

ОБЗОРЫ

УДК 616.136.7

DOI 10.34014/2227-1848-2024-2-6-17

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ТЕХНОЛОГИЮ РАДИОЧАСТОТНОЙ ДЕНЕРВАЦИИ ПОЧЕЧНЫХ АРТЕРИЙ

Р.Р. Галимов¹, А.Н. Молчанов², А.Г. Горгун¹,
П.И. Павлов¹, М.В. Малхасьян¹

¹ БУ ХМАО-Югры «Окружная клиническая больница», г. Ханты-Мансийск, Россия;

² БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск, Россия

Артериальная гипертензия на сегодняшний день остается одной из важнейших проблем здравоохранения и играет ведущую роль в развитии сердечно-сосудистых осложнений и смерти. Несмотря на значительные успехи современной антигипертензивной фармакотерапии, у 10 % всей популяции пациентов с повышенным артериальным давлением отмечается экстремально низкая чувствительность к основным лекарственным препаратам, направленным на его коррекцию. По данным крупных клинических исследований, риск инфаркта миокарда, инсульта и других основных неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов у данных лиц с резистентной формой артериальной гипертензии в несколько раз выше, чем у пациентов с контролируемыми цифрами артериального давления.

Цель настоящей работы – анализ научной литературы по вопросам истории развития, эффективности и безопасности применения методики катетерной радиочастотной денервации почечных артерий у пациентов с резистентной формой артериальной гипертензии.

В качестве источников информации использовались данные электронных библиотек Pubmed, eLIBRARY и др.

Результаты клинических исследований показывают, что у пациентов с резистентной артериальной гипертензией, в отличие от больных с контролируемыми цифрами артериального давления, отмечается более выраженная симпатическая активность. Гиперактивность этой части нервной системы может быть одним из основных патогенетических факторов, играющих ведущую роль в механизме формирования резистентности к фармакотерапии. Таким образом, радиочастотная ренальная денервация, являясь одним из методов модуляции тонуса симпатической нервной системы, представляет особый интерес.

Ключевые слова: ренальная денервация, резистентная артериальная гипертензия, абляция.

Введение. Радиочастотная денервация почечных артерий (ДПА) – эндоваскулярный метод лечения резистентной к фармакотерапии артериальной гипертензии (АГ), основанный на абляции периваскулярных симпатических нервов радиочастотным током со стороны эндотелия. Мнения практикующих врачей и ученых разных стран об эффективности и целесообразности предложенного 20 лет назад метода ДПА претерпевали кардинальные изменения. Результаты экспериментальных,

а чуть позже и первых клинических исследований, демонстрировавших высокую эффективность данной технологии, стимулировали активное развитие метода. Однако опубликованные в 2014 г. результаты рандомизированного клинического исследования (РКИ) Symplcity HTN-3, не выявившие значимой разницы в степени снижения артериального давления (АД) между группами, заметно уменьшили интерес к ДПА [1, 2]. В последние годы опубликованы данные РКИ с усовершенство-

ванными дизайном SPYRAL HTN-OFF MED и SPYRAL HTN-ON MED, доказывающие, что технология радиочастотной ренальной денервации может быть одним из безопасных ключевых компонентов в повышении эффективности лечения пациентов с резистентной артериальной гипертензией (РАГ) [3–5].

Цель исследования. Обзор и анализ научной литературы по вопросам радиочастотной денервации почечных артерий как перспективного метода в комплексном лечении резистентной артериальной гипертензии.

Материалы и методы. Изучены научные публикации, касающиеся истории развития, клинической эффективности и безопасности технологии радиочастотной ДПА, в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed и др. Проанализированы обзоры клинических исследований.

Результаты и обсуждение. Применение радиочастотной эндоваскулярной ДПА в качестве альтернативного метода лечения артериальной гипертензии было предложено американскими инженерами Howard Levin и Mark Gelfand в 2003 г. Авторы обосновывали свою концепцию тремя клиническими наблюдениями, показывающими ключевую роль функционального состояния симпатической нервной системы (СНС) в патогенезе АГ. Они указывали, во-первых, на гиперактивацию симпатической нервной системы у пациентов с АГ; во-вторых, на результаты клинических исследований, выявивших снижение активности СНС после двусторонних ренальных денерваций. Эти клинические наблюдения и результаты исследований демонстрировали, что почки играют важную роль в регуляции симпатической активности [6, 7]. Третье наблюдение основывалось на гистологической картине строения почечных артерий, в адвентиции которых находилось большое количество афферентных и эфферентных волокон СНС [8]. Таким образом, радиочастотная деструкция периваскулярных почечных нервов изнутри просвета сосуда предлагалась как малоинвазивный аналог хирургической симпатэктомии [2, 9].

В 2005 г. при поддержке компании Medtronic начались первые доклинические исследования. После ряда двухлетних экспериментальных работ более чем на 300 разных жи-

вотных была продемонстрирована относительная безопасность и эффективность радиочастотной ДПА. Начиная с 2007 г. с целью подтверждения профиля безопасности методики ДПА всем подопытным животным делали ангиографию артерий почек до, сразу после и через 6 мес. после катетерной аблации и осуществляли гистологическую оценку срезов почечных артерий [10]. Полученные ангиографические результаты исследований демонстрировали отсутствие каких-либо осложнений со стороны интимы (гиперплазии, диссекции, стеноза) в местах воздействия системы для катетерной аблации на почечные артерии. Гистологическая картина показывала, что основные изменения после ДПА отмечались только в адвентициальной оболочке в виде фиброза нервных волокон, гиперплазии эпинеурия и перинеурия [11]. Таким образом, после подтверждения высокого профиля безопасности в ближайшем и отдаленном послеоперационных периодах технология радиочастотной ДПА была разрешена к применению на людях.

Впервые технологию радиочастотной ДПА на человеке 6 июня 2007 г. в Мельбурне испытал доктор Rob Whitbourn, положив начало клиническим исследованиям в этой области. Первое клиническое исследование длилось 2 года и включало 50 пациентов с резистентной АГ из 5 центров Австралии и Европы. Результаты исследования, опубликованные в 2009 г. в журнале Lancet, показывали, что через 12 мес. наблюдения после ДПА среднее значение АД снизилось с 177/101 до 150/84 мм рт. ст., а уровень норадреналина уменьшился на 47 %. За время исследования было зарегистрировано одно осложнение в виде диссекции почечной артерии, не требовавшее дополнительных вмешательств [12].

