



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)  
DOI: 10.24835/1607-0763-2019-1-56-64

## **МРТ сосудистой стенки с парамагнитным контрастным усилением в оценке терапевтического воздействия радиочастотной абляции симпатических сплетений почечных артерий при лечении резистентной артериальной гипертонии**

**Рюмшина Н.И., Баев А.Е., Фальковская А.Ю., Лишманов Ю.Б., Усов В.Ю.\***

НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск, Россия

## **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**

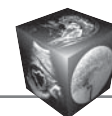
**Ryumshina N.I., Baev A.E., Falkovskaya A.Yu., Lishmanov Yu.B., Ussov W.Yu.\***

Cardiology research institute, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

**Цель исследования:** количественная оценка интенсивности контрастного усиления стенки аорты и почечных артерий как показателя протекающего патологического неангиогенеза у пациентов с артериальной гипертонией (АГ) с оценкой его изменений после ренальной денервации.

**Материал и методы.** Обследован 31 пациент с резистентной АГ, средний возраст  $57,3 \pm 9,8$  года. СМАД  $154 \pm 12 / 89 \pm 9$  мм рт.ст. МРТ-исследование проводилось на МР-томографе 1,5 Тл. Протокол включал стандартные режимы для исследования сердца и грудной аорты. Контрастное усиление: внутривенно медленно 0,5 М парамагнитного контрастного препарата (0,2 мл/кг массы тела). Ренальная симпатическая денервация выполнялась в рентгеноперационных с использованием лицензированного оборудования системы Symplicity (Medtronic, США). Группа сравнения – 28 человек, проходивших амбулаторно МРТ поясничного отдела позвоночника (средний возраст  $53,2 \pm 17,8$  года), без жалоб, которые можно было бы отнести к патологии сердечно-сосудистой системы.

**Результаты.** Индекс усиления (ИУ) стенки аорты больных с АГ (1,57) достоверно отличается от ИУ аорты здоровых людей (1,23),  $p < 0,0001$ , что отражает воспалительно-неангиогенетические изменения в сосудистой стенке при АГ. Корреляция между показателями ИУ стенки почечных артерий высокодостоверна и линейна, что подтверждает представление о системном характере неангиогенеза при АГ. В результате анализа данных, полученных при МРТ почечных артерий, оказалось, что при контрастировании интенсивность МРТ-сигнала от их стенок, как правило, уменьшается (правая почечная артерия дистальный сегмент 1,78, 1,61, 1,59 – исходно, в 6 и 12 мес после ренальной денервации соответственно,  $p < 0,05$ ). Таким образом, визуально МРТ доказывает электроиндуцированное повреждение стенки почечной артерии и развитие фиброза в месте радиочастотного воздействия. При этом нет достоверных различий в ИУ между исследованиями на 6-м ( $p = 0,56$ ) и 12-м ( $p = 0,48$ ) месяце наблюдения после РЧА, что свидетельствует в пользу сохранения фиброза и соответственно отсутствия



реиннервации и воспалительного неангиогенеза артериальной стенки.

**Заключение.** МРТ-исследование аорты и почечных артерий с контрастным усилением рекомендуется проводить как диагностическую процедуру, позволяющую оценить состояние стенки данных сосудов, а также для динамического наблюдения за их состоянием после ренальной симпатической денервации.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография с контрастным усилением, аортальная стенка, артериальная стенка, радиочастотная абляция симпатических сплетений почечных артерий, резистентная артериальная гипертензия, неоваскулогенез.

**Ссылка для цитирования:** Рюмшина 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.

\*\*\*

**Aim.** Quantitative follow-up of the intensity of paramagnetic contrast enhancement of the aortal wall and renal arteries walls, as indicator of the pathological subintimal and media neoangiogenesis was carried out in patients with arterial hypertension, focusing on changes after renal denervation.

**Material and methods.** 31 patients (as old as  $57.3 \pm 9.8$  years) with resistant hypertension comprised the study group. The average systolic/diastolic pressure obtained from 24-h monitor study was as high as  $154 \pm 12 / 89 \pm 9$  mm Hg. The MRI studies were carried out using 1.5 T MRI Toshiba Vantage Titan scanner. After this the intravenous contrast enhancement has been carried out (with 0.5 M paramagnetic, as 0.2 ml/Kg). The radiofrequency ablation (RFA) desympathising the kidneys was performed on X-ray operating room using the Symplicity system: Symplicity Flex renal ablation electrode with a 4F end electrode as thin as 1.33 mm and with length of 1.5 mm, and also automated RF voltage generator with built-in power management algorithms temperature (Medtronic, USA) were employed. The comparison group included 28 people who were referred for MRI study of lumbar spine (average age –  $53.2 \pm 17.8$ ), without any evidence that could be attributed to the pathology of the cardiovascular system.

**Results.** Enhancement index (EI) of the aortic wall of patients with hypertension (1.57) was significantly over the aortic EI of healthy people (1.23),  $p < 0.0001$ , reflecting inflammatory neoangiogenetic changes in the vascular wall in hypertension. The correlation between EI in the wall of both renal arteries is highly reliable and linear, which confirms the idea of the systemic nature of neoangiogenesis in hypertension. Analysis of data from an MRI study of the renal arteries showed that the intensity of the accumulation of the contrast agent in their wall after RD, as a rule, decreases (the right RA distal segment 1.78, 1.61, 1.59 – at baseline, at 6 and 12 months after RD, respectively ( $p < 0.05$ )). Thus, a visual MRI proves electro-induced damage to the wall of the renal artery and the development of fibrosis at the site of radiofrequency exposure. At the same time, there are no significant differences in EI between studies at the sixth ( $p = 0.56$ ) and twelfth ( $p = 0.48$ ) months of observation after RFA, which argues in favor of maintaining fibrosis and,

respectively, the absence of reinnervation and inflammatory neoangiogenesis of the arterial wall.

**Conclusion.** MR-tomographic examination of the aorta and renal arteries with contrast enhancement should be carried out to assess the state of the walls of these vessels and to dynamically monitor their condition after renal denervation.

