

УДК 616-073.7:616.61:616.124-088

## МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ С ПАРАМАГНИТНЫМ КОНТРАСТИРОВАНИЕМ В ОЦЕНКЕ МЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕНАЛЬНОЙ ДЕНЕРВАЦИИ НА СТЕНКУ ПОЧЕЧНЫХ АРТЕРИЙ

Н. И. Рюмшина, И. В. Зюбанова, А. Е. Баев, В. Ф. Мордовин, П. И. Лукьяненко, Е. А. Вусик,  
В. Ю. Усов

Научно-исследовательский институт кардиологии, г. Томск, Россия

## USE OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING WITH PARAMAGNETIC CONTRAST IN EVALUATION OF LOCAL RENAL DENERVATION IMPACT ON THE RENAL ARTERIES WALLS

N. I. Ryumshina, I. V. Zyubanova, A. E. Baev, V. F. Mordovin, P. I. Lukyanenok, E. A. Vusik, V. Y. Usou  
Research Institute for Cardiology, Tomsk, Russia

© Коллектив авторов, 2015 г.

**Цель:** изучить зависимость повреждения стенки почечных артерий от энергии радиочастотного импульса при ренальной денервации; выявить зависимость между картиной радиочастотного периартериального повреждения вокруг почечных артерий и степенью последующего снижения артериального давления. **Материалы и методы исследования.** Обследованы 34 пациента (средний возраст —  $56 \pm 17$  лет) с резистентной артериальной гипертензией, которым выполняли радиочастотную абляцию (РЧА) симпатических сплетений артерий почек. Офисное АД составляло 140–230 / 74–162 мм рт. ст.; а по данным суточного мониторирования АД (СМАД) 137–210/57–148 мм рт. ст. МР-томография проводилась на МР-томографе «Titan Vantage» производства «Toshiba Medical Ltd», с индукцией магнитного поля 1,5 Т. Исследование проводилось в T1- и T2-взвешенных режимах, с последующим внутривенным контрастным усилением (0,5 М, 0,2 мл/кг). Определялись значения интенсивности МР-изображения с трех участков стенки почечных артерий на фронтальных срезах в T1-ВИ на уровне брюшной аорты — устья, середины и дистальных ветвей, с обеих сторон. По полученным значениям интенсивности МР-изображения до и после введения парамагнетика рассчитывались величины индекса усиления (ИУ), как отношение интенсивностей T1-ВИ после контрастирования и исходной. **Результаты.** При сравнении ИУ среднего сегмента стенки правой почечной артерии и мощностью проведенных абляций с данной стороны имеется достоверная корреляция, составляющая:  $ИУ = (0,09 + 0,03) \times \text{мощность}$  ( $r = 0,475$ ;  $p = 0,025$ ). Это указывает на повреждение и повышение кровоснабжения данного участка сосудистой стенки, и как следствие зависимость между подаваемой к катетеру энергии и повреждением стенки почечных артерий. Нами выявлена достоверная корреляция между ИУ стенки почечной артерии с каждой стороны и уровнем АД у пациентов при контроле в 6 месяцев: диастолическое АД =  $(108,818 - 13,92) \times ИУ$  ( $r = -0,503$ ;  $p = 0,01224$ ) и диастолическое АД =  $(108,54 - 13,23) \times ИУ$  ( $r = -0,484$ ;  $p = 0,0224$ ) в среднем и дистальном сегменте почечной артерии справа соответственно, а также диастолическое АД =  $(94,38 - 5,28) \times ИУ$  ( $r = -0,296$ ;  $p = 0,15994$ ) в среднем сегменте почечной артерии слева. Кроме этого, нами выявлено прогностическое влияние повреждения стенки почечной артерии на снижение АД. Конечная точка в 12 месяцев показала убедительные положительные и достоверные результаты по снижению АД. Зависимость между исходным ИУ в проксимальном участке левой почечной артерии и офисным САД составила: систолическое АД =  $(106,38 + 20,533) \times ИУ$  ( $r = 0,638$ ;  $p = 0,011$ ). Корреляция между исходным ИУ в проксимальном и среднем участках левой почечной артерии и офисным ДАД составила: диастолическое АД =  $62,26 + 13,171 \times ИУ$  ( $r = 0,615$ ;  $p = 0,01$ ) и диастолическое АД =  $66,517 + 8,903 \times ИУ$  ( $r = 0,57$ ;  $p = 0,03$ ) соответственно. **Вывод:** МР-исследование почечных артерий с контрастированием целесообразно проводить не только в качестве диагностической процедуры, позволяющей оценить состояние стенки данных сосудов, но и для динамического наблюдения за их состоянием после ренальной денервации по данным антропометрической обработки этого исследования.

