тыльной артерии стопы встречалась чаще, чем окклюзия латеральной подошвенной артерии. Предположить наличие гипоплазии или аплазии одной из артерий стопы можно при наличии гипоплазии или аплазии образующей ее артерии голени.

Для аплазии артерии характерно отсутствие ее контрастирования, а также отсутствие кальциноза в области типичного ее расположения при кальцинозе других артерий голени.

При оценке состояния глубокой подошвенной артерии или глубокой артериальной дуги стопы ее отчетливое контрастирование было определено в половине случаев (51%), в 18% артерия не визуализировалась, массивный кальциноз артерии был в 16% случаев, слабое контрастирование или контрастирование вен (без возможности оценки глубокой подошвенной артерии) наблюдалось в 15% случаев.

При определении кальциноза определено наличие и выраженность кальциноза 132 конечностей. В 76% случаев артерии конечностей были с кальцинозом. Массивный кальциноз, занимающий >50% поперечного сечения артерии встречался в 41%, кальциноз занимающий <50% поперечного сечения артерии встречался в 35% случаев. Массивный кальциноз преобладал во всех сегментах и встречался в 78% от всех случаях кальциноза, при этом был более выражен в стопном (93%).

При сопоставлении результатов КТА и ЦСА массивный кальциноз (>50% от поперечного сечения артерии) наблюдался в 13% случаев (12 артерий из 90 проанализированных). При этом практически все артерии по данным ЦСА были окклюзированы, из них большая часть была с протяженными окклюзиями (>1/3 от длины артерии).

Массивный кальциноз, не позволяющий оценить выраженность и протяженность поражения артерий голени при сопоставлении результатов КТА с ЦСА был у троих пациентов. Невозможно было оценить состояние 8 артерий голени. Все 8 артерий по результатам ЦСА были окклюзированы, при этом 6 артерий были с протяженными окклюзиями. Поэтому можно сделать предположение, что все артерии голени и стопы с массивным кальцинозом без возможности визуализации контрастирования при КТА с выраженными поражениями – протяженными окклюзиями.

Состояние артериального кровотока после реконструктивных операций по данным КТА исследования проанализировано на 31 конечности. По результатам КТА нормальному функционированию трансплантата или стента соответствует однородное контрастирование их просвета, о наличии стеноза свидетельствует наличие дефектов контрастирования (4 случая), при окклюзии контрастирование полностью отсутствует (17 случаев).

КТА позволяет провести оценку артерий оттока по классификации Рутерфорда. Степень сопротивления путей оттока была определена для 51 конечности перед операциями. Плохое состояние путей оттока наблюдалось в 69% случаев. Пациенты с плохим состоянием путей оттока имеют высокие риски

окклюзии шунта из-за низкой скорости кровотока по нему, поэтому для поддержания активного кровотока по трансплантату используются дополнительные меры, такие, как эндоваскулярная реканализация путей оттока либо формирование разгрузочной артериовенозной фистулы.

У 28 больных с парапротезной инфекцией после реконструктивных шунтирующих операций определена частота встречаемости десяти КТ признаков: отек жировой клетчатки, наличие жидкости, отсутствие контрастирования протеза или шунта, пузырьки газа, наличие раневых дефектов кожных покровов, свищевые ходы, наличие аневризмы или/и гематомы в области анастомоза, наличие пузырьков газа в шунте или протезе, экстравазация контрастного вещества (Рисунок 1).