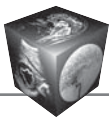
**Key words:** MRI with paramagnetic contrast enhancement, aortal wall, arterial wall, vasa vasorum, neoangiogenesis, radiofrequency ablation of renal arteries, resistant arterial hypertension.

**Recommended citation:** 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.

\*\*\*

## Введение

В настоящее время артериальная гипертензия (АГ) остается ведущим неинфекционным заболеванием по распространенности среди населения индустриальных стран и составляет основную патогенетическую причину для развития таких осложнений, как острый инфаркт миокарда [1–3] и нарушения мозгового кровообращения [4]. Существенный прогресс в борьбе с этим серьезнейшим социальным заболеванием связан в том числе и с широким внедрением такого недавно разработанного метода лечения, как радиочастотная абляция (РЧА) симпатических сплетений почечных артерий (ПА), которая позволяет существенно снизить среднее АД у пациентов с резистентной артериальной гипертензией (РАГ), а зачастую и практически отказаться от лекарственной терапии или же снизить лекарственное воздействие с множественных препаратов до монотерапии [5]. Однако до сих пор РЧА ПА остается во многом полуэмпирическим методом. В частности, состояние именно сосудистой стенки ПА, на которую направлено лечебное воздействие при РЧА, у таких пациентов в рутинной практике, как правило, не исследуется, а основные патофизиологические механизмы, вовлекающие в патогенез РАГ стенки крупных сосудов, и, в частности, нисходящей аорты [6, 7] и ПА, остаются неизученными и в исследовательском плане. Имеются единичные публикации, рассматривающие стенку ПА в качестве мишени РЧА в группе пациентов с РАГ [8]. Между тем исследование состояния сосудистой стенки у пациентов с АГ, в особенности ПА, имеет не только общее патофизиологическое, но и клинко-диагностическое значение, поскольку именно биологические процессы в сосудистой стенке определяют ее биомеханические свойства, жест-



кость, сосудистую реактивность и, таким образом, прямо участвуют в патогенезе АГ. В частности, у пациентов с РАГ более активно течет хронический воспалительный процесс в среднем слое стенки как аорты, так и крупных ее ветвей, в том числе ПА [9], и поэтому необходимость инструментальной оценки их состояния представляется очевидной.

Кроме того, развитие возможностей функциональной визуализации сосудистой стенки, в первую очередь с помощью МРТ с различными парамагнитными [10] и ферромагнитными [11] параметрами, а также ультразвукового исследования с микропузырьковыми [12] контрастными средствами представляется исключительно важным и для оценки развившейся патологии, и для перспективного совершенствования ранней диагностики кардиологических патологических процессов.

Ранее неоднократно было показано, что у пациентов с АГ и распространенным атеросклерозом интенсивность патологического неангиогенеза воспалительного поражения сосудистой стенки аорты существенно более выражена, чем у нормотензивных пациентов и в особенности у здоровых контрольных [13, 14]. На обширном биохимическом материале А.О. Шевченко и соавт. [15] было показано, что при АГ и ишемической болезни сердца достоверно выше уровень в крови биохимических маркеров неангиогенеза. Поэтому в настоящем исследовании мы попытались, во-первых, оценить количественно интенсивности контрастного усиления стенки аорты и ПА, как показателей протекающего у этих пациентов патологического неангиогенеза стенок крупных сосудов [14], а во-вторых, оценить изменение этого патологического процесса в динамике РЧА симпатических сплетений ПА.

## Материал и методы

Исследование было проведено на материале ретроспективных обследований 31 пациента с верифицированным диагнозом РАГ, средний возраст составил  $57,3 \pm 9,8$  года. Средние величины АД – систолического и диастолического – составили  $154 \pm 12$  мм рт. ст. и  $89 \pm 9$  мм рт.ст. соответственно. Пациентам проведено полное клинико-инструментальное обследование для исключения вторичных причин АГ согласно рекомендациям Европейского общества по артериальной гипертензии и Европейского общества кардиологов (2013 г.) [16]. Средний стаж длительности АГ всех пациентов составил 20 (12; 32) лет. При поступлении у 12 пациентов диагностирована гипертоническая болезнь II стадии, у 19 пациентов – III стадия заболевания. Каждый пациент получал индивиду-

ально подобранную схему антигипертензивных препаратов в количестве трех и более, в 100% случаев включавшую диуретик. Среднее количество постоянно принимаемых антигипертензивных лекарственных средств на момент включения в исследование составило  $4,0 \pm 0,9$ . После успешного осуществления ренальной денервации у этих пациентов по результатам суточного мониторингирования среднее снижение по систолическому АД составило  $16 \pm 9$  мм рт.ст. и по диастолическому АД  $11 \pm 8$  мм рт.ст. при одновременном уменьшении количества принимаемых препаратов спустя год после РЧА ПА до  $2,0 \pm 0,9$ .

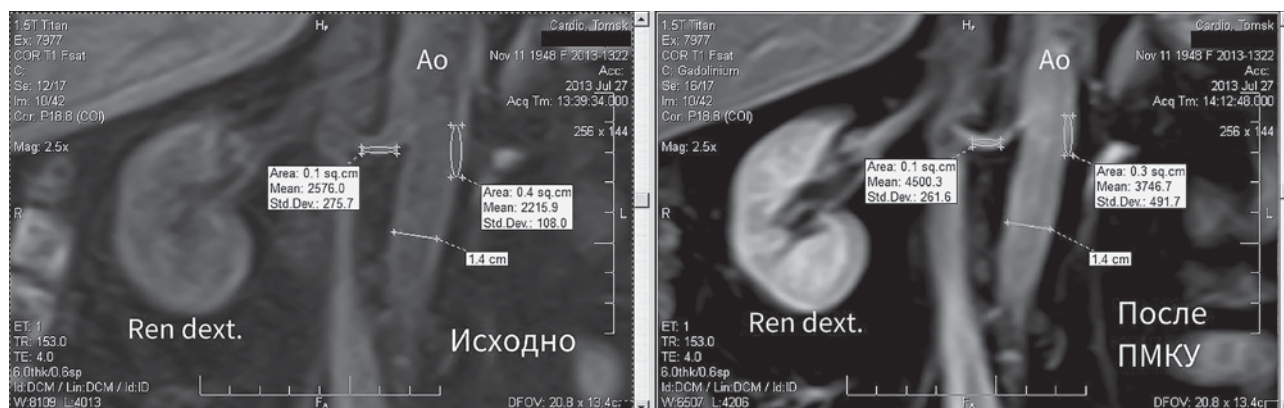
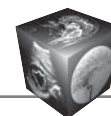
Симпатическая денервация почек проводилась в рентгеноперационных с использованием системы “Symplicity”, состоящей из:

- ренального абляционного электрода “Symplicity Flex” с концевым электродом диаметром 4 F (1,33 мм) и длиной 1,5 мм;
- автоматизированного генератора радиочастотного напряжения со встроенными алгоритмами управления подачей энергии в режиме контроля температуры (Medtronic, США).

После выполнения анестезиологического пособия и обеспечения чрескожного доступа к бедренной артерии абляционный катетер продвигался к ПА, где осуществлялось радиочастотное воздействие последовательно в 6–8 точках по длине артерии [17]. Процедура выполнялась в обеих ПА.

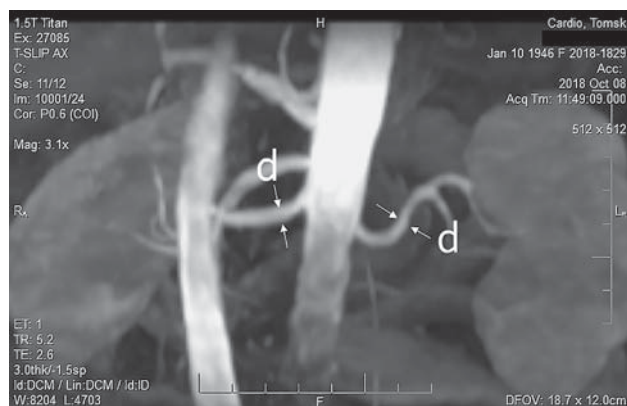
В качестве **группы сравнения** для оценки изменений парамагнитного контрастного усиления стенки аорты были отобраны 28 человек, проходивших амбулаторно МРТ поясничного отдела позвоночника. Группа была сопоставима по полу и возрасту и включала в себя 11 мужчин и 17 женщин, средний возраст  $53,2 \pm 17,8$  года. Перед проведением исследования все пациенты получили информационный лист участника исследования с подробным описанием предстоящего исследования. Кроме того, пациенты подписали добровольное информированное согласие на проведение МРТ почек с контрастным усилением. У обследуемых дополнительно уточнялся анамнез по сердечно-сосудистым заболеваниям, при этом никто из пациентов группы сравнения не предъявлял жалобы, которые можно было бы отнести к патологии сердечно-сосудистой системы. Отдельно уточнялось наличие ЭКС и других имплантируемых устройств, что является основным противопоказанием к проведению МРТ.

МРТ-исследование проводилось на магнитно-резонансном томографе Titan Vantage производства Toshiba Medical Ltd с индукцией магнитного поля 1,5 Тл. Исследование было выполнено в T2- и T1-взвешенных спин-эхо режимах, при этом



**Рис. 1.** Типичный пример МРТ-картины парамагнитного контрастного усиления паренхимы почки, почечных сосудов и стенки нисходящей брюшной аорты у пациента с резистентной артериальной гипертензией. Справа – исходная T1-взвешенная спин-эхо МР-томограмма до введения парамагнитного контрастного препарата, слева – картина среза в той же плоскости и при том же расположении после проведения парамагнитного контрастного усиления (отмечено как ПМКУ). Показано расположение зон интереса в области стенки правой и левой почки. Анатомические измерения аорты производились на уровне на 2–2,5 см ниже уровня отхождения почечных артерий.

**Fig. 1.** A typical case of MRI study with paramagnetic contrast enhancement of renal parenchyma, renal vessels and of the wall of the descending (abdominal) aorta, in a patient with resistant arterial hypertension. On the right side the initial pre-contrast T1-weighted renal spin-echo MRI, whereas on the left side the image.



**Рис. 2.** МР-ангиографическое изображение почечных артерий во фронтальной плоскости, вид спереди (полученное в режиме T-SLIP). Методика измерения диаметра – d, гемодинамического просвета в устье почечных артерий с целью исключения их стеноза.

**Fig. 2.** MRI angiographic time-of-flight (T-SLIP) images of aorta with renal arteries, as seen in frontal plane (anterior view), as employed for measurement of the diameter of renal arteries (marked as d), in order to exclude the renal artery stenosis.

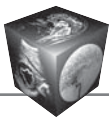
в T1-взвешенном режиме – как до, так и спустя 12–15 мин после внутривенного введения 0,5 М парамагнитного контрастного препарата (гадолиамид – Омнискан, производство Никомед, или гадоверсетамид – Оптимарк, производства Р-Фарм) в стандартной дозировке из расчета 0,2 мл/кг массы тела. Количественная обработка изменений интенсивности T1ВИ МР-изображений стенок

аорты и ПА проводилась на коронарных срезах на уровне L<sub>4</sub>-позвонка около места отхождения ПА от аорты (рис. 1).

Определялись значения интенсивности МРТ-сигнала стенки ПА в трех точках – устье, середина ствола, дистальные ветви – с обеих сторон. Ниже отхождения ПА от аорты проводилось измерение интенсивности МРТ-сигнала и диаметра аорты на T1-взвешенном спин-эхо изображении. Далее проводился расчет индекса усиления (ИУ) для стенок аорты и ПА, как отношение интенсивности МРТ-сигнала на T1ВИ после парамагнитного контрастирования к исходной “доконтрастной” интенсивности T1ВИ.

Кроме того, на изображениях в режиме время-пролетной МР-ангиографии измерялся диаметр обеих ПА в их устье с дальнейшим просмотром всего ствола сосуда для исключения гемодинамически значимого стеноза (рис. 2).