**Ключевые слова:** МРТ почек, почечные артерии, ренальная денервация, резистентная артериальная гипертензия.

**Aim:** We evaluated the dependencies of the damage of the arterial wall on the energy of the radiofrequency pulse in renal denervation, as well as the relationships between the MRI features of the perivascular damage around the renal arteri-

es and the degree of the subsequent decrease of the arterial pressure. *Material and methods:* 34 patients (as old as  $56 \pm 17$  years) with resistant hypertension were included, in everybody the radiofrequency ablation (RFA) of the sympathetic nerves of renal arteries was carried out. Initially the office measured arterial pressure was as high as 140–230 / 74–162 mm Hg, whereas the average 24-h monitor of the arterial pressure gave the values as high as 137–210/57–148 mm Hg. The MRI studies were performed using MRI scanner «Titan Vantage» (by «Toshiba Medical Ltd», with the field induction 1,5 T). After this the intravenous contrast enhancement has been carried out (with 0,5 M solution, 0,2 ml/Kg), with repeat acquisition of T1-weighted spin-echo images in 3–5 min after contrast injection. Absolute values of the image intensities were obtained from three regions drawn over the arterial wall of the renal artery, on the frontal slices of the aorta and renal region, in T1-weighted spin-echo images in particular — over abdominal aorta and orifice of the renal artery, over the middle part of the renal artery and over the distal branches of the renal arteries, on both sides. The index of enhancement (IE) was then calculated from these data, as ratio of intensities of contrast-enhanced image to the initial non-enhanced MRI scan. *Results.* Correlation between initial values of IE in proximal and middle parts of the left renal artery and diastolic arterial pressure was significant and in particular expressed as Diastolic AP= $(62,26+13,171) \times IE_{\text{proximal}}$  ( $r=0,615$ ;  $p=0,01$ ) and Diastolic AP= $(66,517+8,903) \times IE_{\text{middle}}$  ( $r=0,57$ ;  $p=0,03$ ), respectively. When comparing the IE values over the middle segment of the right renal artery to the indices of power of the ablation procedures carried out, there is a significant correlation as: IE= $(0,09+0,03) \times (\text{Total energy})$  ( $r=0,475$ ;  $p=0,025$ ), verifying the significance of direct relationship between delivered energy and periarterial damage of the renal arteries. No significant differences were revealed between proximal and distal regions of the renal arteries. The most essential and valuable fact of the study was that there is highly significant reverse correlation between IE of the arterial wall and arterial pressure in the patients studied in six months after the treatment, in particular as Diastolic AP= $(108,82-13,92) \times IE_{\text{middle}}$  ( $r=-0,503$ ;  $p=0,01224$ ) and Diastolic AP= $(108,54-13,23) \times IE_{\text{distal}}$  ( $r=-0,484$ ;  $p=0,0224$ ) of the right renal artery respectively, and a также Diastolic AP= $(94,38-5,28) \times IE_{\text{middle}}$  ( $r=-0,296$ ;  $p=0,15994$ ) as to left renal artery. The damage of the arterial wall was thus of significant prognostic value in regard to decrease of arterial pressure in renal artery denervation. *Conclusion:* Contrast-enhanced MRI study of renal arteries provides adequate diagnostic information on the anatomic condition of arterial walls and periarterial tissue and should be accepted as both first-line diagnostic techniques in patients with resistant arterial hypertension and for the follow-up of these persons after radiofrequency desympatization, employing set of quantitative methods.

**Key words:** MRI of renal, renal artery, renal denervation, resistant hypertension.

**Введение.** Ренальная денервация является новым методом лечения больных с резистентной артериальной гипертензией [1]. В связи с новизной данный метод является одним из самых обсуждаемых в мировой кардиологической и кардиохирургической практике. Клинические критерии отбора пациентов, методика выполнения самой процедуры и критерии эффективности достаточно точно определены в протоколах специализированных исследований Simplicity-1, 2 и 3 [2, 3]. Тем не менее, результаты этих исследований доказали, что протоколы требуют дальнейшего пересмотра и значительной доработки [2–4]. Одним из важнейших обсуждаемых проблемных моментов ренальной денервации является вопрос о том, где именно анатомически и в каком объеме нужно выполнять радиочастотные абляции. На основании морфологических исследований определено, что симпатические ганглии, иннервирующие почку, располагаются на аорте вблизи устья почечной артерии, а их окончания подходят конусообразно к дистальной трети почечной артерии и ее терминальным ветвям (рис. 1). По этой причине проведение ренальной денервации в проксимальной трети почечной артерии заведомо не достигает своей цели.

