

ИНТЕГРИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ АНГИОГРАФИИ И РЕНТГЕНОКОНТРАСТНОЙ АНГИОГРАФИИ В СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ОБЛИТЕРИРУЮЩЕЙ ПАТОЛОГИИ СОСУДОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

А.В. Иванов^{1,2,4}, Р.М. Шабает^{1,2}, В.А. Иванов³, В.В. Яменсков², С.Д. Максанов²

¹ Медицинский институт непрерывного образования ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва, Россия

² ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, Московская область, г. Красногорск, Россия

³ Филиал федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, г. Москва, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей представляют собой серьезную клиническую проблему, требующую точной диагностики и эффективного лечения. В настоящей медицинской статье проводится анализ исследования эффективности магнитно-резонансной ангиографии (МР-ангиографии) и рентгенэндоваскулярной ангиографии в контексте выявления окклюзионно-стенотических поражений артерий нижних конечностей. Магнитно-резонансная ангиография является высокоинформативным методом визуализации сосудов, который предлагает множество преимуществ по сравнению с рентгеноконтрастной ангиографией — отсутствие лучевой нагрузки, меньшая токсичность контрастного вещества и возможность трехмерной анатомии артерий нижних конечностей. В статье обсуждается применение контрастной МР-ангиографии в комплексе с рентгенэндоваскулярной ангиографией для разработки оптимальных лечебных стратегий при облитерирующих поражениях артерий. Преимущества этого подхода включают более детальную визуализацию артерий голени и стопы, прецизионное выполнение лечения, а также уменьшение риска осложнений для пациентов.

Анализ клинических данных подтверждает, что контрастная МР-ангиография является высокоэффективным инструментом для визуализации патологий артерий нижних конечностей и для выбора стратегии лечения. Комбинированное использование МР-ангиографии с рентгеноконтрастной ангиографией способствует выработке адекватных клинических решений и повышению качества лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитно-резонансная томография, ангиография, облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей, визуализация артерий

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ: Шабает Рафаэль Маратович, e-mail: rafael.shabaev@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Иванов А.В., Шабает Р.М., Иванов В.А., Максанов С.Д., Яменсков В.В. Интегрированное применение магнитно-резонансной ангиографии и рентгеноконтрастной ангиографии в стратегии лечения при облитерирующей патологии сосудов нижних конечностей. // Вестник Медицинского института непрерывного образования. — 2023. — Т. 3, № 4. — С. 66–72. — DOI 10.36107/2782-1714_2023-3-4-66-72.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

INTEGRATED APPLICATION OF MAGNETIC RESONANCE ANGIOGRAPHY AND X-RAY CONTRAST ANGIOGRAPHY IN THE TREATMENT STRATEGY FOR LOWER LIMB VASCULAR OBLITERATIVE PATHOLOGY

A.V. Ivanov^{1,2,4}, R.M. Shabaev^{1,2}, V.A. Ivanov³, V.V. Yamenskov², S.D. Maksanov²

¹ Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia.

² National Medical Research Center for High Medical Technologies, Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky of the Ministry of Defense of the Russian Federation. Krasnogorsk, Russia.

³ Branch of the Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "Military Medical Academy named after S.M. Kirov" of the Ministry of Defense of the Russian Federation. Moscow, Russia.

⁴ Peoples' Friendship University of Russia. Moscow, Russia.

ABSTRACT

Obliterative diseases of lower limb arteries represent a serious clinical problem requiring accurate diagnosis and effective treatment. The article analyses the study of magnetic resonance angiography (MR angiography) and X-ray endovascular angiography efficacy in the context of detection of occlusive stenotic lesions of lower limb arteries. Magnetic resonance angiography is a highly informative method of vascular imaging that offers many advantages over X-ray contrast angiography, such as the absence of radiation exposure, less toxicity of the contrast agent, and the possibility of three-dimensional anatomy of the lower limb arteries. This article discusses the use of contrast MR angiography in conjunction with X-ray endovascular angiography to develop optimal treatment strategies for arterial obliterative lesions. The advantages of this approach include more detailed visualisation of the arteries of the lower leg and foot, precision treatment, and reduced risk of complications for patients.

