

МР-АНГИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ АНАТОМИИ ПОЧЕЧНЫХ АРТЕРИЙ ПЕРЕД РЕНАЛЬНОЙ СИМПАТИЧЕСКОЙ ДЕНЕРВАЦИЕЙ

Рюмшина Н.И., Баев А.Е., Фальковская А.Ю., Усов В.Ю.

В статье представлен сравнительный анализ предоперационной МР-ангиографии и диагностической ангиографии перед процедурой ренальной денервации симпатических сплетений почечных артерий у лиц с резистентной формой артериальной гипертонии.

Цель исследования. Сравнить данные МРА и диагностической рентгеновской ангиографии почечных артерий для определения метода, позволяющего детально спланировать процедуру ренальной денервации.

Материалы и методы. 44 пациента (16 мужчин, 28 женщин; средний возраст составил 59,18 лет) с верифицированным диагнозом: резистентная АГ, направленные на лечение (ренальная денервация). Всем пациентам выполнена стандартная предоперационная лабораторно-инструментальная диагностика. Обзорная аортография с селективной почечной ангиографией и МР-ангиография были выполнены у всех 44 (100%) пациентов.

Результаты и выводы. Выявлено, что методы сопоставимы в определении стеноза почечных артерий, визуализации основных и сегментарных ветвей, их диаметра. При этом МР-ангиография в подавляющем большинстве случаев преувеличивает диаметр артерии на 0,6-0,8 мм. Помимо того, МР-ангиография, за счет отсутствия лучевой нагрузки, возможности послойной визуализации и построения 3D-изображений, позволяет с высокой точностью дифференцировать ветви почечных артерий, проследить их ход каждой в отдельности до сегментарных ветвей 3-4 порядка, а также запланировать ход предстоящего оперативного вмешательства.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, рентгеновская ангиография, резистентная артериальная гипертония, ренальная денервация.

Контактный автор: Рюмшина Н.И., e-mail: n.rumshina@list.ru

Для цитирования: Рюмшина Н.И., Баев А.Е., Фальковская А.Ю., Усов В.Ю. МР-ангиография в оценке анатомии почечных артерий перед ренальной симпатической денервацией. REJR 2019; 9(3):118-126. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-118-126.

Статья получена: 12.06.19

Статья принята: 11.07.19

MR-ANGIOGRAPHY IN ASSESSING THE ANATOMY OF THE RENAL ARTERIES BEFORE RENAL SYMPATHETIC DENERVATION

Ryumshina N.I., Baev A.E., Falkovskaya A.Yu., Usov W.Yu.

The paper presents comparative analysis of preoperation MR-angiography and X-ray angiography carried out before renal denervation of sympathetic plexus of renal arteries in patients with resistant arterial hypertension.

Purpose. To compare the data of MRA and diagnostic X-ray angiography of the renal arteries to determine a method that allows you to plan in detail the renal denervation procedure.

Materials and methods. 44 patients (16 men, 28 women; average age was 59.18 years) with a verified diagnosis: resistant hypertension, admitted to treatment (renal denervation). All patients underwent standard preoperative laboratory and instrumental diagnostics. Survey aortography with selective renal angiography and MR angiography were performed in all 44 (100%) patients.

Results and conclusion. It has been shown that both methods are comparable in

НИИ кардиологии
ФГБНУ «Томский
национальный
исследовательский
медицинский центр
Российской академии
наук».
г. Томск, Россия.

Cardiology research
institute, Tomsk national
research medical center
of Russian academy of
sciences.
Tomsk, Russia.

the detection of renal arteries stenosis, as well as in visualization of the main renal artery and of segment branches of arteries, and in measurement of their diameters. In most cases MR-angiography a little bit exaggerates the diameter of the artery for as low as 0.6-0.8 mm. Also MR-angiography do not deliver radiation exposure to a patient. Moreover, MRA provides the opportunity of sequential thin-slice imaging, and may separate branches of the renal arteries up to segment branches of 3-4 classes with high accuracy. In total, the MRA predicts the anatomic imaging with invasive catheter X-ray angiography and allows to plan it in details before renal sympathetic denervation.

Keywords: magnetic resonance imaging, X-ray angiography, resistant hypertension, renal denervation.

Corresponding author: Ryumshina N.I., e-mail: n.rumshina@list.ru.

For citation: Ryumshina N.I., Baev A.E., Falkovskaya A.Yu., Usov W.Yu. MR-angiography in assessing the anatomy of the renal arteries before renal sympathetic denervation. REJR 2019; 9(3):118-126. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-118-126.

Received: 12.06.19

Accepted: 11.07.19

Лучевые методы диагностики в клинике артериальной гипертензии (АГ) уже прошли достаточно долгий путь и имеют каждый свою уникальную историю, в особенности в связи с появлением и быстрым развитием такой оригинальной методики, как ренальная симпатическая денервация почек методом радиочастотной абляции симпатических сплетений почечных артерий. Рентгеновская катетерная селективная ангиография длительное время считалась «золотым» стандартом оценки проходимости артерий [1]. Многие авторы по-прежнему придерживаются этой позиции. Впрочем, с появлением новых магнитно-резонансных томографов, а также специального программного обеспечения для построения объемных моделей сосудистого русла, мы можем оценивать анатомический ход сосудов, диаметр просвета и состояние их стенок [2]. Причем это возможно без введения контрастных препаратов-парамагнетиков за счет использования в качестве контрастного агента интенсивность МР-сигнала от естественных жидкостей (в данном случае ток крови) [3]. Одними из главных преимуществ магнитно-резонансной ангиографии (МРА) является ее неинвазивность, безопасность и отсутствие лучевой нагрузки на пациента. Информативность метода стоит на одном уровне с компьютерной томографической ангиографией и рентгеновской ангиографией. Так, по данным А.В. Шевченко чувствительность и специфичность бесконтрастной МРА и контрастной МСКТА составляют 98% и 85%, 96% и 90% соответственно [4].