Также было высказано предположение о необходимости большего числа аппликаций 4–6, вместо 2–4, так как нервные окончания располагаются на почечной артерии сверху и снизу во фронтальной

плоскости и на вентральной стенке, и меньшее количество аппликаций не затрагивает все необходимые точки [5]. Кроме того, процедура во многом аппарат-зависима и не является универсальной по выполнению. На радиочастотный импульс влияют температура окружающих тканей, импеданс сосудистой стенки, мощность и некоторые другие параметры, поэтому ренальная денервация индивидуальна для каждого пациента. Хотя на сегодня уже достаточно хорошо сформулирована методика как таковая, степень повреждения почечных артерий после радиочастотной абляции до сих пор в клинических условиях не оценивается.

Контраст-усиленная МРТ в последние годы доказала свою универсальность в качестве метода оценки повреждения тканей [6]. И поэтому в нашем исследовании мы попытались изучить зависимость повреждения стенки почечных артерий от энергии радиочастотного импульса, а также выявить зависимость между картиной повреждения стенки почечных артерий и степенью снижения артериального давления.

**Материалы и методы исследования. Пациенты.** Все процедуры проводились в соответствии с соблюдением международных принципов Хельсинкской декларации и всех этических стандартов по защите людей и животных. Все пациенты дали подписанное информированное согласие на проведение МРТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства.

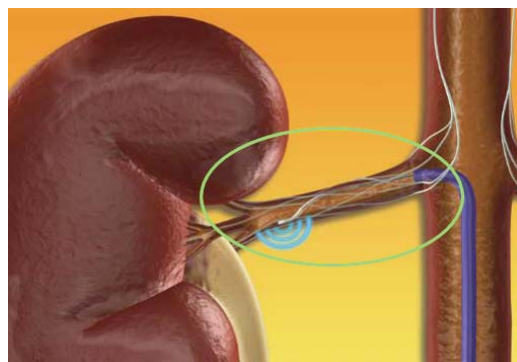
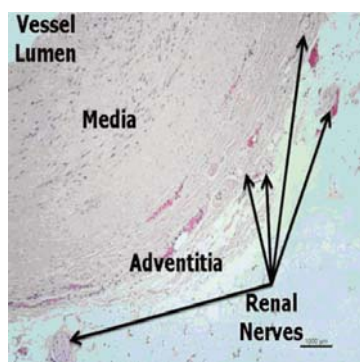


Рис. 1. Особенности иннервации трети почечной артерии по J. P. Zidar. Resistant hypertension: Best medical management and renal artery denervation: Have we found the hypertensive Holy Grail.

Обследованы 34 пациента, страдающих резистентной артериальной гипертензией и находящихся на лечении в отделении артериальных гипертензий НИИ кардиологии г. Томска. На основании установленного диагноза и показаний к операции им была проведена РЧА симпатических сплетений артерий почек. Возраст пациентов варьировал от 39 до 73 лет, средний возраст  $56 \pm 17$  лет. Цифры АД — офисное 140–230/74–162 мм рт. ст.; по данным СМАД 137–210/57–148 мм рт. ст. Пациентам были проведены стандартные лабораторные методы обследования, а также нефросцинтиграфия с Тс-Пентатехом [7], ультразвуковое исследование почек, магнитно-резонансная томография почек.

МР-томографическое исследование проводилось у всех включенных в исследование исходно и затем после ренальной денервации на контроле в 6 и 12 мес. Двое пациентов скончались до срока 12 мес. МР-томография проводилась на МР-томографе «Titan Vantage» производства «Toshiba Medical Ltd», с индукцией магнитного поля 1,5 Т. МР-томография проводилась в положении пациента лежа на спине с использованием встроенных и наружных 4 и 8 канальных квадратурных катушек для всего тела. Исследование проводилось в T1- и T2-взвешенных режимах, при следующих параметрах сканирования в частности T1-взв. спин-эхо: TR= мс, TE= мс, при толщине среза 3–5 мм, запись в матрицу 392×256 вокселей. Затем выполнялось внутривенно контрастное усиление (0,5 М, 0,2 мл/кг), с повторной записью T1-взвешенного спин-эхо через 3–5 мин после введения контраста. Определялись значения интенсивности МР-изображения с трех участков стенки почечных артерий на фронтальных срезах в T1-ВИ на уровне брюшной аорты — устья, середины и дистальных ветвей, с обеих сторон. По полученным значениям интенсивности МР-изображения до и после введения парамагнетика рассчитывались величины индекса усиления (ИУ), как отношение интенсивностей T1-ВИ после контрастирования и исходной. По результатам обработки полученных сканов, было исключено 6 пациентов с некачественными изображениями почечных артерий и, как следствие, с невозможностью провести необходимые

измерения. Кроме того, были исключены 12 пациентов, у которых отсутствовало исходное исследование.