The analysis of clinical data confirms that contrast MR-angiography is a highly effective tool for visualisation of lower limb arterial pathologies and for treatment strategy selection. The combined use of MR-angiography with X-ray contrast angiography contributes to the development of adequate clinical decisions and improves the quality of treatment of patients with vascular diseases.

KEYWORDS: magnetic resonance imaging, MRI, angiography, lower limb vascular obliterative atherosclerosis, arterial imaging

CORRESPONDENCE: Shabaev Rafael Maratovich, e-mail: a.rafael.shabaev@yandex.ru, 8-937-277-5071

FOR CITATIONS: Ivanov A.V., Shabaev R.M., Ivanov V.A., Yamenskov V.V., Maksanov S.D. Integrated Application of Magnetic Resonance Angiography and X-ray Contrast Angiography in the Treatment Strategy for Lower Limb Vascular Obliterative Pathology // Bulletin of the Medical Institute of Continuing Education. — 2023. — V. 3, No. 4. — P. 66–72. — DOI 10.36107/2782-1714_2023-3-4-66-72.

FUNDING SOURCE: The authors declare no funding to study.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

ВВЕДЕНИЕ

Усовершенствование методик магнитно-резонансной ангиографии (МР-ангиографии), включая сканирование с синхронизацией с сердечной деятельностью и использование эффективных парамагнитных контрастных агентов для болюсного контрастирования существенно улучшает ее диагностическую эффективность [2, 8, 11]. В настоящее время этот метод объективной визуализации приобретает все большее значение в контексте комплексного использования с другими инструментальными методами, применяемыми при облитерирующем атеросклерозе сосудов нижних конечностей и ветвей аорты (такими, как доплеровское исследование с вычислением плече-ло-

дыжечного индекса, перкутанное измерение оксигенации, дуплексное сканирование, компьютерная и рентгеноконтрастная ангиография) [1, 7].

Магнитно-резонансная ангиография с контрастированием играет важную роль в диагностическом арсенале и решает следующие задачи:

- Дополнительная визуализация областей интереса, особенно в случаях, когда рентгеноконтрастная ангиография не обеспечивает достаточной информативности.
- Неинвазивная оценка состояния сосудистого русла, что позволяет принять решение о целесообразности хирургической реваскуляризации.

- Объективная оценка состояния артериальных реконструкций, проведенных ранее, в процессе долгосрочного наблюдения.
- Сравнение анатомических взаимоотношений после многократных хирургических вмешательств на сосудах.

Эти методы способствуют более точной и эффективной разработке лечебных стратегий для пациентов с сосудистыми заболеваниями.

Рентгенконтрастная ангиография остается «золотым стандартом» в сосудистой хирургии [6, 9]. Тем не менее, существуют как объективные, так и субъективные причины, из-за которых в некоторых случаях остаются нерешенные проблемы патологического состояния артериального русла нижних конечностей после проведения этого исследования. Чаще всего эти ограничения касаются объективизации проходимости дистальных отделов артерий голени и стопы. При наличии проксимальной окклюзии возникают трудности с контрастированием артерий голени с использованием рентгенконтрастной ангиографии, что может создать впечатление о неоперабельности пациента.

ЦЕЛЬ

Исследование и анализ эффективности контрастной магнитно-резонансной ангиографии в выявлении окклюзионно-стенотических поражений артерий нижних конечностей, а также определение возможности ее комплексного применения с рентгеноконтрастной ангиографией для разработки оптимальных лечебных стратегий при облитерирующих заболеваниях артерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За последние пять лет, с 2018 по 2023 годы, в рамках исследований, осуществленных в ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, была проведена магнитно-резонансная ангиография с болюсным контрастированием у 366 пациентов с поражением брюшной аорты, артерий таза и нижних конечностей. Доля пациентов с артериальной патологией нижних конечностей в этом исследовании составляла 11,2% (4,2% от общего числа пациентов, находившихся на лечении в данном учреждении). Среди пациентов, подвергшихся ангиографии, преобладали мужчины — 352, в то время как женщин — всего лишь 14. Наиболее распространенной причиной поражения артериального русла среди обследованных пациентов был облитерирующий атеросклероз, выявленный в 302 случаях (88,7%). 60 пациентам поставлен диагноз облитерирующий тромбангиит, и в 6 случаях был установлен диагноз диабетическая ангиопатия.