У пациентов с резистентной АГ для визуализации почечных артерий применяются: бесконтрастная МРА на предоперационном этапе ренальной денервации (РД) в диагностическом комплексе с оценкой почек; рентгеновская ка-

тетерная ангиография непосредственно на диагностическом этапе РД [5]. Значимым недостатком проведения «ангиографии на столе» является увеличение лучевой нагрузки на пациента, которую он получает за время оценки хирургом анатомии, исключения стенозов почечных артерий, ведь для этого многократно болюсно вводится существенное количество рентгеноконтрастного препарата. Оценка послеоперационной рентгеноконтрастной нефротоксичности, как правило, не проводится. А ведь острая почечная недостаточность после введения рентгеноконтрастных средств представляет серьезную проблему, особенно у больных с сахарным диабетом и аллергическими реакциями на йодсодержащие препараты [6]. Впрочем, такого пагубного воздействия можно избежать, если оценивать анатомию и вообще доступность артерий для денервации до операции на этапе планирования. В последнее время очень много работ посвящено диагностическому предоперационному моделированию с использованием ультразвукового исследования, МСКТ с построением 3D-изображений и даже 3D-печати интересующего анатомического объекта [7]. МРА объединяет все эти требования: отсутствие лучевой нагрузки на пациента; парамагнитные контрастные препараты с меньшей нефротоксичностью, чем йод-содержащие контрасты; произвольное направление срезов или сбор истинного трехмерного массива данных [8].

Поэтому в данной работе мы поставили цель – сравнить данные МРА и диагностической рентгеновской ангиографии почечных артерий для определения метода, позволяющего детально спланировать процедуру ренальной денервации.

Материалы и методы.

Исследование проводилось в полном соответствии с национальными и международными

Таблица №1. Клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование.

Показатель, единицы измерения		Процентное отношение
Всего больных		44
Пол, мужчины		16 (36%)
Возраст, годы ($m \pm \sigma$)		59,18 \pm 9,07
Количество лекарственных препаратов ($m \pm \sigma$)		4,1 \pm 0,9
Диагноз основной		
ГБ 2		19 (39%)
	АГ 1 ст	6 (50%)
	АГ 2 ст	4 (33,3%)
	АГ 3 ст	2 (16,7%)
ГБ 3		25 (61 %)
	АГ 1 ст	6 (31,6%)
	АГ 2 ст	4 (21,05%)
	АГ 3 ст	9 (47,4%)

Примечание: ГБ – гипертоническая болезнь; АГ – артериальная гипертензия; m – среднее; σ – стандартное отклонение.

Таблица №2. Данные лабораторно-инструментального обследования пациентов, включенных в исследование. Данные представлены в виде среднее \pm стандартное отклонение.

Показатель		Результат
ИМТ		33,24 \pm 5,5
Суточное систолическое АД, мм рт. ст.		158,6 \pm 17,1
Суточное диастолическое АД, мм рт. ст.		88,9 \pm 17
СКФ, мл/мин/1,73 м ²		71,31 \pm 15,9
Креатинин, мкмоль/л		85,06 \pm 19,2
Сцинтиграфия почек (n=42)	Функция в пределах нормы	5 (9,7%)
	Снижена эвакуаторная функция почек	9 (19,3%)
	Снижена фильтрационная функция почек	9 (19,3%)
	Снижены эвакуаторная и фильтрационная функция почек	17 (38,7%)
Дуплексное сканирование почек (n=43)	Норма	23 (51,6%)
	Повышение ОПСС	11 (25,8%)
	Снижение ОПСС	3 (6,4%)
	Патология ПА	6 (12,9%)
Относительная плотность мочи		1019,7 \pm 5,8

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; СКФ – скорость клубочковой фильтрации; АД – артериальное давление; ОПСС – общее периферическое сосудистое сопротивление.

Таблица №3. Протоколы сканирования и параметры импульсных последовательностей при МРТ почек.

Импульсные последовательности	Плоскость среза	TR (мс)	TE (мс)	FOV (мм)	Матрица	Толщина среза, мм	Расстояние между срезами, мм
Локалайзер	Сагиттальная	45	5	50×50	256×128	7	0
T1-ВИ FSat	Коронарная	153	4	39×45	256×256	6	0,6
T2-ВИ	Коронарная	7500	91	40×45	256×256	6	0,6
T1-ВИ	Аксиальная	126	4	38×45	256×160	5	0,6
T2-ВИ	Аксиальная	11400	91	38×45	256×160	6	0,1
T-SLIP + 3D ангиография*	Аксиальная	5,2	2,6	37	256×256	3	-1,5

Примечание: ВИ – взвешенные изображения; TR – время релаксации; TE – время эхо; FOV – поле зрения.

