

ISSN 1607-419X
ISSN 2411-8524 (Online)
УДК 616-073

Радиочастотная ренальная денервация: технические аспекты различных методов и безопасность

**А. Д. Вахрушев, И. В. Емельянов, Д. С. Лебедев,
А. С. Алиева, Е. Н. Михайлов**
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский
центр имени В. А. Алмазова» Министерства
здравоохранения Российской Федерации,
Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:
Вахрушев Александр Дмитриевич,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
Тел.: 8(812)702–51–64.
E-mail: vakhrushev_ad@almazovcentre.ru

*Статья поступила в редакцию
09.06.20 и принята к печати 07.07.20.*

Резюме

Цель исследования — описание технических особенностей и осложнений ренальной денервации (РД) при использовании многоконтактных баллонного, спирального катетеров, электрофизиологического абляционного катетера. **Материалы и методы.** За период 2016–2019 годов в проспективную базу данных включено 54 пациента, которым выполнялась процедура денервации почечных артерий (ПА) с использованием одного из трех типов катетеров: 27 процедур с использованием баллонной технологии биполярной абляции, 21 — с использованием спирального типа радиочастотного (РЧ) катетера для униполярной абляции и 6 с использованием электрофизиологического орошаемого электрода 3,5 мм под управлением электромагнитной навигации. У 50 пациентов РД выполнена в связи с резистентной артериальной гипертензией, у 4 — в связи с наличием рефрактерных к медикаментозной терапии желудочковых тахикардий. **Результаты.** В сравнении с группами баллонной абляции и абляции электрофизиологическим катетером, применение спирального катетера было ассоциировано с большим средним количеством точек РЧ воздействия в ПА ($13,4 \pm 5,5$, $8,7 \pm 2,1$ и $22,3 \pm 9,6$ соответственно, $p < 0,01$). В группе баллонной абляции была выявлена прямая связь между количеством аппликаций и наличием острого угла изгиба артерии (коэффициент корреляции — 0,82). Были выявлены следующие осложнения: группа баллонной абляции — 1 диссекция ПА и 1 аневризма правой бедренной артерии (7,4%); группа спиральной абляции — 1 аневризма и 1 пульсирующая гематома правой бедренной артерии (9,5%); группа абляции электрофизиологическим электродом — 1 диссекция ПА, 1 аневризма правой бедренной артерии (33,4%). **Заключение.** Применение спирального типа катетера предоставляет больше возможностей для проведения расширенной денервации сегментов артерии. При применении баллонной технологии абляции объем денервации зависит от выраженности изгиба артерии. Манипуляции управляемым электрофизиологическим катетером в ПА могут быть небезопасны.

Ключевые слова: ренальная денервация, абляция, почечные артерии

Для цитирования: Вахрушев А. Д., Емельянов И. В., Лебедев Д. С., Алиева А. С., Михайлов Е. Н. Радиочастотная ренальная денервация: технические аспекты различных методов и безопасность. Артериальная гипертензия. 2020;26(5):543–551. doi:10.18705/1607-419X-2020-26-5-543-551

Radiofrequency renal artery denervation: technical issues of different approaches and safety

A. D. Vakhrushev, I. V. Emelyanov, D. S. Lebedev,
A. S. Alieva, E. N. Mikhaylov
Almazov National Medical Research Centre,
St Petersburg, Russia

Corresponding author:
Aleksandr D. Vakhrushev,
Almazov National Medical
Research Centre,
2 Akkuratov street, St Petersburg,
197341 Russia.
Phone: 8(812)702-51-64.
E-mail: vakhrushev_ad@almazovcentre.ru

Received 9 June 2020;
accepted 7 July 2020.

Abstract

Objective. To describe the technical issues and safety of renal denervation (RD) when using a multielectrode radiofrequency (RF) bipolar balloon catheter, a multielectrode unipolar RF spiral catheter, and an electrophysiological (EP) 3,5-mm RF ablation catheter. **Design and methods.** Between 2016 and 2019, 54 patients undergoing renal artery (RA) denervation were included into a prospective observational study: 27 procedures were performed using the balloon technology, 21 — using the spiral; and 6 — using a steerable irrigated EP catheter under three-dimensional electroanatomical guidance. In 50 patients RD was performed due to resistant arterial hypertension, and in 4 — due to intractable ventricular tachyarrhythmias. **Results.** The use of the spiral catheter was associated with a higher number of RF points in the RA, when compared with balloon ablation and EP catheter ablation ($22,3 \pm 9,6$ vs. $13,4 \pm 5,5$ vs. $8,7 \pm 2,1$, $p < 0,01$). In the balloon ablation group, a direct correlation between the number of RF points and the sharpest RA angle was found (correlation coefficient — 0,82). We observed the following complications: in the balloon ablation group — 1 dissection of the RA and 1 aneurysm of the right femoral artery (7,4%); in the spiral ablation group — 1 aneurysm and 1 pulsating hematoma of the right femoral artery (9,5%); in the electrophysiological electrode ablation group — 1 dissection of the RA, 1 aneurysm of the right femoral artery (33,4%). **Conclusions.** The use of the spiral multielectrode catheter is associated with the higher number of RF applications, including ablation inside distal branches. The number of RF points depends on the artery tortuosity when performing balloon-based ablation. Manipulations inside the RA using the EP catheter might not be safe.