В 2011 г. опубликованы годовые результаты первого крупного нерандомизированного многоцентрового исследования Symplicity HTN-1, а в 2013 г. на конгрессе Европейского общества кардиологов в Амстердаме представлены результаты этого исследования после трехлетнего наблюдения. В исследование было включено 153 пациента с РАГ со средним исходным АД 176/98 мм рт. ст., кото-

рым была выполнена радиочастотная ДПА с использованием моноэлектродного катетера Symplicity Ardian Renal Denervation System. По данным исследования, через 1 год после ДПА было зарегистрировано достоверное снижение систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) на 25 и 11 мм соответственно [9, 13]. Показатели САД и ДАД через 2 года (исследование проведено на 105 пациентах) снизились на 32 и 14 мм рт. ст. соответственно. Через 3 года данные наблюдения были доступны для 88 пациентов. В группе после денервации почечных артерий САД и ДАД снизились на 32 и 14 мм рт. ст. соответственно. Общий показатель ответа составил 80 % (определялся как снижение САД на ≥ 10 мм) через 1 год, 82 % через 2 года и 93 % через 3 года. Осложнения отмечены у четырех пациентов: одна диссекция почечной артерии и три псевдоаневризмы бедренной артерии [14].

Следующим РКИ по изучению ДПА было Symplicity HTN-2, которое включало 106 пациентов из более чем 20 центров Европы, Новой Зеландии и Австралии. Все пациенты случайным образом были распределены в группу почечной денервации ($n=52$) и группу контроля ($n=54$). У 49 пациентов (94 %), которым была проведена почечная денервация, и у 51 (94 %) из контрольной группы оценивали первичную конечную точку через 6 мес. Измерения САД и ДАД у пациентов после почечной денервации показали снижение на 32 и 12 мм рт. ст. (среднее – 23/11, исходный уровень 178/96 мм рт. ст., $p < 0,0001$). В контрольной группе показатели АД остались неизменными (изменение 1/0 мм рт. ст., среднее – 21/10, исходное значение 178/97 мм рт. ст., $p=0,77$ систолическое и $p=0,83$ диастолическое). Данные суточного мониторинга АД через 6 мес. также продемонстрировали снижение среднего АД в группе с ДПА на 11/7 мм рт. ст. (среднее – 15/11, $p=0,006$ для изменения САД, $p=0,014$ для изменения ДАД), в то время как в контрольной группе средние значения АД практически не изменились (изменение -3/-1 мм рт. ст., среднее – 19/12, $p=0,51$ для систолического, $p=0,75$ для диастолического). Осложнений, связанных с

катетерной денервацией почечных артерий, в исследовании не зарегистрировано [2, 15, 16].

Таким образом, первые крупные клинические исследования демонстрировали многообещающие результаты для лечения резистентных к антигипертензивной фармакотерапии пациентов. Методика катетерной радиочастотной ДПА получала все большее распространение [17–19].

С января 2012 г. существует международный открытый регистр – Global Symplicity Registry (GSR), целью которого является оценка безопасности и эффективности ДПА в течение 5 лет после процедуры [20, 21]. Регистр в совокупности должен включить данные 5000 пациентов, которым проводилась ДПА в более чем 300 мировых центрах с помощью разных поколений катетеров Symplicity. На сегодняшний день в нем зарегистрировано более 3000 пациентов [22].

В 2014 г. были представлены данные слепого рандомизированного плацебо-контролируемого клинического исследования Symplicity HTN-3, проведенного в 88 центрах США с включением 535 пациентов. Участники РКИ были случайным образом разделены на группу с радиочастотной ДПА и группу с полной имитацией процедуры, в которой катетер с радиочастотным электродом устанавливался в просвете почечных артерий, но аблации не проводилось. Первичной конечной точкой исследования было измерение офисного АД через 6 мес., не выявившее достоверного различия в снижении САД между группами (оно составило 2,39 мм рт. ст., $p=0,26$). Вторичной конечной точкой было принято определение САД по данным суточного мониторинга через 6 мес. – разница результатов между группами также была незначимой и составила 1,96 мм рт. ст. ($p=0,98$) [23, 24].

Неожиданные противоречивые результаты Symplicity HTN-3 значительно снизили интерес к денервации почечных артерий как в научной, так и в практической среде [25]. Однако даже в этом исследовании показана абсолютная безопасность катетерной ДПА. В течение длительного времени возможные причины такого результата обсуждались в литературе [26]. После тщательного анализа ис-

следования эксперты пришли к выводам, что основными возможными факторами плохого антигипертензивного эффекта стали неудачный дизайн РКИ, недостаточный опыт специалистов, выполнявших процедуру ДПА, отсутствие проработанных критериев отбора пациентов, а также невозможность контролировать режим приема антигипертензивных препаратов после проведенной катетерной аблации [27–29].

Таким образом, РКИ Symplicity HTN-3, несмотря на свои неудачные результаты, сформировало основные задачи для исследователей, связанные с дальнейшим поиском предикторов эффективности технологии ДПА и определением дополнительных критериев отбора пациентов. От начала использования катетерной ДПА до 2014 г. основным предиктором эффективности было исходное значение АД [20, 30]. К сегодняшнему времени продемонстрирована связь эффективного ответа с техническими аспектами самой технологии: локализация мест аблации в почечной артерии, количество точек денервации, а также типы устройств для ДПА [31–33]. Последние клинические исследования также показывают прямую зависимость реакции АД на почечную симпатическую денервацию от степени жесткости артериальной стенки [34].

Долгое время выбор оптимального дизайна радиочастотной денервации и целевых участков артерий для аблации оставался спорным. К настоящему моменту накоплено достаточно экспериментальных и клинических результатов, чтобы утверждать, что ДПА должна быть проведена максимально полно, по всей длине ствола почечной артерии с вовлечением проксимальных сегментов ее крупных ветвей [35–37].