*Режим в аксиальной проекции с возможностью построения 3D-изображения для визуализации ПА (бесконтрастная МР-ангиография).

нормами и правилами: Хельсинкской декларацией всемирной медицинской ассоциации в действующей редакции 2012 г., Национальным стандартом Российской Федерации «Надлежащая клиническая практика» (GCP) ГОСТ Р 52379-2005 и Федеральным законом об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации (№ 323-ФЗ от 21 ноября 2011 года). Проведение исследования было одобрено и контролировалось локальным этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ. Пациенты – 44 человека с верифицированным диагнозом: резистентная АГ, направленные на лечение РД. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице №1.

Стаж АГ составил в среднем 20 [12; 32] лет. Антигипертензивная терапия включала 3 препарата у 35,5%, 4 у 38,7%, 5 у 16,1% и 6 препаратов у 9,7%. Всем пациентам выполнена стандартная предоперационная лабораторно-инструментальная диагностика, данные которой представлены в таблице №2.

Обзорная аортография с селективной почечной ангиографией и МРА были выполнены у всех 44 (100%) пациентов. Рентгеновская почечная ангиография выполнялась непосредственно в рентген-операционной в три этапа: диагностический, лечебный и контрольный. Диагностическая почечная ангиография выполнялась для определения рентгеноанатомии почечных артерий с последующей окончательной оценкой показаний и противопоказаний к ренальной денервации (РД). Для этого выясня-

лось количество почечных артерий, их диаметр, наличие аномалий, изгибов, сужений. Если противопоказания не выявляются, далее следуют лечебный (собственно процедура РД) и контрольный (осмотр артерий на предмет повреждений) этапы.

МРА выполнялась накануне РД в рамках планового обследования одновременно с МРТ почек на высокопольном магнитно-резонансном томографе с индукцией магнитного поля 1,5 Тесла («Titan Vantage» фирмы «Toshiba Medical»). МР-характеристики режима ангиографии представлены в таблице №3.

Статистическая обработка проводилась при помощи программного обеспечения Statistica 10.0 (2011); MedCalc v13 (2014). Определение зависимости между количественными признаками проводилось с помощью коэффициента линейной корреляции Спирмена (R). Оценка согласованности измерений проводилась с использованием теста Бланда-Алмана. Статистические результаты считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты.

После проведения сравнительного анализа двух методов визуализации почечных артерий, была получена достоверная корреляция средней силы между ними. В частности, сравнивались диаметр почечных артерий, а также выявление стенозов и степени разветвленности магистральных стволов на сегментарные ветви. На рисунках 1, 2 показана корреляция между сравниваемыми методиками относительно

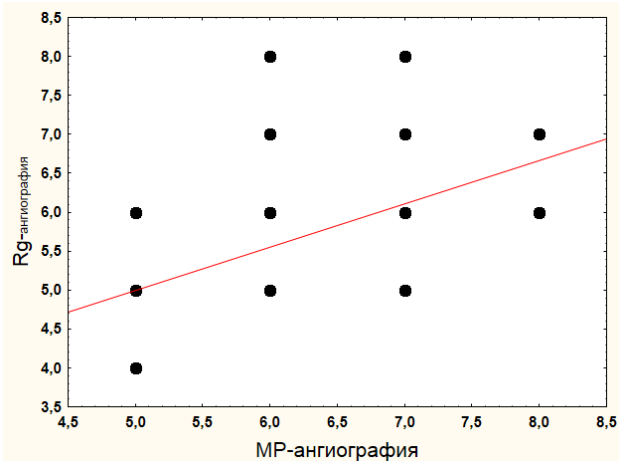


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. График.

Корреляция рентгеновской ангиографии и МР-ангиографии в определении диаметра правой почечной артерии.

Fig. 1. Diagram.

Correlation of the diameter of right renal artery obtained with X-ray angiography and MR-angiography measurements

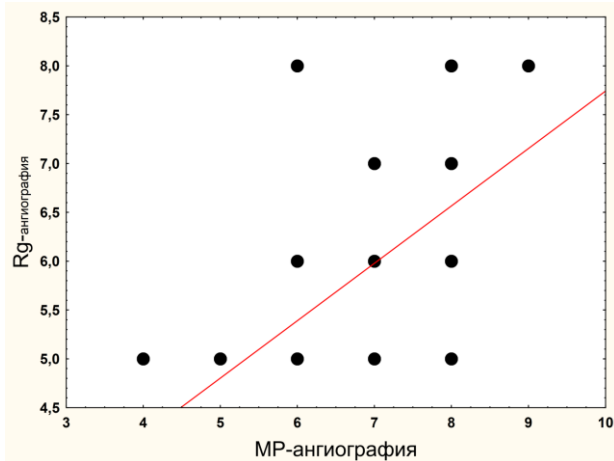


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. График.

Корреляция рентгеновской ангиографии и МР-ангиографии в определении диаметра левой почечной артерии.

Fig. 2. Diagram.