Key words: renal denervation, ablation, renal arteries

For citation: Vakhrushev AD, Emelyanov IV, Lebedev DS, Alieva AS, Mikhaylov EN. Radiofrequency renal artery denervation: technical issues of different approaches and safety. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2020;26(5):543–551. doi:10.18705/1607-419X-2020-26-5-543-551

Введение

В настоящее время распространенность артериальной гипертензии (АГ) среди населения РФ составляет около 40% [1]. Попытки хирургического лечения данного заболевания были предприняты в середине XX века, когда Reginald H. Smithwick предложил метод билатеральной люмбодорсальной симпатэктомии и спланхникэктомии с резекцией симпатических ганглиев в нижнегрудном отделе [2].

Однако впоследствии от данного метода в качестве лечения эссенциальной (первичной) АГ отказались ввиду частого развития осложнений со стороны внутренних органов и ортостатической гипотензии, а также в связи с появлением эффективных антигипертензивных препаратов.

Ренальная денервация (РД) (симпатическая денервация почечных артерий (ПА)) — это видоизменение процедуры хирургической неселективной

симпатэктомии, а именно, следуя общей тенденции, переход на малотравматичное, малоинвазивное, органосохраняющее лечение. Процедура РД представляет собой аблацию симпатических нервов с помощью внутрисосудистых многополюсных электродов в области ПА с использованием радиочастотной (РЧ) энергии.

Также РД была предложена в составе комплексного лечения желудочковых нарушений ритма и фибрилляции предсердий [3–6].

Применяются различные типы катетеров для проведения РД, как неспециализированные электрофизиологические электроды, так и системы, предназначенные именно для РД (баллонные, одноэлектродные управляемые катетеры, спиральные многоконтактные катетеры). Каждый из типов катетеров имеет свои достоинства и ограничения использования ввиду анатомических особенностей ПА.

Цель настоящей работы — описание технических особенностей и осложнений РД при использовании многоконтактных баллонного, спирального катетеров, электрофизиологического аблационного катетера.

Материалы и методы

За период 2016–2019 годов в проспективную базу данных включено 54 пациента, которым на базе научно-исследовательского отдела аритмологии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России выполнены процедуры денервации ПА с использованием одного из трех типов катетеров для РД: 27 процедур с использованием баллонной технологии (Vessix™ Renal Denervation System, Boston Scientific, США), 21 с использованием спирального типа РЧ катетера (Symplicity Spyral™, Medtronic, США) и 6 с использованием электрофизиологического орошаемого электрода (Navistar, Biosense Webster, США). У 50 пациентов РД выполнена в связи с резистентной АГ, у 4 — в связи с наличием рефрактерных к медикаментозной терапии желудочковых тахикардий и неэффективностью или противопоказаниями к катетерной аблации субстрата аритмии. Распределение пациентов в группы применения разных технологий зависело от наличия устройств и расходного материала. Все процедуры были выполнены двумя операторами без предшествующего опыта РД.

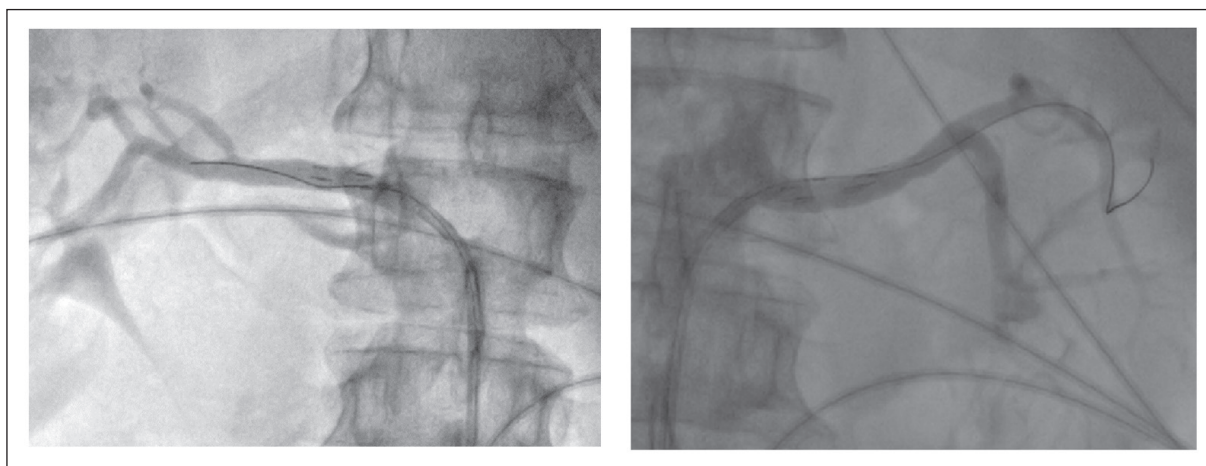
Ренальная денервация баллонным многоконтактным катетером. Основными составляющими данной системы являются баллонный катетер для почечной денервации и РЧ генератор. На дистальной части катетера расположен раздуваемый баллон, на поверхности которого по спирали расположены