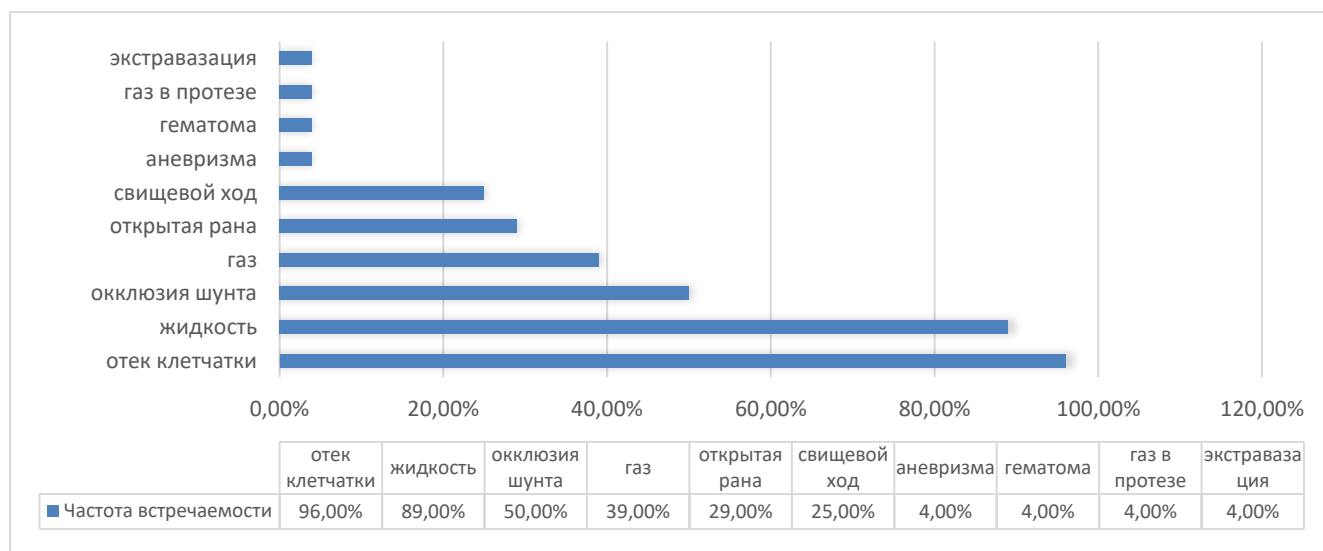


Рисунок 1 – Частота встречаемости признаков ППИ

Выделено четыре наиболее часто встречающихся КТ признака ППИ: отек клетчатки (встречался в 96% случаев), наличие скоплений жидкости (89%), отсутствие контрастирования шунта (50%), наличие газа 39%, открытая рана 29%, наличие свищевого хода 25%. Реже встречаются такие осложнения ППИ как гематома, аневризма, экстравазация контрастного вещества.