В Центре сосудистой хирургии нашего госпиталя мы придерживаемся современных методов для определения оптимальной лечебной стратегии. Эти методы включают дуплексное сканирование (проводимое для всех наших пациентов), рентгенконтрастную ангиографию, компьютерную томографическую ангиографию (КТ-ангиографию) и магнитно-резонансную ангиографию (МР-ангиографию), которые применяются при наличии показаний.

Анализ проводился с учетом критериев эффективности визуализации артериального русла и объективности полученных данных. Сравнительный анализ методов визуализации помог выявить преимущества и недостатки каждого из них. Анализ результатов включал оценку проходимости артерий, определение степени стеноза, выявление анатомических особенностей, а также оценку возможности хирургической коррекции. Данные были изучены с учетом клинических характеристик пациентов, что позволило выработать адекватные лечебные тактики для каждого случая патологии сосудов нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Магнитно-резонансная ангиография, являясь дополнительным методом диагностики, была применена нами после предварительной рентгенконтрастной ангиографии в 188 случаях. Имеет смысл отметить, что у части пациентов было подтверждено наличие кровотока через одну или даже несколько артерий голени (рис. 1).

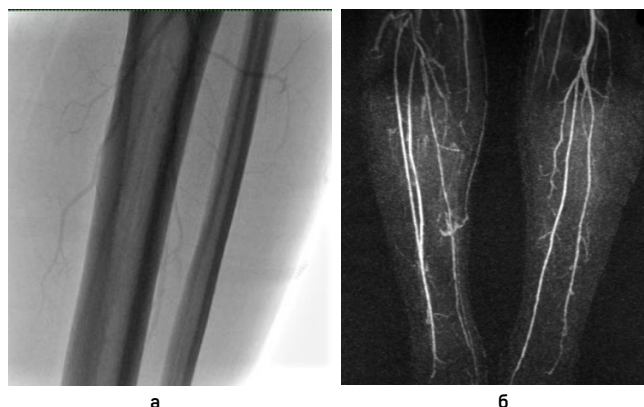


Рис. 1. Окклюзия правых поверхностной бедренной и подколенной артерий: а — рентгенконтрастная ангиограмма правого бедренно-подколенного сегмента: артерии голени визуализируются нечетливо, что вызывает сомнение в их проходимости; б — МР-ангиограмма бедренно-подколенных сегментов: наблюдается отчетливое коллатеральное заполнение артерий правой голени, что послужило основанием для выполнения операции бедренно-тибиального шунтирования, которая была проведена с хорошим клиническим результатом

Гемодинамически значимые поражения артериального русла нижних конечностей, вызванные системным атеросклеротическим заболеванием, часто сочетались с недостаточностью кровообращения в других артериальных бассейнах (например, коронарном, мозговом, висцеральном). Эта категория пациентов, как правило, находилась в пенсионном (старческом) возрасте и имела значительные сопутствующие заболевания. Например, ишемия артерий нижних конечностей IБ, III и IV степени по Фонтейн-Покровскому