биполярные электроды для РЧ аблации. Были использованы катетеры с диаметром баллона 4 мм (4 пары аблационных контактов), 5 и 6 мм (6 пар аблационных контактов), в зависимости от диаметра ПА. Процедура РД с применением данной технологии выглядела следующим образом. Выполнялись пункция и канюляция правой бедренной артерии. Проводилась гепаринизация с поддержанием активированного времени свертывания крови > 250 секунд во время всей процедуры. С помощью ренального проводникового интродьюсера (RND или LIMA, Boston Scientific, США) осуществлялась селективная ангиография ПА. Поскольку инфляция баллона в извитой артерии может сопровождаться ее деформацией и перерастяжением, после первичного контрастирования ПА проводились измерение длины основного ствола артерии и подсчет изгибов ПА и измерялись углы ее изгиба в 2 плоскостях. На основании полученных измерений принималось решение о целевом позиционировании баллона. Далее по проводнику 0.032' (PT², Boston Scientific, США) в каждую ПА поочередно вводится многополюсный баллонный аблационный электрод в сегмент ПА до первой бифуркации. Инфляция баллона проводилась разбавленным контрастным веществом (Оптирей 300, Шеринг, Великобритания) при давлении 1–3 атм. Контроль окклюзии просвета ПА проводился болюсным введением небольшого количества контраста через проводниковый интродьюсер. Перед выполнением РЧ воздействия проводилось обезболивание внутривенным введением фентанила (0,1–0,2 мг). Генератор РЧ энергии обеспечивал контроль контакта электрод-ткань по импедансу на контактах, при отсутствии критериев адекватного контракта соответствующая пара электродов автоматически отключалась. Длительность аппликации составляла 30 с, температура 65–68 °С при мощности до 1 Вт. При достаточной длине ствола ПА выполнялась дополнительная аппликация при более проксимальном позиционировании баллона. После аблации проводилась повторная ангиография артерий. При спазмировании артерии селективно вводился раствор нитроглицерина и верапамила.

На рисунке 1 представлены данные селективной ангиографии правой и левой ПА. После проведения аблации удалялся инструмент, на бедро накладывалась давящая повязка.

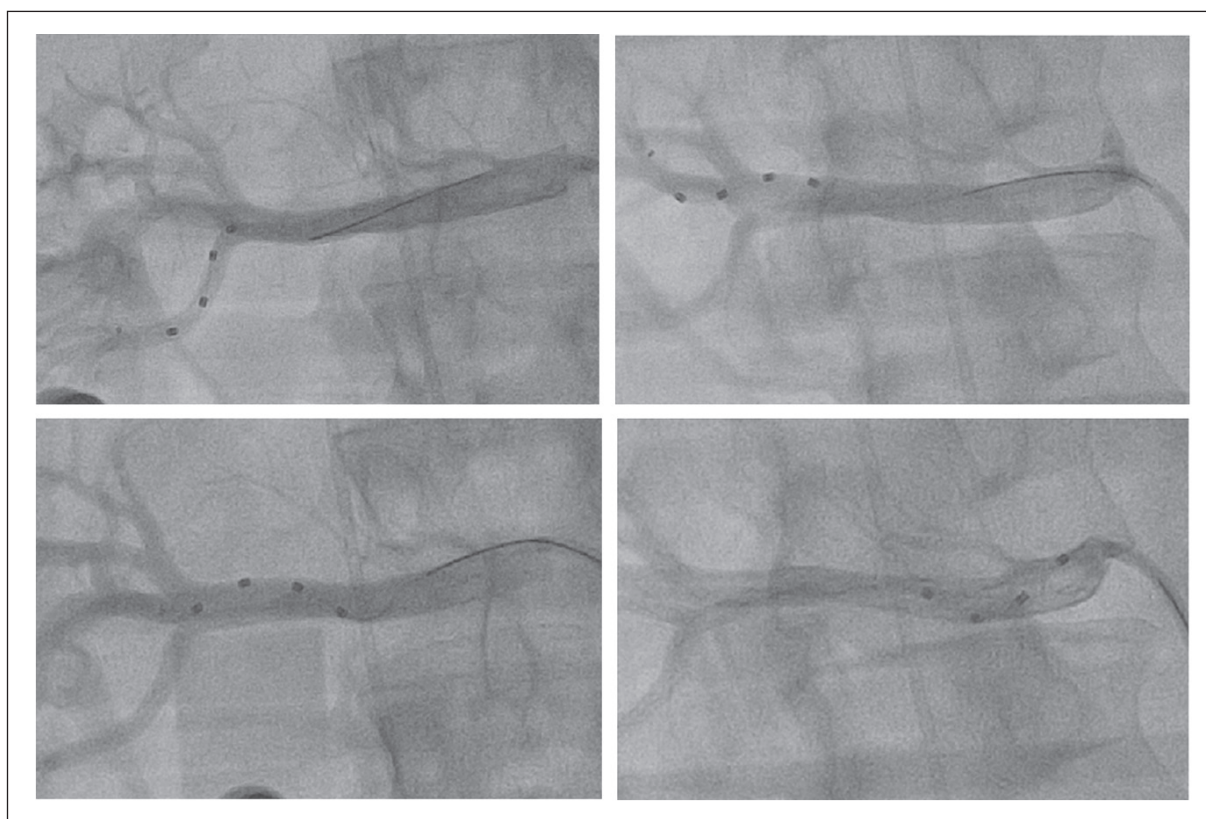
Ренальная денервация спиральным многоконтактным катетером. Доступ к бедренной артерии, канюляция ПА и ангиография проводились по той же методике. Ввиду малого диаметра и конструктивных особенностей, катетер данного типа, в отличие от баллонного типа, позволяет наносить РЧ воздействия в ветвях ПА. Также применение дан-