Correlation of the diameter of left renal artery obtained with X-ray angiography and MR-angiography measurements

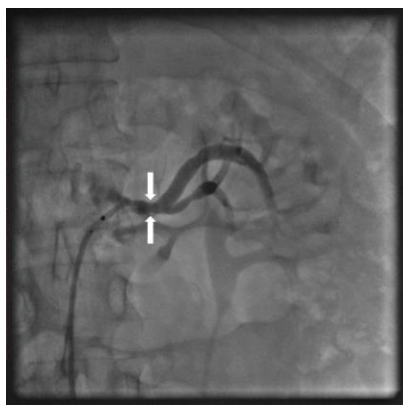


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Селективная ангиография левой почечной артерии.

Стрелки указывают на область стеноза.

Fig. 3. X-ray angiography of left renal artery.

Arrows indicate on stenosis area.

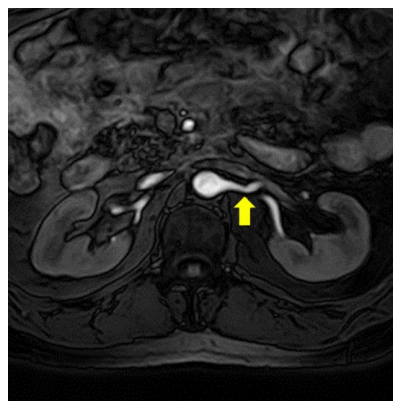


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. Бесконтрастная МР-ангиография правой почечной артерии.

Стрелка указывает на область стеноза.

Fig. 4. X-ray angiography of right renal artery.

Arrows indicate on stenosis area.

определения диаметра основного ствола почечных артерий.

Таким образом, видно, что данные МРА имеют корреляцию средней силы (справа $R=0,485, p<0,05$; слева $R=0,6578, p<0,05$; обе почечные артерии $R=0,5759, p<0,05$) и сопоставимы с данными рентгеновской ангиографии почечных артерий.

В выявлении стеноза почечных артерий

методы почти полностью сопоставимы – из 88 артерий оба метода выявили стеноз в 3-х случаях и исключили его в 82. Три стеноза, предположенных при МРА, не подтвердились на рентгеновской ангиографии, и в двух случаях на МРА артерии были описаны без патологии, но при ангиографии были выявлены гемодинамически незначимые стенозы. На рисунках 3, 4 пример визуализации двумя методами незна-

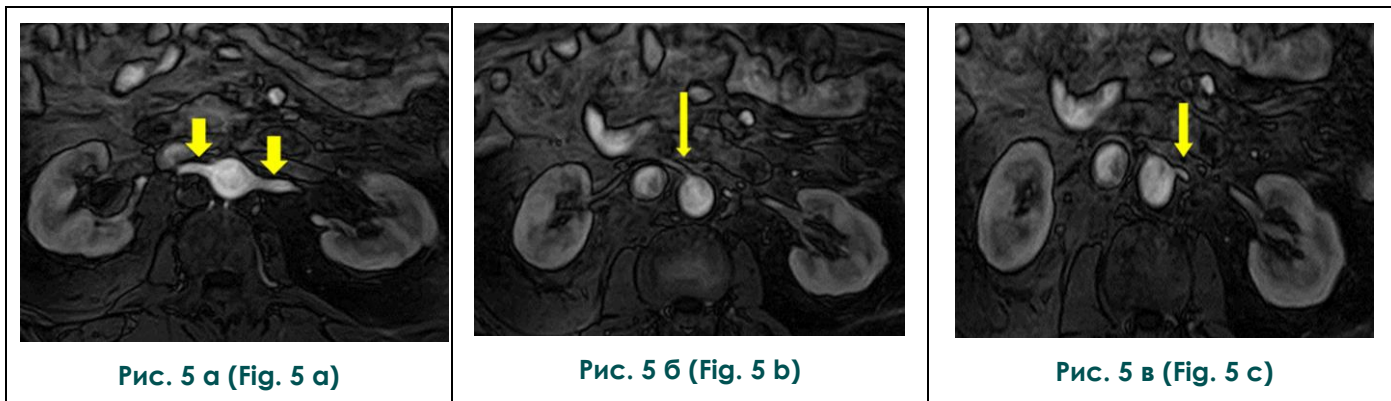


Рис. 5. Бесконтрастная МР-ангиография брюшной аорты и почечных артерий.

а - устья отходящих главных почечных артерий, б - дополнительных ветвей справа, в - дополнительных ветвей слева (стрелки).

Fig. 5. Noncontrast time-of-flight MR-angiography of renal arteries.

Arrows indicate main renal arteries ostia – a, additional ostia on right – b, on left – c.

чимого стеноза левой почечной артерии.

В выявлении дополнительных стволов почечных артерий МРА превосходит селективную ангиографию (в 7-ми случаях дополнительные артерии почек не визуализировались на рентгеновских исследованиях). При этом весьма существенно, что эти данные были получены без ионизирующего излучения и без введения контрастных препаратов. На рисунках 5, 6 приведен пример сравнения двух методов диагно-

стики у одного и того же пациента. На МР-ангиографических изображениях четко видно по два основных ствола и по две допол-

нительных ветви почечных артерий, отходящих от аорты (рис. 5). На ангиографии дополнительный ствол справа не визуализируется (рис. 6).

После проведения сравнительного анализа Бланда-Алтмана оказалось, что МРА преувеличивает значение просвета артерии на 0,63 мм справа и на 0,9 мм слева по сравнению с рентгеновской ангиографией ($p < 0,0001$) (рис. 7, 8).