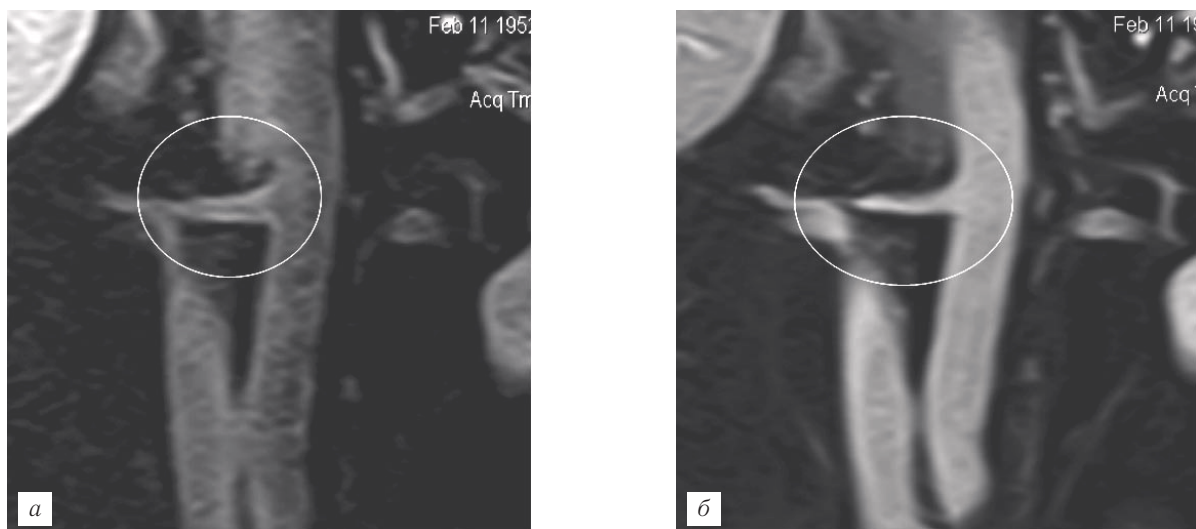
Все измерения проводились на фронтальных срезах в T1-ВИ на уровне брюшной части аорты (рис. 2). Для сравнения брались значения уровня интенсивности МР-сигнала с трех участков стенки почечных артерий — устья, середина и дистальные ветви с обеих сторон. Сравнение проводилось между полученными значениями интенсивности МР-сигнала до и после введения контрастного препарата парамагнетика по величинам индекса усиления (ИУ), как отношение интенсивностей T1-ВИ после контрастирования и исходной. Рост ИУ в динамике исследований до и после ренальной денервации (6 мес) мы принимали за повреждение стенки и соответственно повышение накопления контраста на данном участке стенки сосуда (рис. 3). Затем полученные ИУ сравнивались с данными самой процедуры ренальной денервации, такими как количество наносимых абляций с каждой стороны и энергию этих абляций. Для подсчета выделенной энергии мы брали максимально возможную мощность 8 Вт и вычисляли величины выделенной энергии проведенных абляций в каждой почечной артерии отдельно. Затем проводили сравнение посредством корреляционного анализа между мощностью радиочастотной энергии, и показателем ИУ в средней трети почечной артерии по 6-месячному контролю.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программ Microsoft Excel, Origin 6.1. Вычисляли среднюю величину  $\bar{X}$  и среднюю ошибку  $m$ . Для определения статистически значимых межгрупповых и временных различий вычислялись t-критерий Стьюдента, точный критерий Фишера, критерий  $\chi^2$ . Взаимосвязь различных факторов оценивалась средствами корреляционного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ данных проведенного МР-исследования почечных артерий показал, что интенсивность накопления контрастного препарата в их стенке, как правило, увеличивается. В частности, исходно показатель ИУ составил для среднего участка почечной артерии слева 1,66, справа 1,397. При повторном контрольном исследовании после проведения РЧА отмечено достоверное



**Рис. 2.** Визуализация почечных артерий на коронарных срезах Т1-ВИ. Устья почечных артерий до контрастирования (а) и после контрастирования (б).



**Рис. 3.** Измерение ИУ стенки почечной артерии исходно (а) и после контрастирования (б).

увеличение — так, что ИУ слева 2,003 ( $p < 0,202$ ), справа 1,73 ( $p < 0,025$ ).