Рисунок 1. Селективная ангиография правой и левой почечных артерий у одного пациента с установленным баллонным абляционным катетером



Примечание: баллонный катетер установлен в почечных артериях по проводнику. На баллоне видны биполярные электроды для радиочастотной абляции. Слева — левая почечная артерия, справа — правая почечная артерия.

Рисунок 2. Селективная ангиография правой почечной артерии с установленным спиральным абляционным катетером в ветках и основном стволе артерии



Примечание: На электроде видны униполярные электроды. Проводник убран внутрь катетера проксимальнее абляционных контактов для расправления спирали и достижения надежного контакта со стенкой почечной артерии.

ного катетера не ограничено углом изгиба и ходом ПА. Генератор автоматически корректирует подаваемую мощность (около 6 Вт) на основании данных температуры и сопротивления в месте контакта электрод-ткань, длительность воздействия составляла 60 с. Перед РЧ аппликацией в ПА селектив-

но вводился болюс раствора нитроглицерина для профилактики спазма артерии. Пример денервации с применением спирального типа катетера представлен на рисунке 2.

Ренальная денервация с использованием электрофизиологического электрода. Для абляции ис-

пользовался орошаемый навигационный электрод с диаметром окончания 3,5 мм. Подробно процедура была описана ранее [3]. Выполнялось введение электрода в брюшной отдел аорты, после чего электрод поочередно позиционировался в ПА. Выполнялась трехмерная реконструкция ПА и брюшного отдела аорты с использованием системы CARTO 3 (Biosense Webster, США). Затем наносились РЧ воздействия по всей длине основного ствола ПА (дистально — от бифуркации и к устью ПА), отступая > 5 мм от точек предыдущих абляций, воздействия наносились по спирали. Параметры абляции: мощ-

Рисунок 3. Трехмерная электроанатомическая карта брюшного отдела аорты и почечных артерий



Примечание: красные и розовые точки — места нанесения радиочастотных воздействий. Белыми точками обозначены места бифуркации артерий.

ность 10–12 Вт, длительность воздействия в одной точке — 30–60 с (рис. 3).

Послеоперационное ведение пациентов

После удаления инструмента осуществлялась мануальная компрессия места пункции бедренной артерии и по достижении гемостаза накладывалась давящая повязка. Двойная антиагрегантная терапия

клопидогрелом 75 мг и аспирином 100 мг назначалась всем пациентам на 2 месяца, начиная со следующего дня после денервации.

Статистический анализ

Статистическая обработка полученных в исследовании данных проводилась с использованием программного обеспечения Statistica 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). При выборе статистического критерия для количественных переменных проводилась проверка нормальности распределения с использованием теста Колмогорова–Смирнова. При нормальном распределении переменных оценивались следующие показатели описательной статистики: среднее арифметическое, стандартное отклонение. Для оценки двух независимых выборок с количественными переменными применялся двухвыборочный t-тест. При распределении данных, отличном от Гауссовского, переменные выражены в виде медианы с 1-м и 3-м квартилями. За уровень статистической значимости различий показателей принималась величина $p < 0,05$.

Результаты

Характеристика пациентов

Общая клиническая характеристика пациентов представлена в таблице. У 50 пациентов денервация ПА проведена в связи с рефрактерной АГ (> 160/90 мм рт. ст.) на фоне терапии как минимум 3 препаратами, включая диуретик. Катетерная денервация ПА для коррекции артериального давления проводилась в рамках клинической апробации метода (протокол, утвержденный Министерством здравоохранения Российской Федерации 2018–12–11).

У 4 пациентов РД проведена как «метод отчаяния» с целью купирования частых эпизодов желудочковых тахикардий, рефрактерных к комбинированной антиаритмической терапии (бета-блокаторы и амиодарон), при неэффективности катетерной абляции аритмогенного субстрата миокарда желудочков или ввиду противопоказаний к ее проведению (тромбоз полостей сердца). Решение о проведении процедуры принималось консилиумом специалистов в каждом конкретном случае. У этих пациентов была проведена РД с помощью электрофизиологического орошаемого электрода ввиду отсутствия специализированного оборудования для РД в тот момент.

Группа баллонной абляции почечных артерий

В двух случаях использовался баллон диаметром 4 мм, в шестнадцати случаях 5 мм и в девяти — 6 мм, всего 27 пациентов.