Важно отметить, что еще до публикации результатов Symplicity HTN-3, основываясь на предыдущих РКИ, поддерживаемых компанией Medtronic, другие производители тоже занимались разработкой и продвижением своих устройств для радиочастотной ДПА. Одно из таких – баллонный катетер с 8 электродами на поверхности для биполярной аблации в почечных артериях Vessix Renal Denervation System (Boston Scientific, США). Первичные ре-

зультаты по данному устройству были представлены в исследовании REDUCE-HTN. Более чем в 20 международных центрах было выполнено 146 процедур денервации почечных артерий с помощью катетера Vessix RDS. Шестимесячные результаты клинического исследования показали высокий уровень безопасности процедуры: только у одного пациента (0,7 %) баллонная ДПА осложнилась стенозом почечной артерии, потребовавшим стентирования. Кроме того, был отмечен довольно высокий уровень эффективности: через 6 мес. после процедуры офисное САД снизилось на 24,6 мм рт. ст., ДАД – на 10,3 мм рт. ст. ($p < 0,0001$), через 1 год САД снизилось на 29,6 мм рт. ст., ДАД – на 13,6 мм рт. ст. ($p < 0,0001$), через 2 года снижение САД и ДАД составляло 27,1 и 11,2 мм рт. ст. соответственно ($p < 0,0001$) [38, 39].

В 2015 г. компанией Medtronic запущен многоцентровой проект SPYRAL HTN, включивший два похожих друг на друга дизайна РКИ. Основным отличием этих исследований явилось изучение эффекта снижения АД после ДПА на фоне отсутствия (SPYRAL HTN-OFF MED) и применения антигипертензивной фармакотерапии (SPYRAL HTN-ON MED). Впервые у всех пациентов исследования для денервации почечных артерий использовался гибкий четырехэлектродный катетер нового поколения Symplicity Spyral [40].

В РКИ SPYRAL HTN-OFF MED (Pivotal) 331 пациент был рандомизирован на группу с катетерной ДПА ($n=166$) и группу с полной имитацией процедуры ($n=165$). По результатам лечения разница между группами через 3 мес. по суточному САД составляла -3,9 мм рт. ст. ($p < 0,001$), а по офисному САД – -6,7 мм рт. ст. ($p < 0,001$). За период наблюдения не зарегистрировано никаких серьезных осложнений, связанных с устройством или процедурой денервации [41]. В данное исследование не были изначально включены пациенты с офисным САД более 180 мм рт. ст., что и явилось, вероятнее всего, причиной небольшой разницы снижения АД между группами, так как исходное высокое САД является одним из главных предикторов эффективности ДПА [42]. Также в исследовании SPYRAL HTN-OFF MED

(Pivotal) было выявлено, что у пациентов с ДПА реже возникали гипертонические кризы, требующие немедленного применения антигипертензивных препаратов, по сравнению с контрольной группой [43].

Изначально SPYRAL HTN-ON MED включал 80 пациентов, которые были рандомизированы на 2 группы: после ДПА ($n=38$) и с имитацией процедуры ($n=42$). Через три года разница в снижении САД между группами составила $-10,0$ мм рт. ст. (95 % ДИ от $-16,6$ до $-3,3$; $p=0,0039$), а разница значений среднего ДАД $-5,9$ мм рт. ст. (95 % ДИ от $-10,1$ до $-1,8$; $p=0,0055$) [44, 45]. В исследовании не было выявлено краткосрочных или долгосрочных проблем с профилем безопасности, связанных с денервацией почек [46]. Сейчас продолжается набор пациентов для расширенного исследования SPYRAL HTN-ON MED, целью которого является рандомизация еще 260 пациентов.

Таким образом, данные последних РКИ подтверждают эффективность и безопасность вновь возрождающейся методики катетерной радиочастотной почечной денервации. Неутешительные результаты исследования SYMPPLICITY HTN-3, опубликованные более 9 лет назад, стимулировали множество дополнительных изысканий, направленных на понимание того, как улучшить технику катетерной денервации почечных артерий.

В опубликованном в сентябре 2021 г. позиционном документе Европейского общества гипертонии денервация почек рассматривается как третий, дополнительный вариант лечения пациентов с АГ наряду с изменением образа жизни и приемом лекарственных препаратов, направленных на коррекцию АД [47].

В сентябре 2022 г. совет Европейского общества кардиологов по гипертонии объявил о необходимости снова привлечь внимание кардиологического сообщества к ДПА в свете новых данных и подготовил заявление о клиническом консенсусе совместно с Европейской ассоциацией чрескожных сердечно-сосудистых вмешательств (EAPCI). Документ был опубликован в Европейском кардиологическом журнале в феврале 2023 г. и содержал ос-

новные общие рекомендации, касающиеся катетерной ДПА [48]:

– ДПА может использоваться у взрослых пациентов с неконтролируемой резистентной артериальной гипертензией, определяемой как систолическое офисное АД ≥ 140 мм рт. ст. или диастолическое АД ≥ 90 мм рт. ст., подтвержденной суточным амбулаторным САД ≥ 130 мм рт. ст., принимающих 3 или более антигипертензивных препарата (включая диуретик) и с расчетной скоростью клубочковой фильтрации (рСКФ) ≥ 40 мл/мин/1,73 м².

– ДПА может быть возможным вариантом лечения у пациентов, которые не могут переносить антигипертензивные препараты в долгосрочной перспективе и которые выражают предпочтение пройти ДПА в рамках совместного процесса принятия решений.

В марте 2023 г. международной группой ученых из Европы и США было опубликовано первое практическое руководство по денервации почечных артерий для медицинских работников, занимающихся лечением АГ [49].

В июне 2023 г. Европейское общество гипертонии опубликовало обновленные клинические рекомендации по лечению АГ, в которых ДПА рассматривается как вариант лечения пациентов с неконтролируемым, несмотря на применение комбинированной терапии антигипертензивными препаратами, АД, а также в случаях, когда медикаментозное лечение вызывает серьезные побочные эффекты и снижает качество жизни [50].

Заключение. Несмотря на то что за время существования технологии радиочастотной катетерной ДПА отношение к ней во многом неоднократно менялось, на сегодняшний день накопленные научные знания и рандомизированные клинические исследования не оставляют сомнений в ее эффективности и безопасности. Пройдя нелегкий путь своего развития, радиочастотная ДПА смогла занять свою нишу в кардиологии как дополнительный вариант лечения артериальной гипертензии наряду с изменением образа жизни и приемом антигипертензивных препаратов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Галимов Р.Р., Молчанов А.Н., Горгун А.Г.

Литературный поиск: Галимов Р.Р., Молчанов А.Н., Горгун А.Г., Малхасьян М.В.