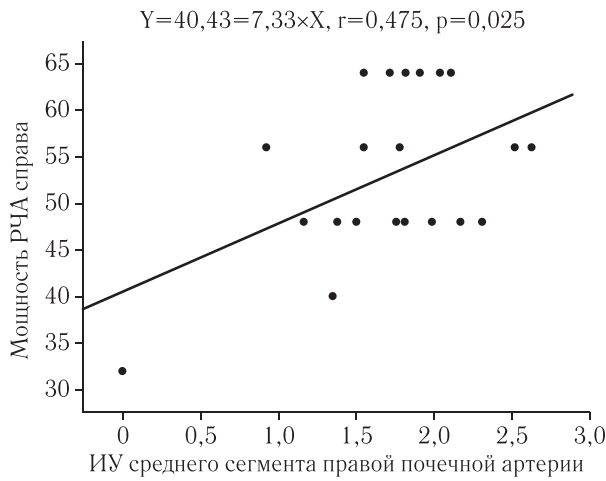
При сравнении ИУ стенки правой почечной артерии и мощностью проведенных абляций с данной стороны оказалось, что имеется достоверная корреляция между ними, составляющая:  $ИУ = (0,09 + 0,03) \times \text{мощность}$  ( $r = 0,475$ ;  $p = 0,025$ ) (рис. 4). Это указывает на повреждение и повышение кровоснабжения данного участка сосудистой стенки, из чего мы сделали вывод о зависимости между подаваемой к катетеру энергии и повреждением стенки почечных артерий. При этом корреляция между величиной ИУ стенки левой почечной артерии и мощностью нанесенных абляций не показала достоверной зависимости и составила:  $ИУ = (3,57 - 0,029) \times \text{мощность}$  ( $r = -0,283$ ;  $p = 0,202$ ).

Следует отметить, что при сравнении ИУ проксимальных и дистальных участков почечных артерий и мощностью абляций, наносимых с каждой стороны, не было выявлено достоверной корреляции между данными показателями.

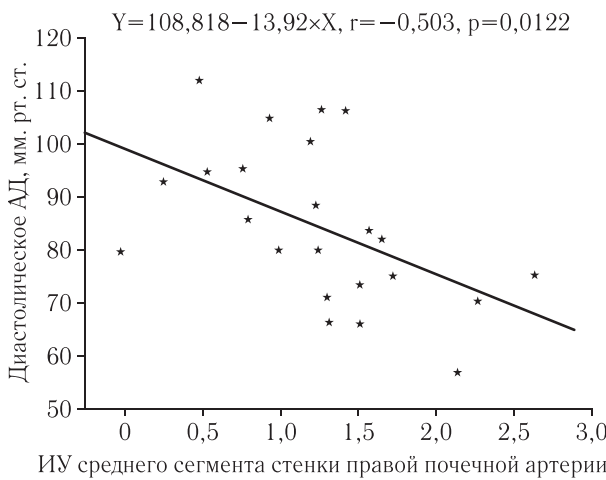
Кроме этого, мы провели анализ зависимости между ИУ стенки почечной артерии с каждой стороны и уровнем АД у пациентов при контроле в 6 месяцев. Оказалось, что имеется достоверная корреляция между данными параметрами, составляющая: диастолическое АД =  $(108,818 - 13,92) \times ИУ$  ( $r = -0,503$ ;  $p = 0,01224$ ) (рис. 5) и диастолическое АД =  $(108,54 - 13,23) \times ИУ$  ( $r = -0,484$ ;  $p = 0,0224$ ) (рис. 6) в среднем и дистальном сегменте почечной артерии справа соответственно, а также диастолическое АД =  $(94,38 - 5,28) \times ИУ$  ( $r = -0,296$ ;  $p = 0,15994$ ) в среднем сегменте почечной артерии слева.

Также имелись результаты с тенденцией к высокой достоверности между ИУ в среднем сегменте почечной артерии справа, систолическим АД ( $p = 0,11$ ) и ИУ в дистальном сегменте почечной артерии справа и суточным диастолическим АД ( $p = 0,17$ ).

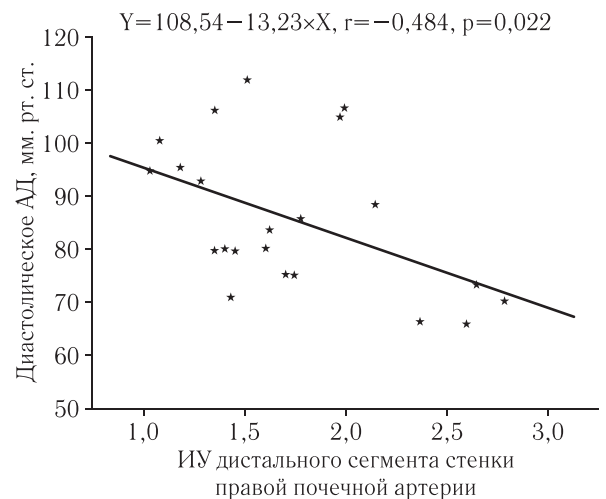
Помимо этого, мы оценивали, имеет ли степень повреждения стенки почечной артерии при абляции прогностическое влияние на степень снижения уров-



**Рис. 4.** Корреляция между мощностью ренальной денервации, приложенной со стороны правой почечной артерии и ИУ среднего сегмента правой почечной артерии.