Преимущественно в связи с риском повреждения извитых артерий инфляция баллона и нанесение РЧ воздействий проводились на участке ствола ПА с прямым ходом сосуда: длина ствола правой

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ, КОТОРЫМ БЫЛА ПРОВЕДЕНА ПРОЦЕДУРА РЕНАЛЬНОЙ ДЕНЕРВАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХ МЕТОДИК

Показатель		Баллонная многоэлектродная биполярная абляция, n = 27	Спиральная многоэлектродная униполярная абляция, n = 21	Монополярная абляция электрофизио- логическим катетером, n = 6
Причина проведения РД		Рефрактерная АГ	Рефрактерная АГ	Рефрактерная АГ (n = 2), рефрактерные желудочковые тахи- аритмии (n = 4)
Возраст, годы		57,4 ± 11,7	49,2 ± 14,3	45,8 ± 10,9
Рост, см		166,4 ± 8,1	168,5 ± 7,2	166 ± 11,9
Масса тела, кг		90,6 ± 16,2	85,2 ± 14,3	82,7 ± 18,1
ИМТ		32,7 ± 4,9	30 ± 4,6	30,5 ± 9,1
Диаметр сосудистого интродьюсера в бедренной артерии		7F	6F	8,5F
Угол изгиба ПА в месте абляции		158 (Q1–152; Q3–165)	Не оценивался	Не оценивался
Количество точек радиочастотных воздействий		13,4 ± 5,5	22,3 ± 9,6	8,7 ± 2,1
Осложнения	Диссекция ПА	1	0	1
	Аневризма бедренной артерии	1	1	1
	Пульсирующая гематома	0	1	0
	Всего	2 (7,4 %)	2 (9,5 %)	2 (33,4 %)

Примечание: РД — ренальная денервация; АГ — артериальная гипертензия; ИМТ — индекс массы тела; ПА — почечные артерии.

ПА — 31,8 ± 11,6 мм, левой ПА — 34,1 ± 8,6 мм; диаметр правой ПА — 4,68 ± 0,5 мм, левой ПА — 4,73 ± 0,7 мм; угол наиболее выраженного изгиба сосуда — 158° (Q1–152; Q3–165). При выраженной извитости артерии проводилась абляция в наименее извитом участке.

Среднее количество точек РЧ абляции на одну артерию составило 6,44 ± 3,5 у одного пациента, среднее количество точек РЧ воздействий в двух ПА — 13,5 ± 5,5. Было выявлено, что количество точек абляции напрямую коррелирует с углом изгиба основного ствола ПА в месте нанесения РЧ воздействия — в артериях с прямым ходом сосуда было нанесено большее количество РЧ воздействий (коэффициент корреляции — 0,82). Так, при угле изгиба артерии более 150° среднее количество точек абляции было больше, а именно 7,18 ± 2,8, а при угле изгиба менее 150° — 5,38 ± 4,47, однако различия не достигли статистической значимости (p = 0,17).

В данной группе во время оперативного вмешательства были выявлены два осложнения со стороны ПА: один случай линейной диссекции, не потребовавшей хирургической коррекции; один локальный приустевой постабляционный стеноз в области из-

гиба ПА 85°, разрешившийся после селективного введения раствора нитроглицерина. При всех последующих вмешательствах операторы не проводили абляцию в средней части изгиба артерии > 70%.

Также в раннем послеоперационном периоде у одного пациента сформировалась ложная аневризма правой бедренной артерии, не потребовавшая хирургической коррекции.

Группа абляции почечных артерий спиральным катетером

Были проанализированы данные 20 пациентов из 21, поскольку в одном случае во время оперативного вмешательства при проведении селективной ангиографии были выявлены аневризма ствола правой ПА и фибромышечная дисплазия ствола левой ПА, после чего операция была прекращена.

Длина сосуда, в котором проводилась абляция, составляла от 4 до 20 мм, диаметр — от 3 до 8 мм. Среднее количество точек РЧ воздействий в двух ПА — 22,4 ± 9,6, из них 6,14 ± 8,2 в ветвях ПА.

При сравнении с группой баллонной абляции, применение спирального катетера было ассоциировано с большим средним количеством точек РЧ воздействий в ПА (22,3 ± 9,6 против 13,4 ± 5,5, p < 0,001).

Осложнения процедур абляции ПА спиральным катетером: выявлено три случая локального спазма дистальных ветвей ПА, разрешившихся в течение нескольких минут после селективного введения растворов нитроглицерина и верапамила. В одном случае у пациента отмечена ложная аневризма правой бедренной артерии, не потребовавшая хирургического вмешательства. В одном случае отмечено повреждение мелкой ветви правой бедренной артерии с формированием пульсирующей гематомы, что потребовало хирургической коррекции.

Группа абляции электрофизиологическим электродом

Четырем пациентам процедура денервации ПА была проведена в связи с наличием рефрактерных к медикаментозной терапии желудочковых тахикардий. Двоим пациентам — с целью коррекции АГ.