Написание и редактирование текста: Галимов Р.Р., Молчанов А.Н., Горгун А.Г., Павлов П.И.

Литература

1. *Агаева Р.А., Данилов Н.М., Щелкова Г.В., Матчин Ю.Г.* Новые возможности ренальной денервации. Терапевтический архив. 2020; 6 (92): 84–88.
2. *Stuart M.* Masterminds of Ardian: An Interview With Inventors Mark Gelfand and Howard Levin. Start-Up. 2011.
3. *Kandzari D., Böhm M., Mahfoud F.* Effect of renal denervation on blood pressure in the presence of antihypertensive drugs: 6-month efficacy and safety results from the SPYRAL HTN-ON MED proof-of-concept randomised trial. *Lancet*. 2018; 391 (10137): 2346–2355.
4. *Böhm M., Kario K., Kandzari D.E., Mahfoud F.* SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal Investigators. Efficacy of catheter-based renal denervation in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal): a multicentre, randomised, sham-controlled trial. *Lancet*. 2020; 2 (395): 1444–1451.
5. *Mahfoud F., Kandzari D.E., Kario K., Townsend R.R., Weber M.A., Schmieder R.E., Tsioufis K., Pocock S., Dimitriadis K., Choi J.W., East C., D'Souza R., Sharp A.S.P., Ewen S., Walton A., Hopper I., Brar S., McKenna P., Fahy M., Böhm M.* Long-term efficacy and safety of renal denervation in the presence of antihypertensive drugs (SPYRAL HTN-ON MED): a randomised, sham-controlled trial. *Lancet*. 2022; 399 (10333): 1401–1410.
6. *Esler M.D., Lambert G., Jennings G.* Increased regional sympathetic nervous activity in human hypertension: causes and consequences. *J Hypertens Suppl*. 1990; 8: 53–57.
7. *Esler M.D.* The 2010 Paton Lecture. The sympathetic nervous system through the ages: From Thomas Willis to resistant hypertension. *Exp Physiol*. 2011; 96: 611–622.
8. *Atherton D.S., Deep N.L., Mendelsohn F.O.* Micro-anatomy of the renal sympathetic nervous system: a human postmortem histologic study. *Clin Anat*. 2012; 25: 628–633.
9. *Гапон Л.И., Микова Е.В., Савельева Н.Ю., Копылова Л.Н.* Гипотензивный эффект радиочастотной денервации почечных артерий у пациентов с резистентной артериальной гипертензией. Клиническая практика. 2017; 3 (31): 3–9.
10. *Marian K., Zarins Z.D.* Catheter-based renal sympathetic denervation: chronic preclinical evidence for renal artery safety. *Clin Res Cardiol*. 2011; 100 (12): 1095–1101.
11. *Schlaich M.P., Krum H., Sobotka P.A., Esler M.D.* Renal denervation and hypertension. *Am J Hypertens*. 2011; 24 (6): 635–642.
12. *Krum H., Schlaich M., Whitbourn R.* Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: a multicentre safety and proof-of-principle cohort study. *Lancet*. 2009; 373 (9671): 1275–1281.
13. *Symplcity HTN-1 Investigators.* Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: durability of blood pressure reduction out to 24 months. *Hypertension*. 2011; 57 (5): 911–917.
14. *Krum H., Schlaich M.P., Böhm M.* Percutaneous renal denervation in patients with treatment-resistant hypertension: final 3-year report of the Symplcity HTN-1 study. *Lancet*. 2014; 383 (9917): 622–629.
15. *Esler M.D., Krum H., Sobotka P.A.* Symplcity HTN-2 Investigators. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplcity HTN- 2 Trial): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2010; 376 (9756): 1903–1909.
16. *Esler M.D., Böhm M., Sievert H.* Catheter-based renal denervation for treatment of patients with treatment-resistant hypertension: 36-month results from the SYMPLICITY HTN-2 randomized clinical trial. *Eur Heart J*. 2014; 35 (26): 1752–1759.
17. *Brachmann J., Schnupp S., Blüm B.* Renal Denervation: A New Approach to an Old Problem. *Card Electrophysiol Clin*. 2012; 4 (3): 447–454.
18. *Kara K., Bruck H., Kahlert P., Plicht B., Mahabadi A.A., Konorza T., Erbel R.* Renale Denervierung: Atueller Stand und Perspektiven. *Herz*. 2012; 37 (7): 746–753.
19. *Mafeld S., Vasdev N., Haslam P.* Renal denervation for treatment-resistant hypertension. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2012; 6 (6): 245–258.