Обсуждение.

Таким образом, методы сопоставимы, у каждого свои преимущества и недостатки. Даже если при МРА будет на 1 мм завышена толщина ствола почечной артерии, стеноз и его

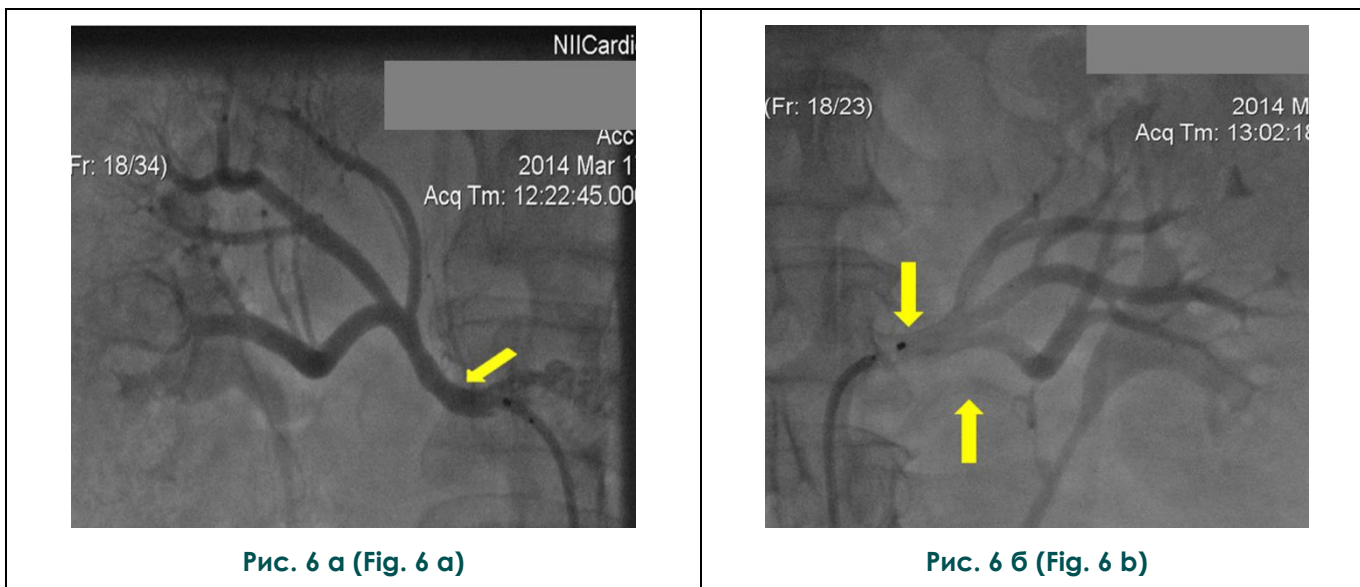


Рис. 6. Рентгеновская ангиография брюшной аорты и отходящих от нее почечных артерий.

а - один ствол правой почечной артерии (желтая стрелка); б - желтыми стрелками указаны два ствола левых почечных артерий.

Fig. 6. X-ray angiography abdominal aorta with renal arteries.

Yellow arrows indicate two renal arteries on left (b), one renal artery on right (a).

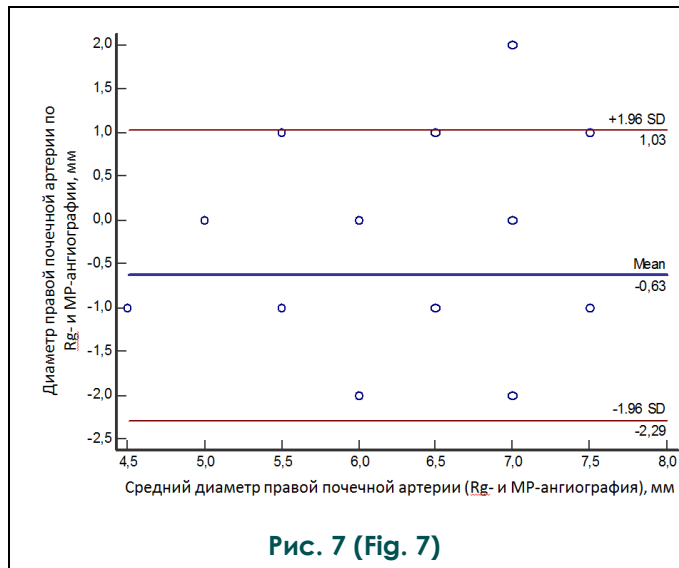


Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. График.

Анализ Бланда-Алтмана. Сопоставление методов рентгеновской ангиографии и МР-ангиографии в измерении диаметра правой почечной артерии. Непрерывные горизонтальные линии обозначают среднее смещение; пунктирные горизонтальные линии обозначают $\pm 95\%$ пределов согласия.

Fig. 7. Diagram.

Bland-Altman analysis is shown. Agreement between X-ray angiography and MR-angiography for measurement of right renal artery diameter. Continuous horizontal lines denote mean bias; dashed horizontal lines denote $\pm 95\%$ limits of agreement.