**Рис. 5.** Корреляция между ИУ среднего сегмента стенки правой почечной артерии и диастолическим АД в 6 месяцев.

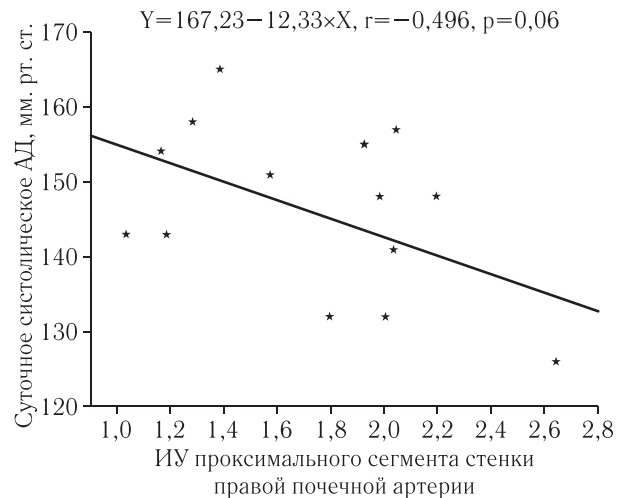


**Рис. 6.** Корреляция между ИУ дистального сегмента стенки правой почечной артерии и диастолическим АД в 6 месяцев.

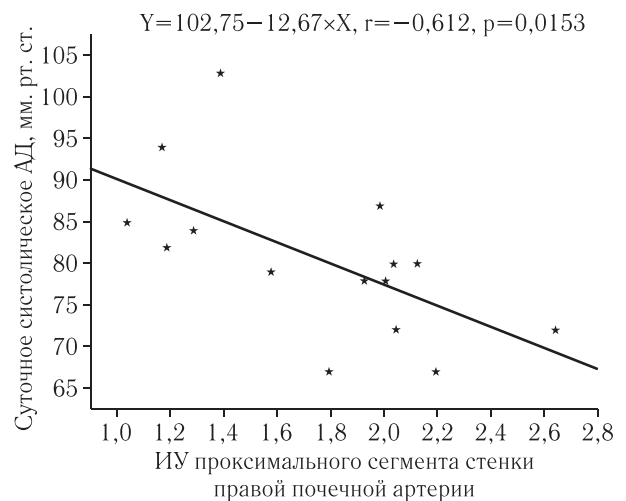
ня АД. Для этого мы сравнивали исходные ИУ стенок почечных артерий с уровнем АД в 6 и 12 месяцев, и получили следующие результаты: конечная точка в 12 месяцев показала убедительные положительные и достоверные результаты по снижению АД.

Зависимость между исходным ИУ в проксимальном участке левой почечной артерии и офисным САД составила: систолическое АД=(106,38+20,533)×ИУ (r=0,638; p=0,011). Корреляция между исходным ИУ в проксимальном и среднем участках левой почечной артерии и офисным ДАД составила: диастолическое АД=62,26+13,171×ИУ (r=0,615; p=0,01) и диастолическое АД=66,517+8,903×ИУ (r=0,57; p=0,03) соответственно. Сравнение показателей 6-месячной конечной точки не выявило достоверной корреляции ни по одному из показателей. Корреляция между исходным ИУ в проксимальном участке правой почечной артерии и суточными САД и ДАД составила: суточное систолическое АД=167,23-12,33×ИУ (r=-0,496; p=0,06) (рис. 7) и суточное диастолическое АД=102,75-12,67×ИУ (r=-0,612; p=0,01) (рис. 8), соответственно.

Ни в одном случае при анализе клинической картины и диагностических изображений не было визуализировано осложнений основного вмеша-



**Рис. 7.** Корреляция между исходным ИУ проксимального сегмента стенки правой почечной артерии и суточным систолическим АД в 12 месяцев.



**Рис. 8.** Корреляция между исходным ИУ проксимального сегмента стенки правой почечной артерии и суточным диастолическим АД в 12 месяцев.

тельства в виде локальных аневризм, стенозирования, расслоения стенки почечной артерии и др.

Гиперактивность симпатической нервной системы играет ключевую роль в развитии, поддержании и прогрессии резистентной АГ. Для устранения этого этиологического фактора еще в 1940-х годах прошлого столетия была предложена операция по иссечению симпатических нервов, идущих вдоль почечной артерии. Она показывала неплохие результаты по снижению АД, но выживаемость была неприемлема из-за тяжелых послеоперационных осложнений. В настоящее время применяется менее инвазивная модификация симпатэктомии — двусторонняя деструкция почечных нервов методом радиочастотной абляции с помощью катетеров различного дизайна, которые вводятся путем чрескожной пункции бедренной артерии [8–12]. Денервация почек как метод обоснована важной ролью симпатической регуляции почечного сосудистого сопротивления, высвобождения ренина и реабсорбции натрия, повышенным симпатическим тонусом почки и других органов, характерным для больных АГ [13–15], а также прессорным эффектом афферентных почечных нервов, подтвержденным в эксперименте на животных [16, 17]. Данная процедура ведет к выраженному снижению офисного АД, сохраняющемуся через год и даже через 2 и 3 года после проведения денервации. Амбулаторное и домашнее АД снижается не очень сильно; описано уменьшение потребности в антигипертензивных препаратах [18]. Получены также некоторые данные о дополнительной пользе метода в виде, например, уменьшения артериальной жесткости, обратного развития ГЛЖ и диастолической дисфункции, ренопротекции и улучшения толерантности к глюкозе [19–21]. За исключением редко возникающих проблем с катетеризацией (местная гематома, травма сосуда и т. д.), каких-либо серьезных осложнений или ухудшения функции почек описано не было.