20. *Mahfoud F.* Predictors of nonresponse to renal denervation in a real world population of patients with uncontrolled hypertension: Analysis of the Global SYMPPLICITY Registry. *EuroPCR*. 2014.
21. *Böhm M.* Global SYMPPLICITY Registry Investigators. Renal denervation reduces office and ambulatory heart rate in patients with uncontrolled hypertension: 12-month outcomes from the global SYMPPLICITY registry. *J Hypertens*. 2016; 34: 2480–2486.
22. *Schmieder R.E., Mahfoud F., Mancía G., Narkiewicz K., Ruilope L., Hutton D.W., Cao K.N., Hettrick D.A., Fahy M., Schlaich M.P., Böhm M., Pietzsch J.B.* Clinical event reductions in high-risk patients after renal denervation projected from the global SYMPPLICITY registry. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*. 2023; 9 (6): 575–582.
23. *Bhatt D.L., Kandzari D.E., O’Neill W.W.* A controlled trial of renal denervation for resistant hypertension. *New England Journal of Medicine*. 2014; 370 (15): 1393–1401.
24. *Bakris G.L., Townsend R.R., Flack J.M., Brar S.J.* SYMPPLICITY HTN-3 Investigators. 12-month blood pressure results of catheter-based renal artery denervation for resistant hypertension: the SYMPPLICITY HTN-3 trial. *Am Coll Cardiol*. 2015; 65: 1314–1321.
25. *Kjeldsen S.E., Narkiewicz K., Oparilet S.* Blood pressure lowering effect of renal sympathetic denervation or placebo? building expectations for Symplicity-HTN 3. *Blood Press*. 2013; 22 (5): 279–281.
26. *Al-Fakhouri A., Efeovbokhan N., Nakhla R., Khouzam R.N.* Renal denervation in the treatment of resistant hypertension: Dead, alive or surviving? *Rev Port Cardiol*. 2016; 35 (10): 531–538.
27. *Luscher T.F., Mahfoud F.* Renal nerve ablation after SYMPPLICITY HTN-3: confused at the higher level? *Eur. Heart J*. 2014; 35 (26): 1706–1711.
28. *Schmieder R.E.* Hypertension: How should data from SYMPPLICITY HTN-3 be interpreted? *Nat. Rev. Cardiol*. 2014; 11 (7): 375–376.
29. *Kandzari D., Bhatt D., Brar S.* Predictors of blood pressure response in the SYMPPLICITY HTN-3 trial. *European Heart Journal*. 2015; 36 (4): 219–227.
30. *Mahfoud F., Bakris G., Bhatt D.L.* Reduced blood pressure-lowering effect of catheter-based renal denervation in patients with isolated systolic hypertension: data from SYMPPLICITY HTN-3 and the Global SYMPPLICITY Registry. *Eur Heart J*. 2016; 38 (2): 93–100.
31. *Pekarskiy S., Baev A., Mordovin V.* Failure of renal denervation in symplicity HTN-3 is a predictable result of anatomically inadequate operative technique and not the true limitations of the technology. *J. Hypertens*. 2015; 33 (suppl. 1): e108.
32. *Pekarskiy S., Baev A., Mordovin V.* Denervation of the distal renal arterial branches versus conventional main renal artery treatment: a randomised controlled trial for treatment of resistant hypertensio. *J. Hypertens*. 2017; 35 (2): 369–375.
33. *Пекарский С.Е., Баев А.Е., Фальковская А.Ю., Ситкова Е.С.* Анатомически оптимизированная дистальная ренальная денервация – стойкий гипотензивный эффект в течение 3 лет после вмешательства. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020; 3 (24): 98–107.
34. *Fengler K., Rommel K.P., Kriese W., Kresoja K.P., Blazek S., Obradovic D., Feistritzer H.J., Lücke C., Gutberlet M., Desch S., Thiele H., Lurz P.* Assessment of arterial stiffness to predict blood pressure response to renal sympathetic denervation. *EuroIntervention*. 2022; 18 (8): e686–e694.
35. *Sakakura K., Ladich E., Cheng Q., Otsuka F., Yahagi K., Fowler D.R., Kolodgie F.D., Virmani R., Joner M.* Anatomic assessment of sympathetic peri-arterial renal nerves in man. *J Am Coll Cardiol*. 2014; 64 (7): 635–643.
36. *Mahfoud F., Tunev S., Ewen S., Cremers B., Ruwart J., Schulz-Jander D., Linz D., Davies J., Kandzari D.E., Whitbourn R., Böhm M., Melder R.J.* Impact of Lesion Placement on Efficacy and Safety of Catheter-Based Radiofrequency Renal Denervation. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66 (16): 1766–1775.
37. *Kandzari D.E., Mahfoud F., Bhatt D.L.* Confounding factors in renal denervation trials: Revisiting old and identifying new challenges in trial design of device therapies for hypertension. *Hypertension*. 2020; 76 (5): 1410–1417.
38. *Sievert H., Schofer J., Ormiston J., Hoppe U.C., Meredith I.T., Walters D.L., Azizi M., Diaz-Cartelle J., Cohen-Mazor M.* Renal denervation with a percutaneous bipolar radiofrequency balloon catheter in patients with resistant hypertension: 6-month results from the REDUCE-HTN clinical study. *EuroIntervention*. 2015; 10 (10): 1213–1220.

39. Sievert H., Schofer J., Ormiston J., Hope U.C., Meredith I.T. Bipolar Radiofrequency Renal Denervation with the Vessix Catheter in Patients with Resistant Hypertension: 2-year Results from the REDUCE-HTN Trial. *J Hum Hypertens.* 2017; 31 (5): 366–368.
40. Kandzari D.E., Kario K., Mahfoud F. The SPYRAL HTN Global Clinical Trial Program: Rationale and design for studies of renal denervation in the absence (SPYRAL HTN OFF-MED) and presence (SPYRAL HTN ON-MED) of antihypertensive medications. *Am Heart J.* 2016; 171: 82–91.
41. Böhm M., Kario K., Kandzari D.E., Mahfoud F. SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal Investigators. Efficacy of catheter-based renal denervation in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal): a multicentre, randomised, sham-controlled trial. *Lancet.* 2020; 2 (395): 1444–1451.
42. Townsend R.R., Mahfoud F., Kandzari D.E. Catheter-based renal denervation in patients with uncontrolled hypertension in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED): a randomised, sham-controlled, proof-of-concept trial. *Lancet.* 2017; 390: 2160–2170.
43. Weber M.A., Schmieder R.E., Kandzari D.E., Townsend R.R., Mahfoud F., Tsioufis K., Kario K., Pocock S., Tatakis F., Ewen S., Choi J.W., East C., Lee D.P., Ma A., Cohen D.L., Wilensky R., Devireddy C.M., Lea J.P., Schmid A., Fahy M., Böhm M. Hypertension urgencies in the SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal trial. *Clin Res Cardiol.* 2022; 111 (11): 1269–1275.
44. Kandzari D., Böhm M., Mahfoud F. Effect of renal denervation on blood pressure in the presence of antihypertensive drugs: 6-month efficacy and safety results from the SPYRAL HTN-ON MED proof-of-concept randomised trial. *Lancet.* 2018; 391 (10137): 2346–2355.
45. Mahfoud F., Kandzari D.E., Kario K., Townsend R.R., Weber M.A., Schmieder R.E., Tsioufis K., Pocock S., Dimitriadis K., Choi J.W., East C., D'Souza R., Sharp A.S.P., Ewen S., Walton A., Hopper I., Brar S., McKenna P., Fahy M., Böhm M. Long-term efficacy and safety of renal denervation in the presence of antihypertensive drugs (SPYRAL HTN-ON MED): a randomised, sham-controlled trial. *Lancet.* 2022; 399 (10333): 1401–1410.
46. Вахрушев А.Д., Емельянов И.В., Лебедев Д.С., Алиева А.С. Радиочастотная ренальная денервация: технические аспекты различных методов и безопасность. *Артериальная гипертензия.* 2020; 5 (26): 543–551.
47. Schmieder R.E., Mahfoud F., Mancia G. European Society of Hypertension position paper on renal denervation 2021. *J Hypertens.* 2021; 39: 1733–1741.
48. Barbato E., Azizi M., Schmieder R.E. Renal Denervation in the Management of Hypertension in Adults: A Clinical Consensus Statement of the ESC Council on Hypertension and the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J.* 2023; 44 (15).
49. Roland Schmieder, Michel Burnier, Cara East, Konstantinos Tsioufis, Sean Delaney. Renal Denervation: A Practical Guide for Health Professionals Managing Hypertension. *Interventional Cardiology.* 2023; 18: e06.
50. Mancia G., Kreutz R., Brunström M., Burnier M., Grassi G. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens.* 2023; 41.