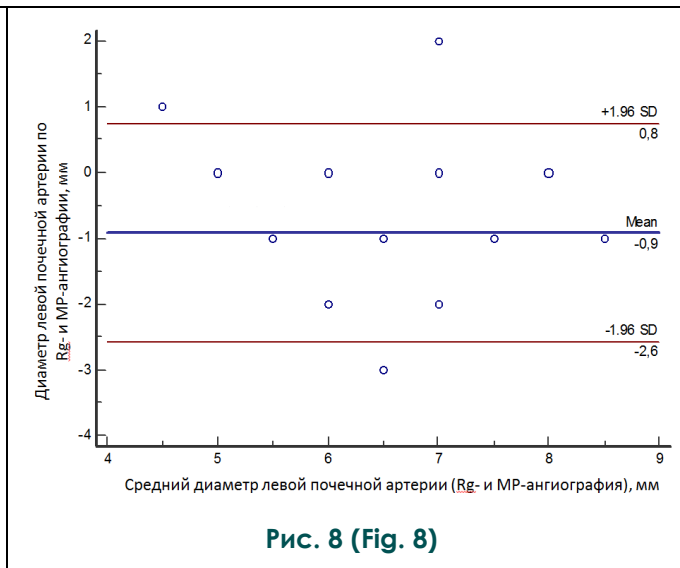


Рис. 8 (Fig. 8)

Рис. 8. График.

Анализ Бланда-Алтмана. Сопоставление методов рентгеновской ангиографии и МР-ангиографии в измерении диаметра левой почечной артерии. Непрерывные горизонтальные линии обозначают среднее смещение; пунктирные горизонтальные линии обозначают $\pm 95\%$ пределов согласия.

Fig. 8. Diagram.

Bland-Altman analysis is shown. Agreement between X-ray angiography and MR-angiography for measurement of left renal artery diameter. Continuous horizontal lines denote mean bias; dashed horizontal lines denote $\pm 95\%$ limits of agreement.

значимость будут соответствовать данным, полученным при рентгеновской ангиографии. Аналогичные данные со значимой корреляцией значений полученных при рентгеновской ангиографии и МРА перед проведением ренальной денервации (РД) были получены у группы пациентов при первичном отборе пациентов для процедуры РД как таковой [8]. Кроме того, при рентгеновском исследовании мы получим информацию лишь об анатомии артерий. МР-ангиография же позволяет изучить стенки артерий, их патологические изменения, утолщения, образование атеросклеротических бляшек на всех стадиях, воспалительных и других процессов. При применении контрастных препаратов мы можем получить более исчерпывающие данные. Применение ангиографических методов в качестве дополнительных исследований к рутинной МРТ в клинической практике значительно расширяет возможности диагностики, не прибегая к сложным инвазивным исследованиям [10], но также расширяет возможности для научных исследований.

В работе Давлетова Р.Г. и Сайфулиной Э.И. сравнивалась визуализация висцеральных ветвей аорты методами МСКТ и МРА с обычной

инвазивной ангиографией. Было определено, что томографические методы визуализируют висцеральные ветви брюшной аорты до ветвей 3-4 порядка в полном объеме и не уступают по качеству визуализации сосудистого русла селективной ангиографии. Кроме того, возможность построения 3D-реконструкций позволяет хирургу планировать объем и вид оперативного вмешательства, проводить анализ состояния окружающих органов и тканей [11], что тактически важно для эндоваскулярных хирургов перед РД [12]. В свою очередь доступность методики, высокая скорость исследований и отсутствие лучевой нагрузки при МРА являются весомыми преимуществами. В работе Давыденко И.С. и соав. представлены данные сравнения КТА, МРА и дигитальной субтракционной ангиографии (ДСА) в выявлении стенозов внутренней сонной артерии. Была выявлена тесная корреляция между методиками, свидетельствующая о высокой достоверности получаемых данных. Поэтому КТА и МРА без контрастного усиления могут быть широко использованы для адекватной оценки стеноза и представляют собой корректную альтернативу ДСА [13]. В работе Алиева М.А. и соавт. анализировались воз-

возможности МРА в диагностике атеросклеротических поражений. В сравнении с «золотым» стандартом – рентгеноконтрастной ангиографией, МРА неинвазивный оператор независимый метод, позволяющий амбулаторно оценивать сосуды, строить 3D-модели и одновременно оценивать состояние кровоснабжаемых органов [14]. В.К. Сухов и соавт. заключили, что самые достоверные сведения оказывается возможным собрать, применяя ангиографические (прямая, КТ- и МР-ангиография) исследования. Только используя их, можно выполнить надлежащий стандарт обследования при патологии аорты и периферических артерий [15]. Известны хирургические методики, которые планируют оперативное вмешательство на основе данных МР-ангиографии [16].

Представленные результаты позволяют в обязательном порядке рекомендовать использование МРА перед проведением РД симпатических сплетений почечных артерий, поскольку в этом случае топическое расположение и архитектура почечных артерий становятся совершенно очевидными для рентген-ангиохирурга. При этом необходимо иметь в

виду, что МРА имеет тенденцию к некоторому завышению диаметра просвета почечных артерий.

Выводы/заключение.