Столь широкое внедрение ренальной денервации, как немедикаментозного метода лечения РАГ, позволило достичь огромных положительных результатов у пациентов, страдающих данной патологией. Как таковая оценка эффективности и безопасности включает лишь должное снижение АД и сохранение функции почек без развития стеноза почечных артерий, соответственно. Ни в одной из доступных публикаций по этой тематике не отражена оценка повреждающего действия радиочастотных абляций на стенки почечных артерий, не ведется поиск опти-

мальной мощности абляций для достижения цели — снижения АД. В данной работе мы стремились изучить простые и доступные методики оценки состояния стенки почечных артерий методом контрастированной МРТ. Почечные артерии, в свою очередь, как описано выше, являются непосредственной мишенью для ренальной денервации.

Как мы представили выше, повреждение имеет место и проявляется при МР-исследовании, в частности в виде синдрома патологического периваскулярного накопления контраста-парамагнетика, но при этом не сопровождается развитием стеноза и других осложнений на всех последующих временных точках наблюдения. Нам удалось показать, что имеется достоверная зависимость между мощностью более 50 Вт (что соответствует 6 и более точкам радиочастотных аппликаций) и показателем ИУ стенки почечной артерии (от 1,5). Это можно с уверенностью расценивать как доказательство успешного проведения процедуры ренальной денервации при энергии выше 50 Вт, а вследствие этого — и как рекомендацию к более обширному нанесению радиочастотных импульсов для достижения желаемого эффекта. При этом не выявлено оснований опасаться осложнений со стороны сосуда, так как в нашем исследовании доказана практически безоговорочная безопасность ренальной денервации, что согласуется с данными, представленными в мировой литературе [2–4, 8–12].

Кроме того, наши результаты подтвердили корректность изменений в методике процедуры, а именно перемещение основного вмешательства на среднюю и дистальную часть артерии. В проксимальных сегментах почечных артерий не было получено достоверных статистических различий между интенсивностью воздействия и эффективностью ренальной денервации ни справа, ни слева ( $p=0,79$ ). Мы выяснили, что необходимое периартериальное повреждение в окружении почечной артерии должно быть с ИУ более 1,5, ведь именно тогда наблюдается наиболее существенное снижение АД, вплоть до целевых значений.

**Выводы.** МР-исследование почечных артерий с парамагнитным контрастированием целесообразно проводить не только в качестве диагностической процедуры, позволяющей оценить состояние стенки данных сосудов, но и для динамического наблюдения за их состоянием после ренальной денервации по данным антропометрической обработки этого исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации Европейского общества гипертонии и Европейского общества кардиологов 2013 г. по лечению АГ. — 14–15 с.; 66–69 с.
2. Murray D. Esler, Baker I. D. I. Heart and Diabetes Institute. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial // The Lancet. — 2010. — Vol. 376, Iss. 9756. — P. 1903–1909.
3. Kandzari D. E. et al. Catheter-Based Renal Denervation for Resistant Hypertension: Rationale and Design of the SYMPPLICITY