У 5 пациентов была выполнена билатеральная абляция ствола ПА, у одного пациента диаметр левой ПА был малым (3–4 мм) и выполнена денервация только правой ПА. Таким образом, среднее количество аппликаций в ПА составило $8,7 \pm 2,1$ против $13,5 \pm 5,5$ ($p = 0,04$) в группе баллонной абляции и $22,3 \pm 9,6$ ($p < 0,001$) в группе спиральной абляции.

В данной группе были выявлены следующие осложнения: у одного пациента развилась диссекция ствола ПА, было выполнено стентирование данного участка сосуда (рис. 4). Один случай развития ложной аневризмы правой бедренной артерии, разрешившейся консервативно.

Не было выявлено связи между количеством осложнений во всех группах и опытом операторов. Осложнения возникали у обоих операторов (1 против 2, $p > 0,05$), причем как в первых 27 процедурах, так и в последних 27 (1 против 2 осложнений; $p > 0,05$).

Обсуждение

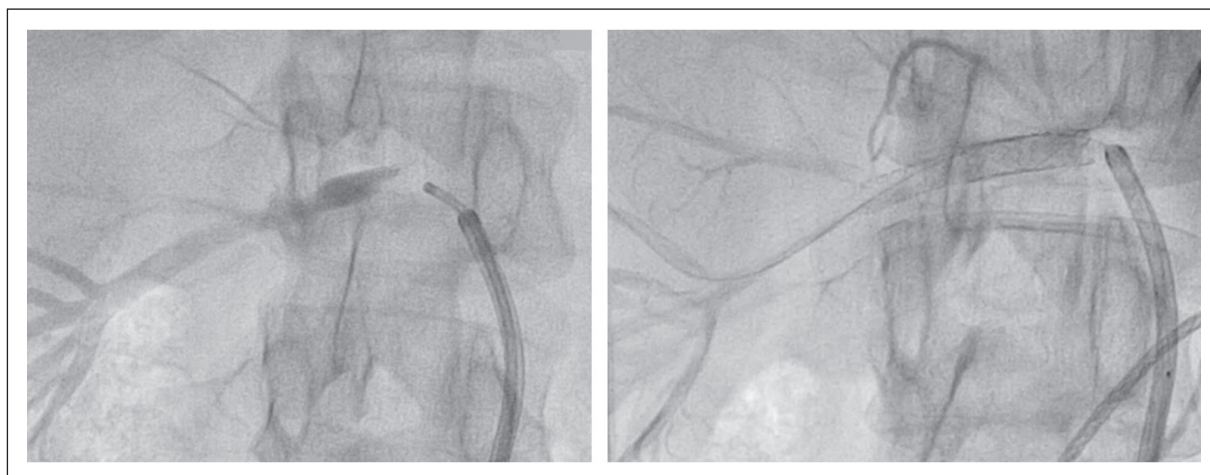
Связь анатомии почечных артерий и количества точек радиочастотных воздействий

Проведение РД с использованием различных технологий имеет свои особенности. Так, при баллонной абляции наиболее важным является оценка диаметра ПА для адекватного выбора размера баллона, а также позиционирование баллона с учетом изгибов артерии. К ограничениям данной технологии относятся следующие: минимальный диаметр ПА, в которой можно проводить абляцию — 4 мм; при значимом различии диаметра правой и левой артерии необходимо использовать баллоны разного диаметра, что значительно удорожает процедуру; невозможность, в большинстве случаев, проводить абляцию в дистальных ветвях ПА.

Использование электрофизиологического катетера имеет ограничение с точки зрения позиционирования в ПА, так как при бедренном доступе ход проксимальной части ПА зачастую направлен вниз. Манипуляции управляемым абляционным катетером при введении в устье ПА могут быть небезопасными, что и привело к диссекции ПА в одном случае.

Наиболее новой технологией является абляция ПА спиральным мягким катетером, который вводится в ПА по проводнику, что значительно снижает риск повреждения ПА. Выбор контактов для РЧ аппликации осуществляется на специальном генераторе. Использование более тонкого и гибкого абляционного электрода позволяет достигнуть дистальных сегментов ветвей ПА. Так, была выявлена статистически значимая разница нанесенных точек РЧ воздействия в группах спиральной и баллонной абляции. Подобная разница количества нанесенных РЧ воздействий обусловлена разницей технологий, используемых при денервации ПА.

Рисунок 4. Левая панель — диссекция проксимального участка почечной артерии после абляции электрофизиологическим катетером. Правая панель — в область диссекции установлен ренальный сосудистый стент



В недавних работах с гистологическим исследованием показано, что наиболее высокая концентрация симпатических нервов наблюдается вокруг стенок дистальных разветвлений ПА. Теоретически, проведение более дистальной абляции (в просвете более мелких артерий почки) должно приводить к более выраженному эффекту снижения симпатической нервной активности [7, 8]. Так, система денервации с использованием спирального типа электрода имеет существенное преимущество в применении.

Безопасность

Так, большая часть осложнений (4 из 6) связана с доступом к бедренной артерии, что может быть связано с диаметром интродьюсера, позиционируемого в бедренную артерию (6–8,5 F). Известно, что использование трансрадиального сосудистого доступа при чрескожных вмешательствах связано с уменьшением осложнений в местах пункции [9]. Однако диаметр и строение катетера системы РД позволяет использовать его только через нижний (бедренный) доступ.