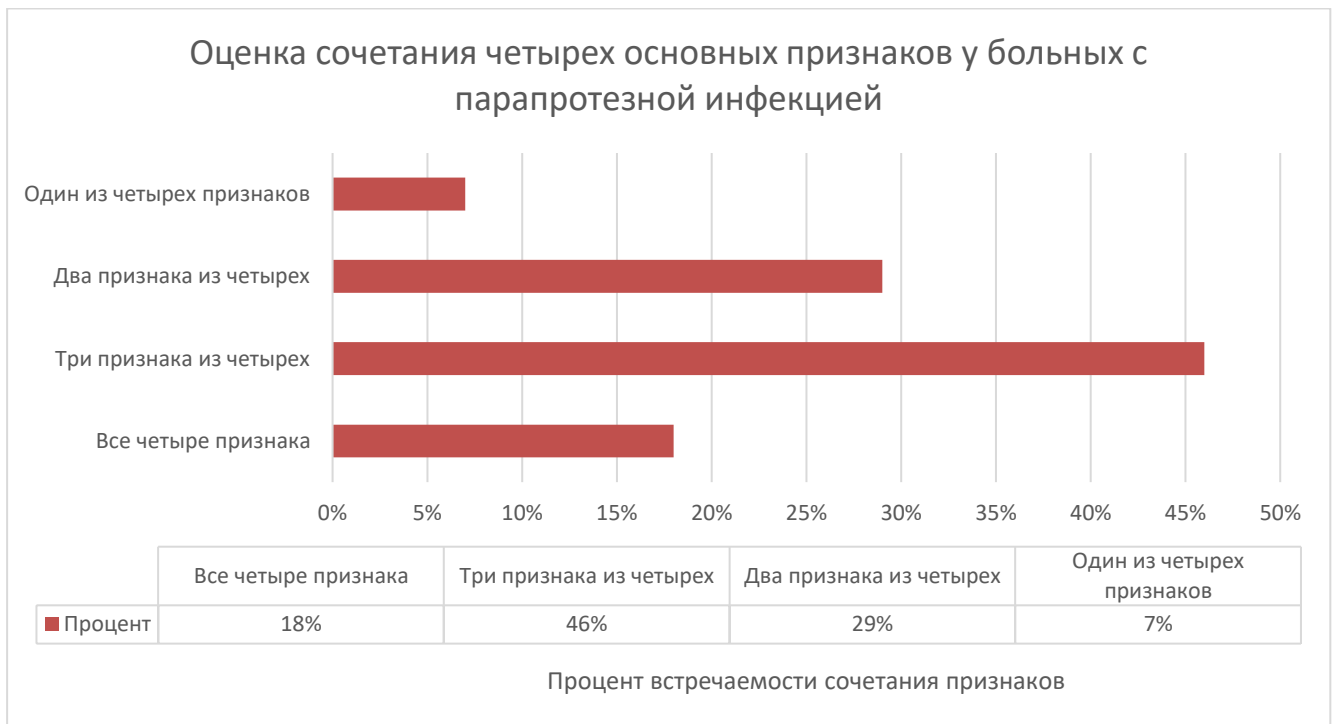


Рисунок 2 Оценка сочетания основных четырех признаков у больных с парапротезной инфекцией

На рисунке 2 представлены результаты оценки сочетания четырех основных признаков ППИ у 28 обследованных больных. Сочетание всех четырех признаков наблюдалось у 5 больных (18%), три – у 13 (46%) больных; два у 8 (29%) больных, по одному у 2 (7%) (у одного из них был отек клетчатки, у второго было наличие жидкости в протезе или парапротезной клетчатке).

Следует помнить, что в раннем послеоперационном периоде жидкостные скопления и включения газа вокруг трансплантата и в области анастомозов могут встречаться в норме, поэтому наличие КТА признаков, характерных для ППИ, до 3–4 недель после проведения сосудистой реконструкции необходимо сопоставить с характерными для инфекционного процесса клинической картиной и лабораторными данными.

У большинства обследованных больных встречалось два стойких основных признака ППИ: отек жировой клетчатки у 96% обследованных, наличие скоплений жидкости у 89%, отсутствие контрастирования протеза (шунта) было в половине случаев. Сочетание трех и более основных признаков парапротезной инфекции было в 64% случаев. Свищевые ходы были выявлены у 7 пациентов (в 25%

случаев). К редким (3,5% случаев) признакам ППИ относятся аневризма, гематома, экстравазация контрастного вещества.

В таблице 2 представлена адаптированная классификация парапротезной инфекции по D. Szilagy.

Таблица 2 – Адаптированная классификация парапротезной инфекции по D. Szilagy

| Глубина распространения | Степень | Выявлено по результатам КТ |
|--|---------|----------------------------|
| Инфекция ограничена раной. Поверхностная распространенность (только эпидермис и дерма) | I | - |
| Поражение подкожной жировой клетчатки, без вовлечения сосудистого трансплантата | II | 13% (2 случая) |
| Поражение сосудистого трансплантата | III | 87% (14 случаев) |

Распространение ППИ на сосудистый трансплантат было выявлено у большинства проанализированных нами больных (в 87% случаев, отсутствие признаков вовлечения сосудистого трансплантата было в 13% случаев).

Осложнения, сопутствующие ППИ после реконструктивных операций, на АНК выявлены в восьми (50%) случаях, из них: ложные аневризмы в области анастомоза были выявлены у двоих (18%) больных; окклюзия или тромбоз протезов выявлены у шести (55%) больных; пульсирующая гематома обнаружена у 1 (18%) пациента; признаки нагноения гематомы выявлены у 1 (18%) пациента; у одного больного (18%) инфекция распространялась на коленный сустав с развитием синовита.