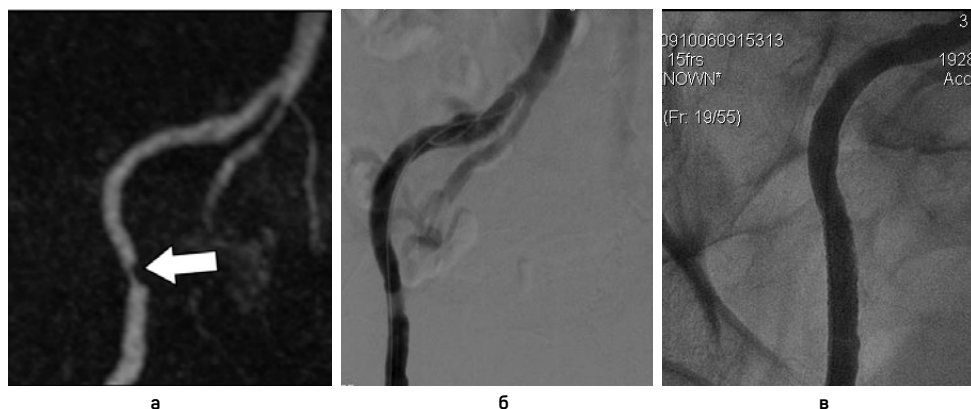


Рис. 2. Атеросклеротический стеноз правой наружной подвздошной артерии: а — МР-ангиограмма: субтотальное сужение просвета правой наружной подвздошной артерии на протяжении 14 мм (стрелка) — возможно эндоваскулярное лечение с доступом через правую бедренную артерию; б — рентгенконтрастная ангиограмма, выполненная в процессе рентгеноэндоваскулярного лечебного вмешательства; в — рентгенконтрастная ангиограмма, выполненная по окончании рентгеноэндоваскулярного стентирования: просвет правой наружной подвздошной артерии восстановлен

часто сочеталась с проявлениями почечной недостаточности в 11,2% случаев и с дисциркуляторной энцефалопатией II и III стадии — в 18,2%. Согласно литературным данным [3, 5, 12] и на основе нашего опыта выполнение рентгенконтрастной ангиографии у этих пациентов сопряжено с высоким риском, поэтому методом выбора стала МР-ангиография, которая была применена у 162 пациентов из указанной категории для оценки возможности хирургического улучшения кровообращения в конечности. Представленный клинический пример, изображенный на рис. 2, иллюстрирует, как МР-ангиография позволила определить показания к эндоваскулярному вмешательству и выбрать наиболее подходящий доступ к артериальному руслу. Это решение привело к положительному клиническому результату у пожилого пациента с коморбидной патологией.

Следующее клиническое наблюдение, представленное на рис. 3, служит примером обоснованного отказа от хирургического вмешательства на основе данных, полученных с использованием МР-ангиографии.

Недостатки визуализации, характерные для МР-ангиографии, в настоящее время подробно изучены. В нескольких исследованиях [4, 5, 10] было продемонстрировано, что рентгенконтрастная ангиография имеет более высокую информативность по сравнению с МР-ангиографией. В ряде МР-ангиографических исследований мы наблюдали завышение степени стеноза из-за турбулентности потока крови (рис. 4), а также искажение истинного отображения окклюзии сосуда, вызванной металлическим стентом, из-за артефактов (рис. 5). С учетом этих аспектов для планирования адекватных оперативных вмешательств в данных случаях предпочтительнее было проведение рентгенконтрастной ангиографии.

Однако при анализе наблюдений критической ишемии у соматически тяжелых пациентов, когда хирургическая реваскуляризация представляла собой

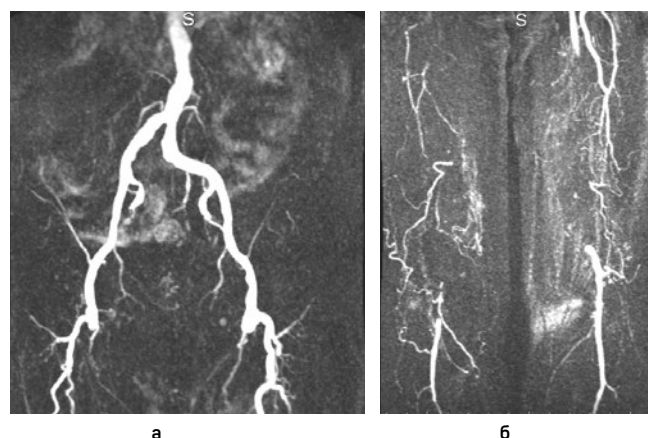


Рис. 3. Атеросклеротические окклюзии обеих поверхностных бедренных артерий: а, б — МР-ангиограммы аортобедренных и бедренно-подколенных сегментов соответственно: окклюзии обеих поверхностных бедренных артерий, подвздошные артерии и глубокие артерии бедер без значимого поражения, субстрата для рентгеноэндоваскулярной операции или малотравматичного вмешательства на глубоких артериях бедер не выявлено. Пациент ранее перенес неоднократные реконструкции бедренно-подколенных сегментов с обеих сторон. Выраженная сопутствующая патология обуславливала невозможность длительных, травматичных хирургических вмешательств. Учитывая отсутствие критической ишемии, принято решение о проведении консервативного лечения