МР-ангиография при неинвазивности, отсутствии лучевой нагрузки на пациента, высокой разрешающей способности и отсутствии эффекта суммации изображения позволяет получить исчерпывающую информацию о состоянии почечных артерий, в частности их стенок, и о размерах просвета сосуда для адекватного проведения прицельной рентгеновской ангиографии и процедуры РД. Необходимо выполнение предоперационной МР-ангиографии почечных артерий у всех пациентов, направляемых для процедуры радиочастотной деструкции симпатических сплетений почечных артерий при резистентной АГ.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

Список литературы:

1. Аскерова А.Н., Степанова Ю.А., Зотиков А.Е., Ивандаев А.С., Кармазановский Г.Г. Артериовенозные мальформации почек: диагностика и лечение. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (5): 73–83. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-5-73-83.
2. Рюмишина Н.И., Зюбанова И.В., Баев А.Е., Мордовин В.Ф., Лукьяненко П.И., Вусик Е.А., Усов В.Ю. Магнитно-резонансная томография с парамагнитным контрастированием в оценке местного воздействия ренальной денервации на стенку почечных артерий. *Лучевая диагностика и терапия*. 2015; 3 (6): 83–89.
3. Рюмишина Н.И., Баев А.Е., Фальковская А.Ю., Лишманов Ю.Б., Усов В.Ю. МРТ сосудистой стенки с парамагнитным контрастным усилением в оценке терапевтического воздействия радиочастотной абляции симпатических сплетений почечных артерий при лечении резистентной артериальной гипертензии. *Медицинская визуализация*. 2019; 23 (1): 56–64. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-1-56-64.
4. Шевченко А.В., Амелин М.Е., Осиев А.Г., Курбатов В.П., Бахарев А.В., Гришков А.В. и др. Оценка результатов каротидного стентирования по данным магнитно-резонансной и мультиспиральной компьютерной ангиографии. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2009; 3: 54–58.
5. PekarSKIY S.E., Baev A.E., Mordovin V.F., Semke G.V., Ripp T.M., Falkovskaya A.U. et al. Denervation of the distal renal arterial branches vs. conventional main renal artery treatment: a randomized controlled trial for treatment of resistant hypertension. *Journal of Hypertension*. 2017; 35 (2): 369–375.
6. Draganov PV, Forsmark CE. Prospective evaluation of adverse reactions to iodine-containing contrast media after ERCP. *Gastrointest Endosc*. 2008; 68(6): 1098–101. doi: 10.1016/j.gie.2008.07.031.
7. Колсанов А.В., Назарян А.К., Яремич Б.И., Иванова В.Д.,

- Юнусов Р.Р. 3D-визуализация при изучении вариантной анатомии почечных артерий. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2017; 1: 44–48. <https://doi.org/10.17116/operhirurg20171144-48>
8. Руммени Э.Й., Раймер П., Хайндель В. Магнитно-резонансная томография тела. Перевод с английского под общей редакцией Г.Г. Кармазановского. – 2-е издание. Москва: МЕДпресс-информ, 2017. 848 с.
9. Григин В.А., Стукалова О.В., Коробкин А.С., Страздэн Е.Ю., Данилов Н.М., Матчин Ю.Г. и др. Возможности бесконтрастной магнитно-резонансной ангиографии в выборе кандидатов для радиочастотной денервации почечных артерий. *Атеросклероз и дислипидемии*. 2015; 4(21): 30–39.
10. Шрайбман Л.А., Тулупов А.А. Возможности фазово-контрастной магнитно-резонансной ангиографии в исследовании сосудистой системы. Часть 1. Исследование церебральных артерий. *Клиническая физиология кровообращения*. 2014; 1: 5–11.
11. Давлетов Р.Г., Сайфуллина Э.И. Компьютерная и магнитно-резонансная ангиография висцеральных ветвей аорты в диагностике абдоминального ишемического синдрома. *Лучевая диагностика и терапия*. 2010; 4(1): 37–40.
12. Trojan M, Rengier F, Kotelis D, Müller-Eschner M, Partovi S, Fink C al. Time-Resolved Three-Dimensional Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography in Patients with Chronic Expanding and Stable Aortic Dissections. *Contrast Media & Molecular Imaging*, vol. 2017, Article ID 5428914, 6 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5428914>.
13. Давыденко И.С., Кротенкова М.В., Коновалов Р.Н., Пирадов М.А. Проспективное сравнение компьютерно-томографической ангиографии, магнитно-резонансной ангиографии и цифровой субтракционной ангиографии для определения степени гемодинамически значимых стенозов

внутренних сонных артерий. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2008; 2(3): 19-24.

14. Алиев М.А., Мухамеджанов И.Х., Серикова С.Э., Ахметов Е.А., Оразалиева А.Н. Магнитно-резонансная ангиография сонных артерий у пациентов с атеросклеротическим поражением. *Медицинская визуализация*. 2005; 3: 16-20.

15. Сухов В.К., Шлойдо В.А., Шломин В.В., Артюшин Б.С. Значение предоперационной ангиографии в выборе технологии устранения критической ишемии нижних конечностей. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2018; 2(108): 99-101.

16. Вечерский Ю.Ю., Лукьяненко П.И., Мочула О.В., Скури-

хин И.М., Шелковникова Т.А., Усов В.Ю. Способ проведения оперативного вмешательства на системе левой коронарной артерии через боковую миниторакотомию с предварительным планированием оперативного вмешательства по данным магнитно-резонансной томографии грудной клетки и магнитно-резонансной ангиографии аорты, левой внутригрудной и венечных артерий. В книге «Новые медицинские технологии в профилактике, диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Методические рекомендации». Томск, Издательство: НИИ кардиологии, Томский НИМЦ, 2018. 324 с.