Для визуализации свищевых ходов исследования дополнены выполнением КТ фистулографии, которая была выполнена четверем (25%) больным. Во всех четырех случаях благодаря КТ фистулографии была получена точная информация о расположении, распространенности инфекционного процесса (по протяженности и глубине), что было подтверждено во время оперативного хирургического лечения.

Признаком инфильтрации жировой клетчатки при изучении результатов КТ исследования является изменение ее плотности в виде появления ретикулярной исчерченности, тяжей, неправильной формы участков уплотнения при появлении грануляций. Скопления жидкости визуализируются в виде более темных участков на фоне более светлых, высокой плотности мышц и в виде более светлых участков на фоне более темного, низкой плотности жира (плотность мышц примерно ≤ 40 единиц Хаунсфилда (HU)), плотность чистой воды около 0 едН, плотность жира имеет отрицательные значения до $[-250]$ HU). Пузырьки газа еще более низкой плотности по отношению к плотности жировой клетчатки (ниже -250 едН).

При парапротезной инфекции из-за аррозии протеза или области анастомоза может формироваться пульсирующая гематома. Признаки пульсирующей гематомы при КТ ангиографическом исследовании является округлой формы образование, активно контрастирующееся из прилежащего артериального русла в артериальную фазу, с тонкими стенками. Через 3 недели из пульсирующей гематомы формируется ложная аневризма. В отличие от пульсирующей гематомы контуры ложной аневризмы более четкие, стенки более толстые за счет пристеночных тромбов различной толщины.

Гематома на КТ изображениях визуализируется как ограниченное, прилежащее к анастомозу, протезу или сосуду образование повышенной плотности, выше или равной плотности мышцы (в среднем более 60–80 HU, не более 120 HU), гематома может быть как однородной, так и неоднородной плотности, содержать прожилки низкой, близкой к жидкостной плотности. При продолжающемся кровотечении в область гематомы будет поступать контрастное вещество.

Абсцесс или нагноившаяся гематома на изображениях, полученных с помощью КТ, выглядят как ограниченное скопление жидкостной плотности содержимого, с пузырьками газа и с толстыми, контрастирующимися (в случае выполнения отсроченного, выполненного через 5 минут КТ исследования) стенками.

К прямым КТА признакам поздней парапротезной инфекции относятся:

- уплотнения в околопротезной клетчатке за счет инфильтративных изменений;
- скопление жидкостной плотности содержимого в области протеза и его анастомозов;
- включения с плотностью газа, расположенные в окклюзированном протезе;
- включения с плотностью газа в парапротезной клетчатке.

К косвенным КТА признакам парапротезной инфекции относятся: нечеткость контуров окклюзированного шунта, в том числе в области анастомозов, уплотнение прилежащей жировой клетчатки; наличие гематом в области анастомозов, остеомиелита в прилежащих к области костных структурах, расширение артерии в области анастомоза более чем на 50%.

Заключение

Мультиспиральная компьютерная томография с внутривенным болюсным контрастированием позволяет оценить параметры, определяющие лечебную тактику при облитерирующих заболеваниях артерий нижних конечностей, в том числе при критической ишемии нижних конечностей, а также при парапротезной инфекции: локализацию, степень и протяженность поражения артерий; оценить состояние артерий оттока, определить состояние целевого артериального пути, наличие кровотока в дистальных артериях конечности; после проведения реконструктивных операций позволяет определить локализацию и состояние анастомозов, место расположения и функционирование протеза, наличие или отсутствие рестенозов, выявление гематом и ложных аневризм, характеристики инфекционного процесса, глубины и протяженности его распространения.

ВЫВОДЫ

1. При планировании реваскуляризации нижней конечности наиболее подходят классификации GLASS и Рутерфорда. Классификация GLASS ориентирована на эндоваскулярные методы реваскуляризации и позволяет определить состояние целевой артерии конечности. Классификация Рутерфорда

ориентирована на шунтирующие операции и позволяет оценить пути артериального оттока.