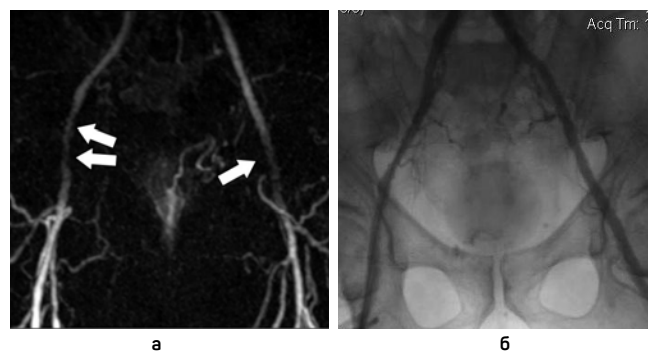


Рис. 4. Атеросклеротическое стенозирование подвздошных артерий: а — фрагмент МР-ангиограммы аорто-бедренного сегмента: вследствие турбулентности кровотока создается впечатление о субтотальном поражении обеих подвздошных артерий; б — фрагмент РК-ангиограммы аорто-бедренного сегмента: реальная картина умеренно-выраженного стенозирования подвздошных артерий

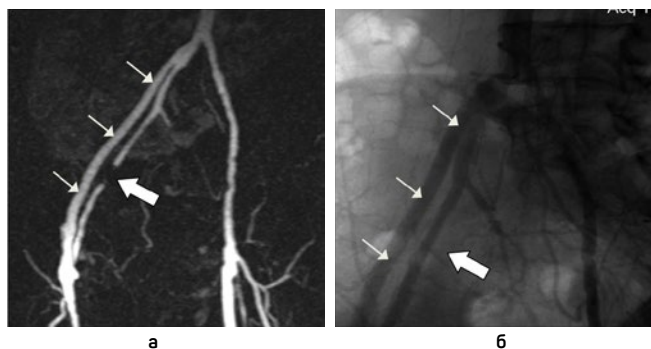


Рис. 5. Состояние после операции аорто-бедренного шунтирования справа: а — МР-ангиограмма аорто-бедренного сегмента: изображение ложной окклюзии правой подвздошной артерии на уровне стента (большая стрелка), проходимость аорто-бедренного шунта (маленькие стрелки) не нарушена; б — РК-ангиограмма аорто-бедренного сегмента: проходимость аорто-бедренного шунта (маленькие стрелки) и подвздошной артерии (большая стрелка) на всем протяжении не нарушена

альтернативу ампутации, мы осуществляли хирургическое вмешательство на основе данных, полученных МР-ангиографией, без проведения рентгенконтрастной ангиографии. В нашем опыте было отмечено лишь небольшое количество таких случаев — 18 за последние 5 лет. В результате применения данной тактики удалось добиться компенсации кровообращения конечности у 14 из 18 (77,8%) пациентов. Пример такой тактики представлен в клиническом наблюдении (рис. 6).

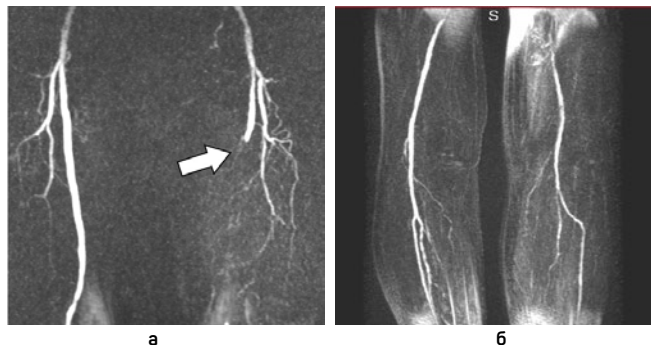


Рис. 6. Атеросклеротическая окклюзия левой поверхностной бедренной артерии. МР-ангиографические данные: а — МР-ангиограмма подвздошно-бедренных сегментов: окклюзия левой поверхностной бедренной артерии (стрелка); б — МР-ангиограмма подколленно-тибиальных сегментов: проходимость левой передней большеберцовой артерии сохранена. Учитывая выраженную сопутствующую патологию и наличие критической ишемии левой нижней конечности, принято решение воздержаться от выполнения рентгенконтрастной ангиографии. По результатам МР-ангиографии пациентке выполнено бедренно-подколенное ксеншунтирование с хорошим клиническим результатом. Отмечено совпадение интраоперационных и МР-ангиографических данных