Для статистического описания количественных признаков использовались значения среднего и стандартного отклонения ( $\bar{x} \pm \sigma$ ) в случае нормального их распределения и в виде Me – медиана и [Q1;Q3] – межквартильный размах [Q1 – 25% квартиль, Q3 – 75% квартиль] при отличном от нормального распределении исследуемого количественного признака. Для оценки различий в группах был использован непараметрический U-критерий Манна–Уитни для несвязанных парных признаков. Статистические результаты считались достоверными при  $p < 0,05$ .

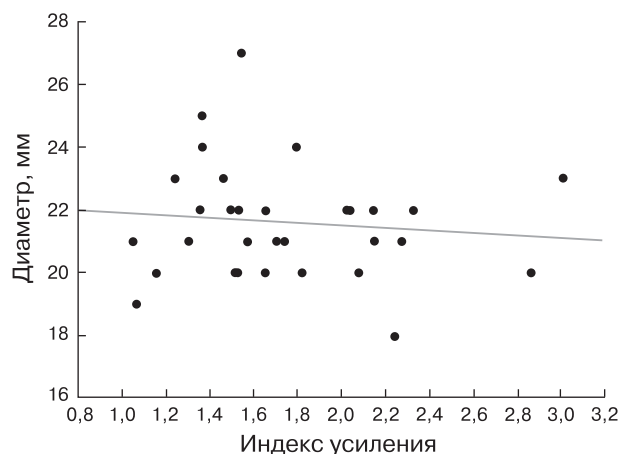


## Результаты и их обсуждение

Парамагнитное контрастное усиление Т1ВИ стенки аорты у здоровых людей, судя по величине ИУ, вполне ожидаемо из патофизиологических соображений, статистически значимо различается с величинами ИУ у больных РАГ, что показано на рис. 3.

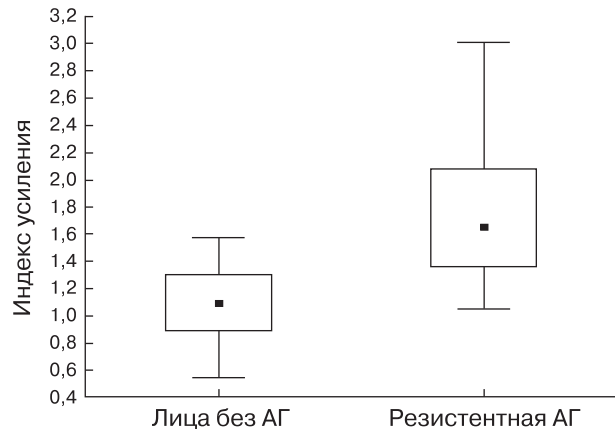
Накопление контраста-парамагнетика в стенке крупных артерий и аорты происходит и в норме, и при патологии за счет сосудистой сети *vasa vasorum* и нарушения (усиления) проницаемости ее эндотелиального барьера [18]. Значимое усиление васкуляризации – плотности сети *vasa vasorum* при мезоартитах – было убедительно обосновано и показано еще великим классиком советской патологической анатомии Д.А. Ждановым в 1952–1962 гг., а также проф. Д.А. Грациановым [19] в 1970-х годах. И в нашем случае такое усиление накопления контраста-парамагнетика наиболее вероятно отражает как раз воспалительно-неоангиогенетические изменения в сосудистой стенке при АГ. Фактически наши данные визуальным методом МРТ с контрастным усилением подтверждают, что при АГ происходят изменения по типу воспалительного неоангиогенеза в стенках крупных артериальных сосудов [9].

При этом ИУ стенки аорты при парамагнитном контрастном усилении не зависел в скольконбудь значимой степени от величины диаметра аорты, измеренного на уровне ПА (рис. 4). Напротив, корреляция между показателями ИУ



**Рис. 4.** Корреляция показателя ИУ Т1-взвешенного спин-эхо изображения аортальной стенки при парамагнитном контрастном усилении и поперечника аорты.

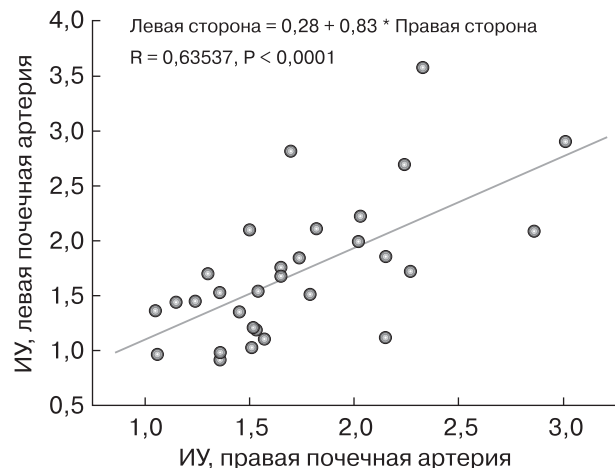
**Fig. 4.** Correlation of values of the index of paramagnetic contrast-induced enhancement of T1-weighted spin-echo images of the aortal wall with diameter of aorta.



**Рис. 3.** Сравнение индивидуальных и средних по группам величин показателя индекса усиления Т1-взвешенного спин-эхо изображения аортальной стенки при парамагнитном контрастном усилении у пациентов с резистентной артериальной гипертензией до проведения РЧА почечных артерий и у лиц группы сравнения.

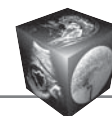
**Fig. 3.** Correlation of values of the index of paramagnetic contrast-induced enhancement of T1-weighted spin-echo images of the aortal wall with diameter of aorta, measured as shown in the figure 1, in the “Material and methods”.

артериальной стенки ПА – правой и левой – была высокодостоверной и линейной (рис. 5), что подтверждает представление о системном характере неоангиогенеза при АГ. Изменения показателя ИУ стенки аорты после лечения методом ренальной денервации у лиц с РАГ при наблюдении до 24 мес



**Рис. 5.** Корреляция показателя ИУ Т1-взвешенного спин-эхо изображения стенки левой и правой почечных артерий при парамагнитном контрастном усилении у пациентов до выполнения РЧА почечных артерий.