References:

1. Askerova A.N., Stepanova Yu.A., Zotikov A.E., Ivandaev A.S., Karmazanovsky G.G. Renal arteriovenous malformations: diagnosis and treatment. *Medical Visualization*. 2018; 22 (5): 73–83. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-5-73-83 (in Russian).

2. Ryumshina N.I., Zyubanova I.V., Baev A.E., Mordovin V.F., Lukyanenok P.I., Vusik E.A. Use of magnetic resonance imaging with paramagnetic contrast in evaluation of local renal denervation impact on the renal arteries walls. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2015; 3 (6): 83-89 (in Russian).

3. Ryumshina N.I., Baev A.E., Falkovskaya A.Yu., Lishmanov Yu.B., Ussov W.Yu. MRI with paramagnetic contrast enhancement of the arterial vascular wall in follow-up control of therapeutic effect in resistant arterial hypertension treated with radiofrequency ablation of sympathetic plexus of the renal arteries. *Medical Visualization*. 2019; 23 (1): 56–64. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-1-56-64 (in Russian).

4. Shevchenko A.V., Amelin M.Ye., Ossiyev A.G., Kurbatov V.P., Bakharev A.V., Grishkov A.V. et al. Estimated results of carotid artery stenting based on mr & multispiral computed angiography. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2009; 3: 54-58 (in Russian).

5. Pekarskiy S.E., Baev A.E., Mordovin V.F., Semke G.V., Ripp T.M., Falkovskaya A.U. et al. Denervation of the distal renal arterial branches vs. conventional main renal artery treatment: a randomized controlled trial for treatment of resistant hypertension. *Journal of Hypertension*. 2017; 35 (2): 369-375.

6. Draganov PV, Forsmark CE. Prospective evaluation of adverse reactions to iodine-containing contrast media after ERCP. *Gastrointest Endosc*. 2008; 68(6): 1098-101. doi: 10.1016/j.gie.2008.07.031.

7. Kolsanov A.V., Nazaryan A.K., Yaremin B.I., Ivanova V.D., Yunusov R.R. 3D imaging in the study of the variant anatomy of renal arteries. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2017; 1: 44-48. <https://doi.org/10.17116/operhirurg20171144-48> (in Russian).

8. Rummeny EJ, Reimer P, Heindel W. MR Imaging of the body. Ed. by G.G. Karmazanovskogo. Moskva: MEDpress-inform, 2017. 848 p. (in Russian).

9. Grigin V. A. , Stukalova O. V. , Korobkin A. S. , Strazden E. Yu. , Danilov N. M., Matchin Y. G. et al. Features non-enhanced magnetic resonance imaging in the selection of candidates for radiof-

requency denervation of the renal arteries. *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*. 2015; 4 (21): 30-39 (in Russian).

10. Shraybman L.A., Tulupov A.A. Abilities of phase-contrast magnetic resonance angiography in research of vascular system. Part 1. Cerebral arteries examination. *Clinical physiology of circulation*. 2014; 1: 5-11 (in Russian).

11. Davletov R.G., Sayfullina E.I. Computer tomography and magnetic resonance imaging of visceral branches of the abdominal aorta in abdominal ischemic syndrome. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2010; 4(1): C. 37-40 (in Russian).

12. Trojan M, Rengier F, Kotelis D, Müller-Eschner M, Partovi S, Fink C al. Time-Resolved Three-Dimensional Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography in Patients with Chronic Expanding and Stable Aortic Dissections. *Contrast Media & Molecular Imaging*, vol. 2017, Article ID 5428914, 6 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5428914>.

13. Davydenko I.S., Krotchenkova M.V., Kononov R.N., Piradov M.A. Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional non-enhanced MR and digital subtraction angiography. *Annals of clinical and experimental neurology*. 2008; 2(3): 19-24 (in Russian).

14. Aliev M.A., Mukhamedzhanov I.H., Serikova S.E., Akhmetov E.A., Orazaliev A.N. Magnetic resonance angiography of the carotid arteries in patients with atherosclerosis. *Medical Visualization*. 2005; 3:16-20 (in Russian).

15. Suhov V.K., Shloydo E.A., Shlomin V.V., Artyushin B.S. The importance of preoperative angiography in the election of technology for elimination of critical limb ischemia. *Vestnik of Yaroslavl the Wise Novgorod state university*. 2018; 2(108): 99-101 (in Russian).

16. Vecherskiy Yu.Yu., Luk'yanenok P.I., Mochula O.V., Skurihin I.M., Shelkovnikova T.A., Usov V.Yu. Sposob provedeniya operativnogo vmeshatel'stva na sisteme levoj koronarnoj arterii cherez bokovuyu minitorakotomiyu s predvaritel'nym planirovaniem operativnogo vmeshatel'stva po dannym magnitno-rezonansnoj tomografii grudnoj kletki i magnitno-rezonansnoj angiografii aorty, levoj vnutrigrudnoj i venechnyh arterij. In book «New medical technologies in prevention, diagnostics, and treatment of craniological diseases. Medical recommendation». Tomsk, Cardiology research institute, Tomsk NRMC, 2018. 324 p. (in Russian).