Период функционирования успешно проведенной сосудистой реконструкции в значительной степени зависит от ремиссии основного заболевания, позволяющей продлить сроки функционирования конечности. Пациенты, прошедшие хирургические реваскуляризации, должны находиться на пожизненном диспансерном наблюдении и регулярных обследованиях [1, 6]. Клиническое течение заболевания требуется

контролировать в динамике с использованием инструментальных методов, среди которых наиболее объективным и неинвазивным является метод МР-ангиографии. В общей структуре применения этого метода для изучения кровотока нижних конечностей проведенные нами исследования с целью оценки состояния ранее выполненных реконструкций артериального русла, составили 8,6% (42 наблюдения). Однако следует отметить, что данный метод визуализации в процессе динамического наблюдения за пациентами, перенесшими вмешательства на артериальном русле, должен применяться гораздо чаще. При МР-ангиографии в отношении данной категории пациентов осуществлялась оценка возможности адекватного проведения хирургической коррекции патологических изменений. Для этого проводился тщательный анализ состояния наложенных шунтов и новых коллатеральных путей оттока и притока крови (рис. 7).

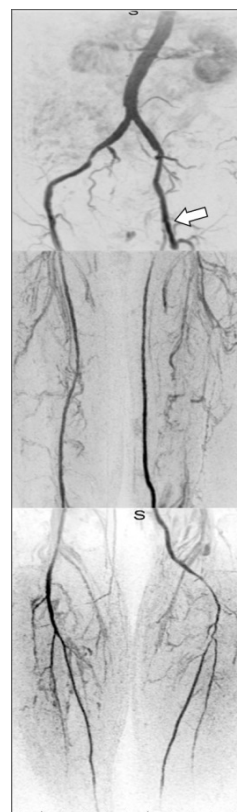


Рис. 7. Облитерирующий атеросклероз. Состояние после операции бедренно-подколенного шунтирования аутовеной. Контроль проходимости шунта и состояния кровотока нижних конечностей с помощью МР-ангиографии. Реконструированное панорамное изображение сосудистого русла нижних конечностей демонстрирует функционирующий бедренно-подколенный аутовенозный шунт и субтотальный стеноз в зоне проксимального анастомоза (стрелка). По результатам МР-ангиографии выполнено эндоваскулярное стентирование стеноза шунта с хорошим клиническим эффектом

Характерной особенностью сосудистой хирургии является выполнение сложных повторных операций, часто — с применением экстраанатомических реваскуляризирующих реконструкций, обусловленных прогрессирующим атеросклерозом. Однако изучение анатомических взаимоотношений в зоне повторных вмешательств представляет собой сложную задачу. МР-ангиография представляет неоспоримое преимущество для решения этой проблемы, поскольку обеспечивает трехмерное изображение сосудов [2, 4, 12].