**Fig. 5.** Correlation of values of the index of paramagnetic contrast-induced enhancement of T1-weighted spin-echo images, when calculated for walls of the right (abscissa) and of the left (ordinate) renal arteries.



не носили достоверного характера, при этом лишь заметно сужение разброса значений ИУ аорты (см. рис. 4). Статистических отличий между этими значениями получено не было (в частности, при сравнениях 0–6 мес –  $p = 0,09$ ; 6–12 мес –  $p = 0,95$ ; 12–24 мес –  $p = 0,06$ ; 0–24 мес –  $p = 0,99$ ).

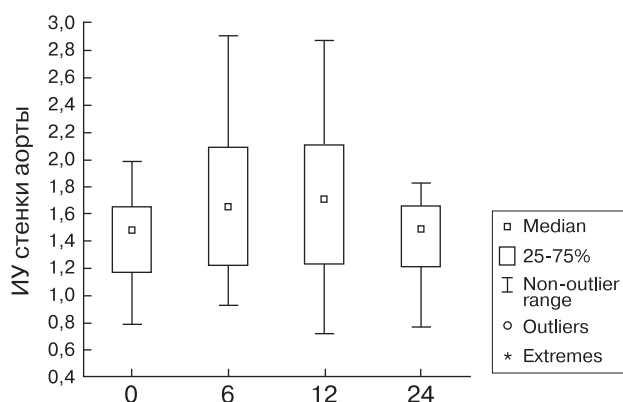
В наших более ранних работах было показано, что интенсивность накопления контрастного препарата в стенке ПА после ренальной денервации, как правило, уменьшается [8]. Динамика изменений ИУ до ренальной денервации и через 6 и 12 мес на примере правой ПА представлена на рис. 6.

В исследуемой группе пациентов величина ИУ изменилась после ренальной денервации и сохранялась до года после нее, что визуально доказывает наличие повреждения (фиброз), причем на протяжении всего ствола ПА. В частности, в правой ПА в дистальном сегменте величины ИУ составили 1,78, 1,61, 1,59 – исходно, в 6 и 12 мес после ренальной денервации соответственно ( $p < 0,05$ ). Особый интерес представляет тот факт, что среднее значение ИУ стенки ПА исходно выше, чем после проведенной ренальной денервации, причем во всех отделах ствола ПА. Оказалось, что ИУ в дистальной части ствола правой ( $p = 0,046$ ) и левой ( $p = 0,043$ ) ПА по сравнению с исходным исследованием ИУ через 6 и 12 мес достоверно различается и ниже, что доказывает электроиндуцированное повреждение стенки ПА и развитие фиброза в месте радиочастотного воздействия.

При этом нет достоверных различий в ИУ между исследованиями на 6-м ( $p = 0,56$ ) и 12-м

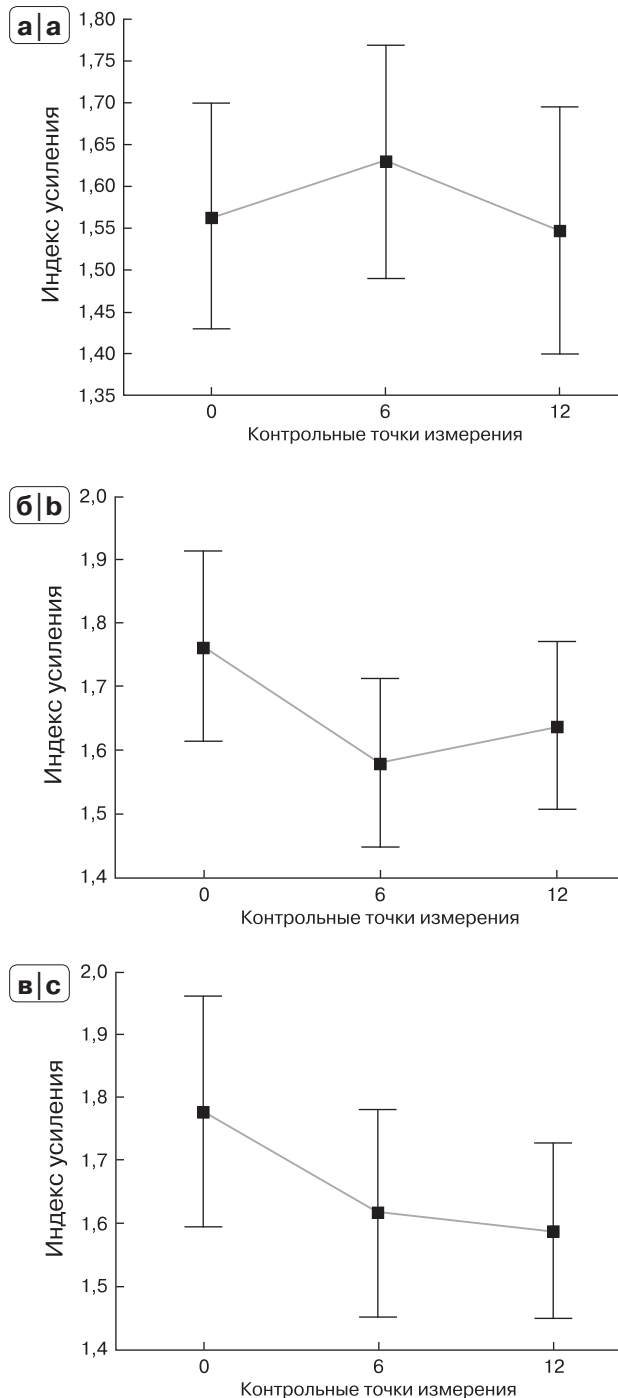
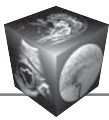
( $p = 0,48$ ) месяце наблюдения после РЧА, что свидетельствует в пользу сохранения фиброза и соответственно отсутствия реиннервации и воспалительного неоангиогенеза артериальной стенки.