Все процедуры РД были выполнены двумя операторами, у которых не было предшествующего опыта выполнения именно этой процедуры. При этом опыт выполнения чрессосудистых вмешательств у обоих операторов достаточно большой: у одного — 14 лет, у второго — 4 года. Поскольку большинство осложнений отмечалось в местах доступа к бедренной артерии, мы считаем, что влияние опыта выполнения сосудистого доступа было минимальным, причем формирование ложных аневризм бедренной артерии является неспецифическим для данной процедуры, подобные осложнения характерны для всех вмешательств через бедренную артерию [10].

Спазмы, отек сосудистой стенки и тромбозы ПА при абляции были описаны ранее при применении систем РД предыдущих поколений [11]. В экспериментальном исследовании на свиньях было показано, что через 6 месяцев после проведения РД не было выявлено значимых стенозов ПА, гиперплазии гладкомышечного слоя и тромбоза [12]. Также имеются экспериментальные данные, что денервация ПА с использованием орошаемого типа электрода значительно снижает повреждение интимы артерии, но в то же время наблюдается тенденция к снижению повреждения нервных волокон [13]. Однако в нашем исследовании диссекции были выявлены как в группе орошаемой абляции (с использованием электрофизиологического электрода), так и в группе, где абляция выполнялась без орошения (с использованием баллонной технологии).

В исследовании The Reduce HTN: Reinforce было выявлено одно осложнение в проведенной 51 процедуре с применением баллонной системы де-

нервации, связанное с травмой сосудов: развитие стеноза ПА и его прогрессирование от 40 до 85 % через 7 месяцев после вмешательства. Еще два осложнения были связаны с нарастанием почечной недостаточности [14].

Отсутствие повреждений сосудистой стенки ПА в группе с использованием технологии спиральной абляции может быть по причине менее жесткого контакта электрод-ткань, так как при нанесении РЧ воздействия кровотока в артерии не прекращается, и перегрева интимы сосуда не происходит, как при использовании баллонного типа катетера, где просвет ПА полностью перекрывается [15].

Ограничения исследования

Данное исследование является одноцентровым, включение пациентов было последовательным, и попадание в группы зависело от наличия технологий в клинике. К ограничениям исследования относятся и относительно небольшой объем выборки, неоднородные группы пациентов. В данной работе не проводился анализ клинических результатов РД, целью исследования являлся анализ внутриоперационных особенностей технологий и их безопасности.

Заключение

Полученные результаты демонстрируют возможности применения различных систем для денервации ПА. Показано, что применение спирального типа катетера предоставляет больше возможностей для проведения более расширенной денервации сегментов артерии. При использовании баллонной РЧ денервации необходима оценка углов изгиба артерии перед инфляцией баллона.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Финансирование / Funding

Грант Министерства образования и науки Российской Федерации МК-2330.2020.7. / This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation МК-2330.2020.7.

Список литературы / References

- Оганов Р.Г., Тимофеева Т.Н., Колтунов И.Е., Константинов В.В., Баланова Ю.А., Капустина А.В. и др. Эпидемиология артериальной гипертензии в России. Результаты федерального мониторинга 2003–2010 гг. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011;10(1):9–13. [Oganov RG, Timofeeva TN, Koltunov IE, Konstantinov VV, Balanova YA, Kapustina AV et al. Arterial hypertension epidemiology in Russia. The results of 2003–2010 federal monitoring. Cardiovasc Ther Prev. 2011;10(1):9–13. In Russian].