- HTN-3 Trial // *Clinical Cardiology*.— 2012.— Vol. 35, Iss. 9.— P. 528–535.
4. *Krum H., Schlaich M., Sobotka P.* Renal sympathetic nerve ablation for treatment-resistant hypertension // *Br. J. Clin. Pharmacol.*— 2013.— Vol. 76, № 4.— P. 495–503.
  5. Сборник тезисов с межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Инновационные подходы к эффективному контролю артериальных гипертензий».— Томск, 2014.
  6. *Zhang J. L., Morrell G., Rusinek H. et al.* New magnetic resonance imaging methods in Nephrology // *Kidney Int.*— 2014.— Vol. 85.— P. 768–778.
  7. Методики радионуклидной диагностики: методические рекомендации. 2015 г.— СПб.: Балтийский медицинский образовательный центр, 2015.— 14 с.
  8. *Krum H., Schlaich M., Whitbourn R., Sobotka P. A., Sadowski J., Bartus K. et al.* Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: a multicentre safety and proof-of-principle cohort study // *Lancet*.— 2009.— Vol. 373.— P. 1275–1281.
  9. Simplicity HTN-1 Investigators. Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: durability of blood pressure reduction out to 24 months // *Hypertension*.— 2011.— Vol. 57.— P. 911–917.
  10. Simplicity HTN-2 Investigators. Renal sympathetic denervation in patients with treatment resistant hypertension (The Simplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial // *Lancet*.— 2010.— Vol. 376.— P. 1903–1909.
  11. *Krum H., Barman N., Schlaich M., Sobotka P., Esler M., Mahfoud F. et al.* Long-term follow up of catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension confirms durable blood pressure reduction // *J. Am. Coll. Cardiol.*— 2012.— Vol. 59 (13s1).— E1704–E1704; doi:10.1016/S0735-1097 (12) 61705–61077.
  12. *Geisler B. P., Egan B. M., Cohen J. T., Garner A. M., Akehurst R. L., Esler M. D., Pietsch J. B.* Cost effectiveness and clinical effectiveness of catheter-based renal denervation for resistant hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.*— 2012.— Vol. 60.— P. 1271–1277.
  13. *Esler M., Lambert G., Jennings G.* Regional norepinephrine turnover in human hypertension // *Clin Exp Hypertens*.— 1989.— Vol. 11 (Suppl 1).— P. 75–89.
  14. *Grassi G., Cattaneo B. M., Seravalle G., Lanfranchi A., Mancia G.* Baroreflex Control of sympathetic nerve activity in essential and secondary hypertension // *Hypertension*.— 1998.— Vol. 31.— P. 68–72.
  15. *Grassi G., Seravalle G., Dell’Oro R., Turri C., Bolla G. B., Mancia G.* Adrenergic and reflex abnormalities in obesity-related hypertension // *Hypertension*.— 2000.— Vol. 36.— P. 538–542.
  16. *Stella A., Zanchetti A.* Functional role of renal afferents // *Physiol. Rev.*— 1991.— Vol. 71.— P. 659–682.
  17. *Di Bona G. F., Kopp U. C.* Neural control of renal function // *Physiol. Rev.*— 1997.— Vol. 77.— P. 75–197.
  18. *Doumas M., Anyfantis P., Bakris G.* Should ambulatory blood pressure monitoring be mandatory for future studies in resistant hypertension: a perspective // *Hypertension*.— 2012.— Vol. 30.— P. 874–876.
  19. *Brandt M. C., Mahfoud F., Reda S., Schirmer S. H., Erdmann E., Bohm M., Hoppe U. C.* Renal sympathetic denervation reduces left ventricular hypertrophy and improves cardiac function in patients with resistant hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.*— 2012.— Vol. 59.— P. 901–909.
  20. *Mahfoud F., Schlaich M., Kindermann I., Ukena C., Cremers B., Brandt M. C. et al.* Effect of renal sympathetic denervation on glucose metabolism in patients with resistant hypertension: a pilot study // *Circulation*.— 2011.— Vol. 123.— P. 1940–1946.
  21. *Mahfoud F., Cremers B., Janker J., Link B., Vonend O., Ukena C. et al.* Renal hemodynamics and renal function after catheter-based renal sympathetic denervation in patients with resistant hypertension // *Hypertension*.— 2012.— Vol. 60.— P. 419–424.

Поступила в редакцию: 1.07.2015 г.

Контакт: Рюмина Надежда Игоревна, [n.rumshina@list.ru](mailto:n.rumshina@list.ru)

#### Сведения об авторах:

*Рюмина Надежда Игоревна* — аспирант отделения рентгенологических и томографических методов исследования НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а; e-mail: [n.rumshina@list.ru](mailto:n.rumshina@list.ru);

*Зюбанова Ирина Владимировна* — аспирант отделения артериальных гипертензий НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а; e-mail: [irina7@sibmail.com](mailto:irina7@sibmail.com);

*Баев Андрей Евгеньевич* — зав. отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а;

*Мордовин Виктор Федорович* — д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения артериальных гипертензий НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а; e-mail: [mordovin@cardio-tomsk.ru](mailto:mordovin@cardio-tomsk.ru);

*Лукьяненко Павел Иванович* — д-р мед. наук, заведующий кабинетом МРТ НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а;

*Вусик Елена Александровна* — старшая медсестра каб. МРТ отделения РигМД НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а;

*Усов Владимир Юрьевич* — д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгенологических и томографических методов исследования НИИ кардиологии. 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а; e-mail: [ussov1962@yandex.ru](mailto:ussov1962@yandex.ru).

**Открыта подписка на 1-е полугодие 2016 года.**

**Подписные индексы:**

**Агентство «Роспечать» 57991**

**ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177**