В литературе последних лет активно публиковались результаты морфологических исследований процессов, которые происходят в сосудах при АГ [15]. Так, было доказано, что стойкое длительное воздействие повышенного давления запускает процесс ремоделирования в стенках сосудов (компенсаторно-приспособительная модификация функции и морфологии сосудов в условиях длительного повышения АД). Этот процесс включает две стадии, как было детализировано еще в 2008–2012 гг.: 1) стадия функциональных изменений сосудов, обусловленная сосудосуживающими реакциями в ответ на трансмуральное давление и нейрогормональную стимуляцию; 2) морфологическая стадия, которая характеризуется структурным уменьшением просвета сосудов вследствие утолщения их медиального слоя [20]. Этим объясняется выраженное различие МРТ-картины сосудистой стенки при парамагнитном контрастном усилении у лиц с нормальным АД и больных гипертонией. Как правило, ИУ сосудистой стенки при МРТ с парамагнитным усилением у лиц без сердечно-сосудистых заболеваний составляет от 1,0 до 1,2, так как интенсивность МР-сигнала стенки сосуда не меняется при контрастировании. Происходит это за счет развивающегося патологического неоангиогенеза, при этом не нарушена проницаемость гистогематического барьера, и фиброзно-воспалительные изменения отсутствуют. МРТ является высокочувствительным методом для выявления биофизических изменений в тканях, таких как развитие гипертрофии и/или гиперплазии гладкомышечных клеток, приводящих к утолщению медиальной оболочки, патологический неоангиогенез сосудистой стенки, уменьшение соотношения эластин/коллаген [20]. Это в итоге и проявляется при контрастировании у пациентов с РАГ, где ИУ стенки аорты и ПА составил от 1,5 и выше – происходило интенсивное накопление контраста-парамагнетика в воспалительно измененных стенках. Отсутствие достоверных отличий между ИУ стенки аорты у лиц с РАГ после радиочастотной деструкции симпатических сплетений определяется, очевидно, отсутствием динамики именно неоангиогенеза, как компонента воспалительного процесса, причем он сохраняется системно, несмотря на локальное его устранение в ПА и достигнутое достоверное снижение АД. В исходе РЧА в стенках ПА в результате постдеструкционных фиброзных изменений воспалительный процесс и в особенности неоан-



**Рис. 6.** Динамика показателя ИУ стенки аорты у лиц с резистентной артериальной гипертензией в сроки наблюдения до 24 мес после лечения методом ренальной денервации.

**Fig. 6.** Follow-up of enhancement index calculated from contrast-enhanced MRI of aortal wall in arterial hypertension patients, treated with renal denervation procedure, for as long as 24 months.



**Рис. 7.** Динамика показателя ИУ стенки почечной артерии в проксимальном (а), среднем (б) и дистальном (в) участках у лиц с резистентной артериальной гипертензией в сроки наблюдения до 12 мес после лечения методом ренальной денервации.

**Fig. 7.** Follow-up of enhancement index calculated from contrast-enhanced MRI of arterial wall calculated over proximal (a), middle (b) and distal (c) thirds of the renal artery, in arterial hypertension patients, treated with renal denervation procedure, for as long as 12 months.

гиогенез устраняется, и контраст-парамагнетик демонстрировал прогрессивную уменьшающуюся динамику накопления. Однако, поскольку нет ни возможности, ни разумного обоснования проводить РЧА на всем протяжении аорты, применение противовоспалительной терапии в дополнение к антигипертензивной имело бы, на наш предположительный взгляд, вполне вероятный дополнительный лечебный эффект. Такой весомый аргумент обосновывает целесообразность уже идущего обсуждения противовоспалительной терапии больным с АГ II–III стадии для более выраженного и стойкого эффекта по снижению патологически повышенного АД. Особенный интерес представляло бы комплексное исследование неоангиогенеза и симпатической иннервации артериальных сосудов с использованием маркера локальной симпатической активности  $^{123}\text{I}$ -метайодбензилгуанидина ( $^{123}\text{I}$ -МИБГ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.

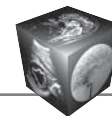
Также нельзя не отметить, что хотя использование ИУ T1-взвешенного спин-эхо изображения артериальной и аортальной стенки вполне оправданно и надежно, не лишено целесообразности в перспективе прямо перейти к расчету показателя “проницаемость – поверхность” (в англоязычной литературе – PS – “permeability x surface”). Это, безусловно, даст новый инструмент для патофизиологически ориентированных исследований атеросклероза и АГ. В настоящее время такое исследование начато, результаты будут опубликованы.

## Заклучение

МРТ-исследование аорты и ПА с контрастным усилением рекомендуется проводить как диагностическую процедуру, позволяющую оценить состояние стенки данных сосудов, а также для динамического наблюдения за их состоянием после ренальной симпатической денервации. Результаты оценки накопления контраста-парамагнетика в аортальной и артериальной стенке у пациентов с АГ позволяют обсуждать вопрос об использовании у данной категории больных противовоспалительной и, в частности, антиангиогенной терапии в рамках патогенетического лечения.

## Список литературы

1. Барбараш О.Л., Кашталап В.В., Поликутина О.М., Клименкова А.В. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST. Особенности догоспитальной диагностики. *Неотложная кардиология*. 2018; 1: 3–15.
2. Липовецкий Б.М. Атеросклероз и его осложнения со стороны сердца, мозга и аорты (диагностика, течение, профилактика): Руководство для врачей. СПб.: СпецЛит, 2008. 210 с.