Поступила в редакцию 16.10.2023; принята 28.02.2024.

Авторский коллектив

Галимов Рустам Рамисович – врач рентгенэндоваскулярной диагностики и лечения, БУ ХМАО-Югры «Окружная клиническая больница». 628012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40; e-mail: grr-86@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3619-9483>.

Молчанов Андрей Николаевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии, БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40; e-mail: amolchanov432@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7656-891X>.

Горгун Алесь Григорьевич – врач рентгенэндоваскулярной диагностики и лечения, БУ ХМАО-Югры «Окружная клиническая больница». 628012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40; e-mail: alesgorgun@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2776-7725>.

Павлов Прохор Игоревич – кандидат медицинских наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, БУ ХМАО-Югры «Окружная клиническая больница». 628012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40; e-mail: proxor73@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8506-9651>.

Малхасьян Максим Викторович – врач-хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, БУ ХМАО-Югры «Окружная клиническая больница». 628012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40; e-mail: mmv086@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2912-3808>.

Образец цитирования

Галимов Р.Р., Молчанов А.Н., Горгун А.Г., Павлов П.И., Малхасьян М.В. Современный взгляд на технологию радиочастотной денервации почечных артерий. Ульяновский медико-биологический журнал. 2024; 2: 6–17. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-2-6-17.

MODERN VIEW ON RADIOFREQUENCY DENERVATION OF RENAL ARTERIES

R.R. Galimov¹, A.N. Molchanov², A.G. Gorgun¹, P.I. Pavlov¹, M.V. Malkhas'yan¹

¹District Clinical Hospital, Khanty-Mansiysk, Russia;

²Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Today, arterial hypertension is one of the most important health problems. It is also the main cause of cardiovascular complications and death. Despite significant success of modern antihypertensive pharmacotherapy, 10 % of the entire patient population with high blood pressure have extremely low sensitivity to core drugs aimed at BP correction. According to large clinical studies, the risk of myocardial infarction, stroke and other adverse cardiovascular outcomes in individuals with resistant hypertension is several times higher than in patients with controlled blood pressure.

The purpose of this work is to analyze scientific literature on the history of development, effectiveness and safety of catheter radiofrequency denervation of renal arteries in patients with resistant arterial hypertension. The authors used articles from Pubmed, eLIBRARY, etc. for their analysis.

The results of clinical studies show that patients with resistant arterial hypertension, in contrast to patients with controlled blood pressure, have more pronounced sympathetic activity. Hyperactivity of this part of the nervous system may be one of the main pathogenetic factors causing development of resistance to pharmacotherapy. Thus, radiofrequency renal denervation, modulating the tone of the sympathetic nervous system, is of particular interest.

Key words: renal denervation, resistant arterial hypertension, ablation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Research concept and design: Galimov R.R., Molchanov A.N., Gorgun A.G.

Literature search: Galimov R.R., Molchanov A.N., Gorgun A.G., Malkhas'yan M.V.

Text writing and editing: Galimov R.R., Molchanov A.N., Gorgun A.G., Pavlov P.I.

References

1. Agaeva R.A., Danilov N.M., Shchelkova G.V., Matchin Yu.G. Novye vozmozhnosti renal'noy denervatsii [New opportunities of renal denervation]. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2020; 6 (92): 84–88 (in Russian).
2. Stuart M. Masterminds of Ardian: An Interview With Inventors Mark Gelfand and Howard Levin. *Start-Up*. 2011.
3. Kandzari D., Böhm M., Mahfoud F. Effect of renal denervation on blood pressure in the presence of antihypertensive drugs: 6-month efficacy and safety results from the SPYRAL HTN-ON MED proof-of-concept randomised trial. *Lancet*. 2018; 391 (10137): 2346–2355.