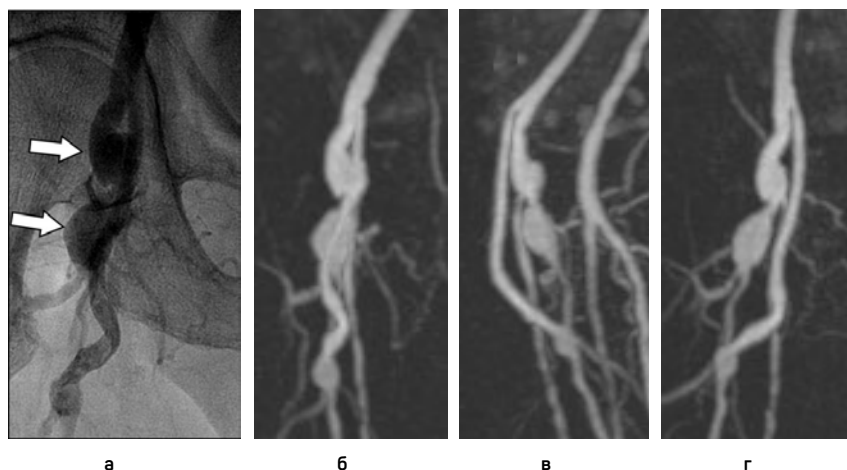


Рис. 8. Состояние после неоднократных оперативных вмешательств (шунтирование, решунтирование, пластика) на подвздошно-бедренном артериальном сегменте. Преимущество МРА в отображении патологических изменений в сравнении с РКА: а — фрагмент РК-ангиограммы; подозрение на наличие двойной аневризмы в зоне подвздошно-бедренного шунта (стрелки); б, в, г — фрагменты МР-ангиограмм зоны шунтирования в различных проекциях: локальные расширения реконструированных сосудов обусловлены конфигурацией зон анастомозов «конец в бок»

Для подтверждения анатомических взаимоотношений после многократных хирургических вмешательств на сосудистом русле нижних конечностей мы применили МР-ангиографию у 35 (7,2%) пациентов, пример подобного клинического случая представлен на рис. 8. Этот метод позволяет более точно изучить анатомические особенности после неоднократных вмешательств и предоставляет информацию, необходимую для последующей хирургической коррекции.

Контрастная МР-ангиография представляет собой метод с высоким информативным потенциалом для выявления окклюзионно-стенотических поражений артерий нижних конечностей и объективной оценки результатов хирургической коррекции. В сравнении с рентгеноконтрастной ангиографией МР-ангиография демонстрирует такие преимущества, как трехмерная визуализация артериального русла, более подробное изображение артерий голени и стопы, минимальная лучевая нагрузка, меньшая токсичность контрастного вещества и отсутствие необходимости пункции артерий.

Комбинированное использование МР-ангиографии с рентгеноконтрастной ангиографией способствует разработке адекватной лечебной стратегии при облитерирующих поражениях артерий нижних конечностей. Интеграция этих методов обогащает диагностический арсенал и способствует более эффективному подходу к лечению сосудистых заболеваний у пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании представленных данных можно сделать следующие выводы:

- 1) МР-ангиография как важный метод визуализации в сосудистой хирургии: МР-ангиография представляет собой значимый метод визуализации сосудов, особенно в рамках сосудистой хирургии. Ее преимущества включают неинвазивность и возможность получения трехмерных

изображений анатомии сосудов, что делает ее важным инструментом для оценки состояния артериального русла в плане патологических изменений и эффективности хирургических реконструкций.

- 2) Роль МР-ангиографии в диагностике и планировании лечения: МР-ангиография играет ключевую роль в определении лечебной тактики, особенно при облитерирующей патологии сосудов нижних конечностей. Этот метод помогает оценить состояние артериального русла, принимая во внимание сложные анатомические особенности, что необходимо для выбора оптимальных стратегий лечения.
- 3) Сравнение с рентгеноконтрастной ангиографией: в сравнении с рентгеноконтрастной ангиографией МР-ангиография может иметь ограничения в информативности, особенно в некоторых случаях, таких как турбулентность потока крови и артефакты от металлических стентов. Тем не менее, она остается более предпочтительным методом для повторного исследования, а также для оценки анатомических взаимоотношений в зоне многократных вмешательств.
- 4) Необходимость долгосрочного мониторинга и наблюдения: пациенты, прошедшие хирургические реваскуляризации, требуют долгосрочного мониторинга и регулярного наблюдения. Это необходимо для оценки долгосрочных результатов оперативного вмешательства и своевременного выявления возможных осложнений или рецидивов заболевания.