3. Усов В.Ю., Вышлов Е.В., Мочула О.В., Ярошевский С.П., Алексеева Я.В., Каредва С.А., Баев А.Е., Бахметьева Т.А., Рябов В.В., Беличенко О.И. МРТ с парамагнитным контрастным усилением в структурно-временной оценке повреждения миокарда при остром инфаркте и догоспитальной тромболитической терапии. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (2): 56–69.
4. Чуканова Е.И. Профилактика развития мозгового инсульта. *Врач*. 2011; 2: 2–5.
5. Фальковская А.Ю., Мордовин В.Ф., Пекарский С.Е., Баев А.Е., Семке Г.В., Рипп Т.М., Личикаки В.А., Крылов А.Л. Дополнительные благоприятные эффекты симпатической денервации почек при лечении резистентной артериальной гипертензии у больных сахарным диабетом 2-го типа. *Артериальная гипертензия*. 2014; 20 (2): 107–112.
6. Kao C.W., Wu P.T., Liao M.Y., Chung I.J., Yang K.C., Tseng W.I., Yu J. Magnetic nanoparticles conjugated with peptides derived from monocyte chemoattractant protein-1 as a tool for targeting atherosclerosis. *Pharmaceutics*. 2018; 10 (2): 62. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020062>.
7. Maximova A.S., Babokin V.E., Bukhovets I.L., Bobrikova Y.E., Rogovskaya Y.V., Lukyanenok P.I., Ussov W.Y. Contrast-enhanced MRI of aortal atherosclerosis syndrome types and prediction of dissection. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2015; 17 (1): 256–257.
8. Рюшина 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.
9. Ritman E.L., Lerman A. The dynamic vasa vasorum. *Cardiovasc. Res.* 2007; 75 (4): 649–658.
10. Максимова А.С., Бабокин В.Е., Буховец И.Л., Бобрикова Е.Э., Роговская Ю.В., Лукьяненко П.И., Усов В.Ю. МР-томографическая картина атеросклеротического поражения аортальной стенки при парамагнитном контрастировании. *Атеросклероз*. 2014; 10 (3): 13–19.
11. McAteer M.A., Akhtar A.M., von zur Muhlen C., Choudhury R.P. An approach to molecular imaging of atherosclerosis, thrombosis, and vascular inflammation using microparticles of iron oxide. *Atherosclerosis*. 2010; 209 (1): 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.10.009>.
12. Gao W.Q., Zheng Z.Z., Sui Y.J., Ma X.L., Lü X.J., Xu H., Zeng X.Z. Investigation in vivo of effect of ultrasound-mediated microbubble destruction on entrance of feridex into the aortal wall. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2009; 89 (39): 2797–2801 (Кит.).
13. Усов В.Ю., Белянин М.Л., Бобрикова Е.Э., Максимова А.С., Шимановский Н.Л., Бородин О.Ю., Соколова Т.В., Плотников М.П., Шипулин В.М. Комплексная МР-ангиографическая и МР-томографическая диагностика атеросклеротических поражений сонных артерий с парамагнитным контрастированием у больных с распространенным атеросклерозом. *Медицинская визуализация*. 2015; 6: 16–24.
14. Усов В.Ю., Мочула О.В., Рюшина Н.И., Максимова А.С., Фальковская А.Ю., Лучич М., Лукьяненко П.И., Беличенко О.И. Патологический неоваскулогенез стенки аорты как предиктор повреждения миокарда у пациентов с артериальной гипертензией, по данным МР-томографического исследования с контрастным усилением. *Терапевт*. 2018; 1–2: 17–27.
15. Шевченко А.О., Зубкова Е.А., Стаханова Е.А., Муминов И.И., Шмерко Н.П., Андриянова А.А., Шевченко О.П. У пациентов с ишемической кардиомиопатией уровень биомаркеров неангиогенеза и воспаления коррелирует с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2016; 18 (S): 46–47.
16. Guidelines of European Society of hypertension and European Society of Cardiology in 2013 on treatment of arterial hypertension. *J. Hypertension*. 2013; 31 (7): 1281–1357.
17. Баев А.Е. Способ лечения резистентной артериальной гипертонии методом рентгенэндоваскулярной денервации сегментарных ветвей почечных артерий: Дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2017. 70 с.
18. Усов В.Ю., Бобрикова Е.Э., Максимова А.С., Ребенкова М.С., Роговская Ю.В., Белянин М.Л., Плотников М.П., Кузнецов М.С. Неинвазивная оценка микроваскуляризации каротидных бляшек по данным МРТ сонных артерий с парамагнитным контрастным усилением. *Сибирский медицинский журнал (Томск)*. 2016; 31 (3): 39–43.
19. Карпов Р.С., Иванова Д.Д., Грацианов Д.А. Ревматизм у пожилых. Томск: Изд-во ТГУ, 1985. 179 с.
20. Назарова О.А., Назарова А.В. Поражение сосудов при артериальной гипертензии. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2012; 17 (2): 60–65.

## References

1. Barbarash O.L., Kashtalap V.V., Polikutina O.M., Klimentova A.V. Acute coronary syndrome without ST elevation. Features of prehospital diagnosis. *Neotlozhnaya kardiologiya*. 2018; 1: 3–15. (In Russian)
2. Lipoveckij B.M. Atherosclerosis and its complications of the heart, brain and aorta (diagnosis, course, prevention): guidelines. SPb: SpetsLit, 2008. 210 p. (In Russian)
3. Ussov V.Yu., Vyshlov E.V., Mochula O.V., Yaroshevskij S.P., Alekseeva Ya.V., Karedva S.A., Baev A.E., Bahmet'eva T.A., Ryabov V.V., Belichenko O.I. MRI with paramagnetic contrast enhancement in the structural and temporal assessment of myocardial damage in acute infarction and prehospital thrombolytic therapy. *Medical Visualization*. 2018; 22 (2): 56–69. (In Russian)
4. Chukanova E.I. Preventing the development of cerebral stroke. *Vrach*. 2011; 2: 2–5. (In Russian)
5. Fal'kovskaya A.YU., Mordovin V.F., Pekarskij S.E., Baev A.E., Semke G.V., Ripp T.M., Lichikaki V.A., Krylov A.L. Additional beneficial effects of sympathetic denervation of the kidneys in the treatment of resistant arterial hypertension in patients with type 2 diabetes. *Arterial'naya gipertenziya*. 2014; 20 (2): 107–112. (In Russian)
6. Kao C.W., Wu P.T., Liao M.Y., Chung I.J., Yang K.C., Tseng W.I., Yu J. Magnetic nanoparticles conjugated with peptides derived from monocyte chemoattractant protein-1 as a tool for targeting atherosclerosis. *Pharmaceutics*. 2018; 10 (2): 62. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020062>.
7. Maximova A.S., Babokin V.E., Bukhovets I.L., Bobrikova Y.E., Rogovskaya Y.V., Lukyanenok P.I., Ussov W.Y. Contrast-enhanced MRI of aortal atherosclerosis syndrome types and prediction of dissection. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2015; 17 (1): 256–257.