2. Показанием к проведению КТ ангиографии может быть определение всех необходимых параметров для классифицирования анатомии поражений артерий нижних конечностей по современным рекомендациям при выборе тактики лечения и оптимального метода реконструктивной хирургии.
3. КТ ангиография позволяет определить индивидуальную анатомию поражения артерий нижних конечностей у больных с критической ишемией нижних конечностей, позволяет оценить особенности ангиоархитектоники, выраженность кальциноза, выявить наличие аплазий, гипоплазий артерий голени и стопы.
4. После выполнения реконструктивных операций на артериях нижних конечностей КТ ангиография эффективна для оценки проходимости шунтов, реканализированных артерий, стентов, позволяет оценить наличие или отсутствие парапротезной инфекции, выявить и локализовать ее осложнения. То есть, показанием к применению КТ ангиографии может быть определение состояния артерий и мягких тканей нижних конечностей в послеоперационном периоде.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При описании результатов КТ ангиографии необходимо учитывать следующие параметры: для классификации GLASS, для аорто-подвздошного сегмента – степень поражения (стеноз, окклюзия), протяженность поражения (для поверхностной бедренной артерии <10 см, 10-20 см, >20 см; для подколенной артерии <2 см, 2-5 см, >5 см; для артерий голени: <3см, <1/3; <2/3; >2/3; <3 см). Следует учитывать выраженность кальциноза, повышающего степень поражения сегмента на 1 ступень. Для поверхностной бедренной артерии необходимо учитывать распространение окклюзии на устье (flush occlusion). Для классификации Р. Рутерфорда - степень поражения

- (стенозы 20–49%, $\geq 50\%$, окклюзии). Для артерий стопы необходимо учитывать наличие контрастирования глубокой подошвенной артерии.
2. При формировании протокола по результатам КТ ангиографии необходимо учитывать параметры степени и протяженности поражений, используемые в классификациях GLASS и Рутерфорда.
 3. При протоколировании результатов КТ ангиографии необходимо указывать анатомическое строение артерий нижних конечностей: для аорто-подвздошно-бедренного сегмента – наличие персистирующей седалищной артерии; для подколенной артерии - взаимоотношение с медиальной головкой икроножной мышцы и место расположения деления артерии; для артерий голени указывать доминирующую артерию, наличие гипоплазии или аплазии артерий; для артерий стопы – указывать преобладающую артерию – тыльная артерия стопы или подошвенная артерия стопы, наличие или отсутствие глубокой дуги стопы (глубокой подошвенной артерии). Для всех сегментов определять наличие и выраженность кальциноза, степень и протяженность стенозов и окклюзий согласно анатомическим классификациям поражений артерий нижних конечностей.
 4. При протоколировании результатов КТ ангиографии, выполненной после реконструктивных операций на артериях нижних конечностях, необходимо указывать наличие контрастирования шунтов и стентов, наличие дефектов контрастирования в них, отмечать отсутствие экстравазации контрастного вещества; оценивать состояние прилежащей клетчатки; указывать наличие четырех основных признаков парапротезной инфекции: отек клетчатки, наличие скоплений жидкости, отсутствие контрастирования шунта или протеза, наличие пузырьков газа.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АНК – артерий нижних конечностей

ЗАНК – заболевания артерий нижних конечностей

ЗББА – задняя большеберцовая артерия

КИНК – критическая ишемия нижних конечностей

КТА – компьютерно-томографическая ангиография

ЛПА – латеральная подошвенная артерия

МБА – малоберцовая артерия

МПА – медиальная подошвенная артерия

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

МСКТ-64 – компьютерный томограф с 64 рядами детекторов

ПБА – поверхностная бедренная артерия

ПББА – передняя большеберцовая артерия

ПкА – подколенная артерия

ППИ – парапротезная инфекция

ТАС – тыльная артерия стопы

ХИНК – хроническая ишемия нижних конечностей

ЦСА – цифровая субтракционная ангиография

GLASS – Global Limb Anatomic Staging System

HU – единиц Хаунсфилда

TASC – TransAtlantic Inter-Society Consensus