4. Böhm M., Kario K., Kandzari D.E., Mahfoud F. SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal Investigators. Efficacy of catheter-based renal denervation in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal): a multicentre, randomised, sham-controlled trial. *Lancet*. 2020; 2 (395): 1444–1451.
5. Mahfoud F., Kandzari D.E., Kario K., Townsend R.R., Weber M.A., Schmieder R.E., Tsioufis K., Pocock S., Dimitriadis K., Choi J.W., East C., D'Souza R., Sharp A.S.P., Ewen S., Walton A., Hopper I., Brar S., McKenna P., Fahy M., Böhm M. Long-term efficacy and safety of renal denervation in the presence of antihypertensive drugs (SPYRAL HTN-ON MED): a randomised, sham-controlled trial. *Lancet*. 2022; 399 (10333): 1401–1410.
6. Esler M.D., Lambert G., Jennings G. Increased regional sympathetic nervous activity in human hypertension: causes and consequences. *J Hypertens Suppl*. 1990; 8: 53–57.
7. Esler M.D. The 2010 Paton Lecture. The sympathetic nervous system through the ages: From Thomas Willis to resistant hypertension. *Exp Physiol*. 2011; 96: 611–622.
8. Atherton D.S., Deep N.L., Mendelsohn F.O. Micro-anatomy of the renal sympathetic nervous system: a human postmortem histologic study. *Clin Anat*. 2012; 25: 628–633.
9. Gapon L.I., Mikova E.V., Savel'eva N.Yu., Kopylova L.N. Gipotenzivnyy effekt radiochastotnoy denervatsii pochechnykh arteriy u patsientov s rezistentnoy arterial'noy gipertoniey [Anti-hypertensive effect of renal arteries radiofrequency denervation in patients with resistant arterial hypertension]. *Klinicheskaya praktika*. 2017; 3 (31): 3–9 (in Russian).
10. Marian K., Zarins Z.D. Catheter-based renal sympathetic denervation: chronic preclinical evidence for renal artery safety. *Clin Res Cardiol*. 2011; 100 (12): 1095–1101.
11. Schlaich M.P., Krum H., Sobotka P.A., Esler M.D. Renal denervation and hypertension. *Am J Hypertens*. 2011; 24 (6): 635–642.
12. Krum H., Schlaich M., Whitbourn R. Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: a multicentre safety and proof-of-principle cohort study. *Lancet*. 2009; 373 (9671): 1275–1281.
13. Symplicity HTN-1 Investigators. Catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension: durability of blood pressure reduction out to 24 months. *Hypertension*. 2011; 57 (5): 911–917.
14. Krum H., Schlaich M.P., Böhm M. Percutaneous renal denervation in patients with treatment-resistant hypertension: final 3-year report of the Symplicity HTN-1 study. *Lancet*. 2014; 383 (9917): 622–629.
15. Esler M.D., Krum H., Sobotka P.A. Symplicity HTN-2 Investigators. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2010; 376 (9756): 1903–1909.
16. Esler M.D., Böhm M., Sievert H. Catheter-based renal denervation for treatment of patients with treatment-resistant hypertension: 36-month results from the SYMPPLICITY HTN-2 randomized clinical trial. *Eur Heart J*. 2014; 35 (26): 1752–1759.
17. Brachmann J., Schnupp S., Blüm B. Renal Denervation: A New Approach to an Old Problem. *Card Electrophysiol Clin*. 2012; 4 (3): 447–454.
18. Kara K., Bruck H., Kahlert P., Plicht B., Mahabadi A.A., Konorza T., Erbel R. Renale Denervierung: Atueller Stand und Perspektiven. *Herz*. 2012; 37 (7): 746–753.
19. Mafeld S., Vasdev N., Haslam P. Renal denervation for treatment-resistant hypertension. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2012; 6 (6): 245–258.
20. Mahfoud F. Predictors of nonresponse to renal denervation in a real world population of patients with uncontrolled hypertension: Analysis of the Global SYMPPLICITY Registry. *EuroPCR*. 2014.
21. Böhm M. Global SYMPPLICITY Registry Investigators. Renal denervation reduces office and ambulatory heart rate in patients with uncontrolled hypertension: 12-month outcomes from the global SYMPPLICITY registry. *J Hypertens*. 2016; 34: 2480–2486.
22. Schmieder R.E., Mahfoud F., Mancia G., Narkiewicz K., Ruilope L., Hutton D.W., Cao K.N., Hettrick D.A., Fahy M., Schlaich M.P., Böhm M., Pietzsch J.B. Clinical event reductions in high-risk patients after renal denervation projected from the global SYMPPLICITY registry. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*. 2023; 9 (6): 575–582.
23. Bhatt D.L., Kandzari D.E., O'Neill W.W. A controlled trial of renal denervation for resistant hypertension. *New England Journal of Medicine*. 2014; 370 (15): 1393–1401.
24. Bakris G.L., Townsend R.R., Flack J.M., Brar S.J. SYMPPLICITY HTN-3 Investigators. 12-month blood pressure results of catheter-based renal artery denervation for resistant hypertension: the SYMPPLICITY HTN-3 trial. *Am Coll Cardiol*. 2015; 65: 1314–1321.

25. Kjeldsen S.E., Narkiewicz K., Oparilet S. Blood pressure lowering effect of renal sympathetic denervation or placebo? building expectations for Symplicity-HTN 3. *Blood Press.* 2013; 22 (5): 279–281.
26. Al-Fakhouri A., Efevbokhan N., Nakhla R., Khouzam R.N. Renal denervation in the treatment of resistant hypertension: Dead, alive or surviving? *Rev Port Cardiol.* 2016; 35 (10): 531–538.
27. Luscher T.F., Mahfoud F. Renal nerve ablation after SYMPLICITY HTN-3: confused at the higher level? *Eur. Heart J.* 2014; 35 (26): 1706–1711.
28. Schmieder R.E. Hypertension: How should data from SYMPLICITY HTN-3 be interpreted? *Nat. Rev. Cardiol.* 2014; 11 (7): 375–376.
29. Kandzari D., Bhatt D., Brar S. Predictors of blood pressure response in the SYMPLICITY HTN-3 trial. *European Heart Journal.* 2015; 36 (4): 219–227.
30. Mahfoud F., Bakris G., Bhatt D.L. Reduced blood pressure-lowering effect of catheter-based renal denervation in patients with isolated systolic hypertension: data from SYMPLICITY HTN-3 and the Global SYMPLICITY Registry. *Eur Heart J.* 2016; 38 (2): 93–100.
31. Pekarskiy S., Baev A., Mordovin V. Failure of renal denervation in symplicity HTN-3 is a predictable result of anatomically inadequate operative technique and not the true limitations of the technology. *J. Hypertens.* 2015; 33 (suppl. 1): e108.
32. Pekarskiy S., Baev A., Mordovin V. Denervation of the distal renal arterial branches versus conventional main renal artery treatment: a randomised controlled trial for treatment of resistant hypertension. *J. Hypertens.* 2017; 35 (2): 369–375.
33. Pekarskiy S.E., Baev A.E., Fal'kovskaya A.Yu., Sitkova E.S. Anatomicheski optimizirovannaya distal'naya renal'naya denervatsiya – stoykiy gipotenzivnyy effekt v techenie 3 let posle vmeshatel'stva [Anatomically optimized distal renal denervation – sustained blood pressure lowering efficacy during 3 years after the intervention]. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya.* 2020; 3 (24): 98–107 (in Russian).
34. Fengler K., Rommel K.P., Kriese W., Kresoja K.P., Blazek S., Obradovic D., Feistritzer H.J., Lücke C., Gutberlet M., Desch S., Thiele H., Lurz P. Assessment of arterial stiffness to predict blood pressure response to renal sympathetic denervation. *EuroIntervention.* 2022; 18 (8): e686–e694.
35. Sakakura K., Ladich E., Cheng Q., Otsuka F., Yahagi K., Fowler D.R., Kolodgie F.D., Virmani R., Joner M. Anatomic assessment of sympathetic peri-arterial renal nerves in man. *J Am Coll Cardiol.* 2014; 64 (7): 635–643.
36. Mahfoud F., Tunev S., Ewen S., Cremers B., Ruwart J., Schulz-Jander D., Linz D., Davies J., Kandzari D.E., Whitbourn R., Böhm M., Melder R.J. Impact of Lesion Placement on Efficacy and Safety of Catheter-Based Radiofrequency Renal Denervation. *J Am Coll Cardiol.* 2015; 66 (16): 1766–1775.
37. Kandzari D.E., Mahfoud F., Bhatt D.L. Confounding factors in renal denervation trials: Revisiting old and identifying new challenges in trial design of device therapies for hypertension. *Hypertension.* 2020; 76 (5): 1410–1417.
38. Sievert H., Schofer J., Ormiston J., Hoppe U.C., Meredith I.T., Walters D.L., Azizi M., Diaz-Cartelle J., Cohen-Mazor M. Renal denervation with a percutaneous bipolar radiofrequency balloon catheter in patients with resistant hypertension: 6-month results from the REDUCE-HTN clinical study. *EuroIntervention.* 2015; 10 (10): 1213–1220.
39. Sievert H., Schofer J., Ormiston J., Hope U.C., Meredith I.T. Bipolar Radiofrequency Renal Denervation with the Vessix Catheter in Patients with Resistant Hypertension: 2-year Results from the REDUCE-HTN Trial. *J Hum Hypertens.* 2017; 31 (5): 366–368.
40. Kandzari D.E., Kario K., Mahfoud F. The SPYRAL HTN Global Clinical Trial Program: Rationale and design for studies of renal denervation in the absence (SPYRAL HTN OFF-MED) and presence (SPYRAL HTN ON-MED) of antihypertensive medications. *Am Heart J.* 2016; 171: 82–91.
41. Böhm M., Kario K., Kandzari D.E., Mahfoud F. SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal Investigators. Efficacy of catheter-based renal denervation in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal): a multicentre, randomised, sham-controlled trial. *Lancet.* 2020; 2 (395): 1444–1451.
42. Townsend R.R., Mahfoud F., Kandzari D.E. Catheter-based renal denervation in patients with uncontrolled hypertension in the absence of antihypertensive medications (SPYRAL HTN-OFF MED): a randomised, sham-controlled, proof-of-concept trial. *Lancet.* 2017; 390: 2160–2170.
43. Weber M.A., Schmieder R.E., Kandzari D.E., Townsend R.R., Mahfoud F., Tsioufis K., Kario K., Poock S., Tatakis F., Ewen S., Choi J.W., East C., Lee D.P., Ma A., Cohen D.L., Wilensky R., Devired-