8. Ryumshina N.I., Zyubanova I.V., Baev A.E., Mordovin V.F., Luk'yanenok P.I., Vusik E.A., Usov V.Yu. Magnetic resonance imaging with paramagnetic contrast enhancement in assessing the local effects of renal denervation on the wall of the renal arteries. *Lučevaya diagnostika i terapiya*. 2015; 3 (6): 83–89. (In Russian)
9. Ritman E.L., Lerman A. The dynamic vasa vasorum. *Cardiovasc. Res.* 2007; 75 (4): 649–658.
10. Maksimova A.S., Babokin V.E., Buhovec I.L., Bobrikova E.E., Rogovskaya Yu.V., Luk'yanenok P.I., Usov V.Yu. MR imaging of atherosclerotic lesions of the aortic wall with paramagnetic contrasting. *Atherosclerosis*. 2014; 10(3): 13–19. (In Russian)
11. McAteer M.A., Akhtar A.M., von zur Muhlen C., Choudhury R.P. An approach to molecular imaging of atherosclerosis, thrombosis, and vascular inflammation using microparticles of iron oxide. *Atherosclerosis*. 2010; 209 (1): 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.10.009>.
12. Gao W.Q., Zheng Z.Z., Sui Y.J., Ma X.L., Lü X.J., Xu H., Zeng X.Z. Investigation in vivo of effect of ultrasound-mediated microbubble destruction on entrance of feridex into the aortal wall. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2009; 89 (39): 2797–2801 (Кит.).
13. Ussov W.Yu., Belyanin M.L., Bobrikova E.E., Maksimova A.S., Shimanovskij N.L., Borodin O.Yu., Sokolova T.V., Plotnikov M.P., SHipulin V.M. Comprehensive MR-angiographic and MR-tomographic diagnosis of atherosclerotic lesions of the carotid arteries with paramagnetic contrast in patients with advanced atherosclerosis. *Medical Visualization*. 2015; 6: 16–24. (In Russian)
14. Ussov W.Yu., Mochula O.V., Ryumshina N.I., Maksimova A.S., Fal'kovskaya A.Yu., Luchich M., Luk'yane-  
nok P.I., Belichenko O.I. Pathological neovasculogenesis of the aortic wall as a predictor of myocardial damage in patients with arterial hypertension, according to an MR-tomographic study with contrast enhancement. *Terapevt*. 2018; 1–2: 17–27. (In Russian)
15. Shevchenko A.O., Zubkova E.A., Stahanova E.A., Muminov I.I., Shmerko N.P., Andriyanova A.A., SHevchenko O.P. In patients with ischemic cardiomyopathy, the level of biomarkers of neoangiogenesis and inflammation correlates with risk factors for cardiovascular diseases. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2016; 18 (S): 46–47. (In Russian)
16. Guidelines of European Society of hypertension and European Society of Cardiology in 2013 on treatment of arterial hypertension. *J. Hypertension*. 2013; 31 (7): 1281–1357.
17. Baev A.E. Method of treating resistant arterial hypertension by X-ray endovascular denervation of segmental branches of the renal arteries: Dis.... cand. of med. sci. Tomsk, 2017. 70 p. (In Russian)
18. Ussov W.Yu., Bobrikova E.Eh., Maksimova A.S., Rebenkova M.S., Rogovskaya Yu.V., Belyanin M.L., Plotnikov M.P., Kuznecov M.S. Non-invasive microvascular assessment of carotid plaques by MRI data of carotid arteries with paramagnetic contrast enhancement. *Sibirskij medicinskij žurnal = Siberian Medical Journal (Tomsk)*. 2016; 31 (3): 39–43. (In Russian)
19. Karpov R.S., Ivanova D.D., Gracianov D.A. Rheumatism in the elderly. Tomsk: TSU, 1985. 179 p. (In Russian)
20. Nazarova O.A., Nazarova A.V. Vascular lesions in hypertension. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*. 2012; 17 (2): 60–65. (In Russian)

**Для корреспонденции\***: Усов Владимир Юрьевич – 634012 Томск, Россия, ул. Киевская, 111. НИИ кардиологии ТНИМЦ РАН.  
Тел.: 8-903-951-26-76. E-mail: mritomsk@yandex.ru

**Рюмшина Надежда Игоревна** – научный сотрудник отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск.

**Баев Андрей Евгеньевич** – канд. мед. наук., заведующий отделением рентгено-хирургических методов диагностики и лечения НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск.

**Фальковская Алла Юрьевна** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения артериальных гипертензий НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск.

**Лишманов Юрий Борисович** – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, руководитель научного направления НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск.

**Усов Владимир Юрьевич** – доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, Томск.

**Contact\***: Wladimir Yu. Ussov – Kievskaya 111, 634012 Tomsk, Russia. Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences. Phone: +7-903-951-26-76. E-mail: mritomsk@yandex.ru

**Nadezhda I. Ryumshina** – research fellow of department of X-ray and tomography diagnostic methods, Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk.

**Andrey E. Baev** – cand. of med. sci., chairman of department of invasive radiology, Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk.

**Alla Yu. Falkovskaya** – cand. of med. sci., Senior research fellow of department of arterial hypertension, Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk.

**Yurij B. Lishmanov** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, doct. of med. sci., Professor, Chairman of the research field of the Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk.

**Wladimir Yu. Ussov** – doct. of med. sci., Professor, chairman of department of X-ray and tomography diagnostic methods, Institute of Cardiology of the Tomsk National medical research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk.

Поступила в редакцию 30.01.2019.  
Принята к печати 01.03.2019.

Received on 30.01.2019.  
Accepted for publication on 01.03.2019.