В целом МР-ангиография представляет собой эффективный и перспективный метод диагностики и контроля в сосудистой хирургии, который с каждым годом улучшает свои технические характеристики и становится все более востребованным для точной визуализации состояния сосудов нижних конечностей и планирования хирургических вмешательств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриленко А.В., Скрылев С.И. Хирургическое лечение больных с критической ишемией нижних конечностей, обусловленной поражениями артерий инфраингвинальной локализации // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 2008. — Т. 14. — № 3. — С. 113–117.
2. Володюхин М. Ю., Ибатуллин М. М., Михайлов И. М. и др. Болюсный метод и «время-пролетная» магнитно-резонансная ангиография у пациентов с окклюзирующими заболеваниями артерий нижних конечностей // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 2005. — Т. 11. — № 2. — С. 29–36.
3. Леманов В.Л., Покровский А.В., Сапелкин С.В. Роль новых медицинских технологий в ангиологии и сосудистой хирургии // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 2008. — Т. 14. — № 1. — С. 9–12.
4. Ледерле К., Ханендер С., Атенбергер Ю и др. Syngo Tim CT — МР-ангиография в клинической практике // *Magnetom Flash*. — 2010. — № 1. — С. 80–83.
5. Национальные рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ). Часть I. Периферические артерии // М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. — 2010. — 176 с.
6. Покровский А.В. Клиническая ангиология. // М.: Медицина. — 2004. — 887 с.
7. Cao P., Eckstein H., De Rango P. et al. Chapter II: Diagnostic methods // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* — 2011. — V. 42. — N 2. — P. 13–32.
8. Klasen J., Blondin D., Schmitt P. et al. Nonenhanced ECG-gated quiescent-interval single-shot MRA of the lower extremities: comparison with contrast-enhanced MRA // *Clin. Radiol.* — 2012. — V. 67. — N 5. — P. 441–446.
9. Lombardi M., Bartolozzi C. MRI of the Heart and Vessels // Springer-Verlag. — 2005. — 394 p.
10. Mostardi P.M., Haider C.R., Glockner J.F. et al. High spatial and temporal resolution imaging of the arterial vasculature of the lower extremity with contrast enhanced MR angiography // *Clin. Anat.* — 2011. — V. 24. — N 4. — P. 478–488.
11. Sandhu G.S., Rezaee R.P., Jesberger J. et al. Time-resolved MR angiography of the legs at 3T using a low dose of gadolinium: initial experience and contrast dynamics // *A.J.R.* — 2012. — V. 198. — N 3. — P. 686–691.
12. Wang C.Y., Zhao B., Wuang G.B. et al. Three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography at 3.0T scanner: significance in the classification of peripheral arterial occlusive disease // *Int. Angiol.* — 2012. — V. 31. — N 2. — P. 129–133.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шабаетв Рафаэль Маратович, к.м.н., ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, врач отделения РХМДЛ, 89372775071, 143420 Московская область, г. Красногорск п. Новый д.1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-9595-3028>; eLIBRARY SPIN-код: 7742-3423; eLIBRARY AuthorID: 1160494; Web of Science Researcher ID: GPC-8558-2022

Иванов Александр Владимирович, ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, заведующий отделением РХМДЛ, 143420 Московская область, г. Красногорск п. Новый д.1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3214-2375>

Иванов Владимир Александрович, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, полковник медицинской службы в отставке, Филиал ФГБУ «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3319-3294>

Яменков Владимир Владимирович, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, полковник медицинской службы, начальник центра сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, 143420 Московская область, г. Красногорск п. Новый д.1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-01290-4034>

Максанов Сергей Доржиевич, ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого» Минобороны России, врач отделения РХМДЛ, 143420 Московская область, г. Красногорск п. Новый д.1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7552-7032>

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Иванов А.В. — отбор, обследование и лечение пациента; сбор клинического материала; обзор публикаций по теме статьи; написание текста рукописи; подготовка иллюстраций

Шабаетв Р.М. — отбор, обследование и лечение пациента; обзор публикаций по теме статьи; написание текста: обзор и редактирование

Иванов В.А. — утверждение рукописи для публикации; проверка критически важного содержания

Яменков В.В. — утверждение рукописи для публикации; обзор и редактирование

Максанов С.Д. — написание текста: обзор и редактирование

ПОСТУПИЛА: 12.10.2023

ПРИНЯТА: 17.11.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 15.12.2023