- dy C.M., Lea J.P., Schmid A., Fahy M., Böhm M. Hypertension urgencies in the SPYRAL HTN-OFF MED Pivotal trial. *Clin Res Cardiol.* 2022; 111 (11): 1269–1275.
44. Kandzari D., Böhm M., Mahfoud F. Effect of renal denervation on blood pressure in the presence of antihypertensive drugs: 6-month efficacy and safety results from the SPYRAL HTN-ON MED proof-of-concept randomised trial. *Lancet.* 2018; 391 (10137): 2346–2355.
45. Mahfoud F., Kandzari D.E., Kario K., Townsend R.R., Weber M.A., Schmieder R.E., Tsioufis K., Pocock S., Dimitriadis K., Choi J.W., East C., D'Souza R., Sharp A.S.P., Ewen S., Walton A., Hopper I., Brar S., McKenna P., Fahy M., Böhm M. Long-term efficacy and safety of renal denervation in the presence of antihypertensive drugs (SPYRAL HTN-ON MED): a randomised, sham-controlled trial. *Lancet.* 2022; 399 (10333): 1401–1410.
46. Vakhrushev A.D., Emel'yanov I.V., Lebedev D.S., Alieva A.S. Radiochastotnaya renal'naya dener-vatsiya: tekhnicheskie aspekty razlichnykh metodov i bezopasnost' [Radiofrequency renal artery dener-vation: Technical issues of different approaches and safety]. *Arterial'naya gipertenziya.* 2020; 5 (26): 543–551 (in Russian).
47. Schmieder R.E., Mahfoud F., Mancia G. European Society of Hypertension position paper on renal de-ner-vation 2021. *J Hypertens.* 2021; 39: 1733–1741.
48. Barbato E., Azizi M., Schmieder R.E. Renal Denervation in the Management of Hypertension in Adults: A Clinical Consensus Statement of the ESC Council on Hypertension and the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J.* 2023; 44 (15).
49. Roland Schmieder, Michel Burnier, Cara East, Konstantinos Tsioufis, Sean Delaney. Renal Denervation: A Practical Guide for Health Professionals Managing Hypertension. *Interventional Cardiology.* 2023; 18: e06.
50. Mancia G., Kreutz R., Brunström M., Burnier M., Grassi G. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens.* 2023; 41.

Received October 16, 2023; accepted February 28, 2024.

Information about the authors

Galimov Rustam Ramisovich, Doctor of X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, District Clinical Hospital. 628012, Russia, Khanty-Mansiysk, Kalinin St., 40; e-mail: grr-86@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3619-9483>.

Molchanov Andrey Nikolaevich, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Chair of Hospital Surgery, Khanty-Mansiysk State Medical Academy. 628011, Russia, Khanty-Mansiysk, Mira St., 40; e-mail: amolchanov432@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7656-891X>.

Gorgun Ales' Grigor'evich, Doctor of X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, District Clinical Hospital. 628012, Russia, Khanty-Mansiysk, Kalinin St., 40; e-mail: alesgorgun@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2776-7725>.

Pavlov Prokhor Igorevich, Candidate of Sciences (Medicine), Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment, District Clinical Hospital. 628012, Russia, Khanty-Mansiysk, Kalinin St., 40; e-mail: proxor73@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8506-9651>.

Malkhas'yan Maksim Viktorovich, Surgeon, Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment, District Clinical Hospital. 628012, Russia, Khanty-Mansiysk, Kalinin St., 40; e-mail: mmv086@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2912-3808>.

For citation

Galimov R.R., Molchanov A.N., Gorgun A.G., Pavlov P.I., Malkhas'yan M.V. Sovremennyy vzglyad na tekhnologiyu radiochastotnoy dener-vatsii pochechnykh arteriy [Modern view on radiofrequency denervation of renal arteries]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal.* 2024; 2: 6–17. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-2-6-17 (in Russian).