2. Smithwick RH, Thompson JE. Splanchnicectomy for essential hypertension: results in 1,266 cases. *J Am Med Assoc.* 1953;152(16):1501–1504.
3. Vander MA, Fedotov PA, Lyubimtseva TA, Bortsova MA, Sitnikova MY, Lebedev DS et al. Renal artery denervation suppresses intractable ventricular arrhythmia in patients with left heart thrombosis. *J Geriatr Cardiol.* 2017;14(9):587–589.
4. Steinberg JS, Shabanov V, Ponomarev D, Losik D, Ivanickiy E, Kropotkin E et al. Effect of renal denervation and catheter ablation vs catheter ablation alone on atrial fibrillation recurrence among patients with paroxysmal atrial fibrillation and hypertension: The ERADICATE-AF Randomized Clinical Trial. *J Am Med Assoc.* 2020;323(3):248–255.
5. Bradfield JS, Hayase J, Liu K, Moriarty J, Kee ST, Do D et al. Renal denervation as an adjunctive therapy to cardiac sympathetic denervation for ablation refractory ventricular tachycardia. *Heart Rhythm.* 2020;17(2):220–227.
6. Зюбанова И. В., Мордовин В. Ф., Пекарский С. Е., Рипп Т. М., Фальковская А. Ю., Личикаки В. А. и др. Возможные механизмы отдаленных кардиальных эффектов ренальной денервации. Артериальная гипертензия. 2019;25(4):423–432. doi:10.18705/1607-419X-2019-25-4-423-432. [Zyubanova IV, Mordovin VF, Pekarskiy SE, Ripp TM, Falkovskaya AY, Lichikaki VA et al. Possible mechanisms of renal denervation long-term cardiac effects. *Arterial Hypertension = Arterial'naya Gipertenziya.* 2019;25(4):423–432. doi:10.18705/1607-419X-2019-25-4-423-432. In Russian].
7. Иванов К. Е., Митрофанова Л. Б., Гарькина С. В., Михайлов Е. Н., Лебедев Д. С. Нервные волокна и ганглии почечных артерий у человека: гистологическая характеристика. Артериальная гипертензия. 2018;24(5):515–520. doi:10.18705/1607-419X-2018-24-5-515-520. [Ivanov KE, Mitrofanova LB, Garkina SV, Mikhaylov EN, Lebedev DS. Histological characteristics of human renal artery nerves and neural ganglia. *Arterial Hypertension = Arterial'naya Gipertenziya.* 2018;24(5):515–520. doi:10.18705/1607-419X-2018-24-5-515-520. In Russian].
8. Pekarskiy SE, Baev AE, Mordovin VF, Semke GV, Ripp TM, Falkovskaya AU et al. Denervation of the distal renal arterial branches vs. conventional main renal artery treatment: a randomized controlled trial for treatment of resistant hypertension. *J Hypertens.* 2017;35(2):369–375.
9. Hamon M, Pristipino C, Di Mario C, Nolan J, Ludwig J, Tubaro M et al. Consensus document on the radial approach in percutaneous cardiovascular interventions: position paper by the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions and Working Groups on Acute Cardiac Care and Thrombosis of the European Society of Cardiology. *EuroIntervention.* 2013;8(11):1242–1251.
10. Schahab N, Kavsar R, Mahn T, Schaefer C, Kania A, Fimmers R et al. Endovascular management of femoral access-site and access-related vascular complications following percutaneous coronary interventions. *PLoS ONE.* 2020;15(3):e0230535.
11. Templin C, Jaguszewski M, Ghadri JR, Sudano I, Gaehwiler R, Hellermann JP et al. Vascular lesions induced by renal nerve ablation as assessed by optical coherence tomography: pre- and post-procedural comparison with the Simplicity catheter system and the EnligHTN multi-electrode renal denervation catheter. *Eur Heart J.* 2013;34(28):2141–2148b.
12. Rippy MK, Zarins D, Barman NC, Wu A, Duncan KL, Zarins CK. Catheter-based renal sympathetic denervation: chronic preclinical evidence for renal artery safety. *Clin Res Cardiol.* 2011;100(12):1095–1101.
13. Sakakura K, Ladich E, Fuimaono K, Grunewald D, O'Fallon P, Spognardi AM, et al. Comparison of renal artery, soft tissue, and nerve damage after irrigated versus nonirrigated radiofrequency ablation. *Circ Cardiovasc Interv.* 2014;8(1):e001720.
14. Weber MA, Kirtane AJ, Weir MR, Radhakrishnan J, Das T, Berk M et al. The REDUCE HTN: REINFORCE: Randomized, sham-controlled trial of bipolar radiofrequency renal denervation for the treatment of hypertension. *JACC Cardiovasc Interv.* 2020;13(4):461–470.
15. Guo X, Zhai F, Nan Q. The temperature field simulation of radiofrequency catheter-based renal sympathetic denervation for resistant hypertension. *Biomed Mater Eng.* 2014;24(1):315–321.

Информация об авторах

Вахрушев Александр Дмитриевич — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории нейромодуляции научно-исследовательского отдела аритмологии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России; e-mail: advakhrushev@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0116-7753

Емельянов Игорь Витальевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела артериальной гипертензии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России; e-mail: iemelyanov@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-3176-0606

Лебедев Дмитрий Сергеевич — доктор медицинских наук, профессор РАН, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела аритмологии, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России; e-mail: lebedevdmity@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2334-1663

Алиева Асият Сайгидовна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эпидемиологии неинфекционных заболеваний ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России; e-mail: asiya.alieva.s@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9845-331X

Михайлов Евгений Николаевич — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории нейромодуляции научно-исследовательского отдела аритмологии, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России; e-mail: evgenymikhaylov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6553-9141

Author information

Aleksandr D. Vakhrushev, MD, Neuromodulation Laboratory, Almazov National Medical Research Centre; e-mail: advakhrushev@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0116-7753

Igor V. Emelyanov, MD, PhD, Senior Researcher, Department of Hypertension, Almazov National Medical Research Centre; e-mail: iemelyanov@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-3176-0606

Dmitry S. Lebedev, MD, PhD, Professor, Head, Arrhythmia Department, Professor, Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre; e-mail: lebedevdmity@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2334-1663

Asiyat S. Alieva, MD, PhD, Researcher, Department of Non-Infective Disease Epidemiology, Almazov National Medical Research Centre; e-mail: asiya.alieva.s@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9845-331X

Evgeny N. Mikhaylov, MD, PhD, Head, Neuromodulation Laboratory, Professor, Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre; e-mail: evgenymikhaylov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6553-9141