

## Эндоваскулярное лечение пациентов с резидуальной хронической тромбоэмболической легочной гипертензией после операции легочной тромбэндартерэктомии с использованием системы денервации Symplicity

Руденко Б. А.<sup>1</sup>, Фещенко Д. А.<sup>1</sup>, Шаноян А. С.<sup>1</sup>, Драпкина О. М.<sup>1</sup>, Гаврилова Н. Е.<sup>1</sup>, Береговская С. А.<sup>1</sup>, Ахадова А. Ш.<sup>1</sup>, Шукуров Ф. Б.<sup>1</sup>, Власов В. Ю.<sup>1</sup>, Жаворонкова Е. А.<sup>1</sup>, Бойцов С. А.<sup>2</sup>, Дземешкевич С. Л.<sup>3</sup>, Колтунов А. Н.<sup>4</sup>, Едемский А. Г.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины Минздрава России. Москва; <sup>2</sup>ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии Минздрава России. Москва; <sup>3</sup>ФГБНУ Российский научный центр хирургии им. Б. В. Петровского. Москва; <sup>4</sup>ФГБУ 3 Центральный клинический военный госпиталь им. А. А. Вишневого Министерства обороны Российской Федерации. Красногорск, Московская область; <sup>5</sup>ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина Минздрава России. Новосибирск, Россия

**Цель.** Изучить безопасность и эффективность радиочастотной денервации легочной артерии (ЛА) с помощью системы Symplicity у пациентов с резидуальной легочной гипертензией (ЛГ) после операции тромбэндартерэктомии из ЛА.

**Материал и методы.** В исследование были включены 12 пациентов с признаками остаточной ЛГ (по данным эхокардиографии среднее давление в ЛА  $\geq 25$  мм рт.ст.), перенесших оперативное лечение (тромбэндартерэктомию) по поводу хронической тромбоэмболической ЛГ. Средний временной интервал между установлением диагноза ЛГ и проведением легочной денервации составлял 8,5 лет. После катетеризации правых отделов сердца и тензиометрии в малом круге кровообращения выполнена точечная циркулярная радиочастотная денервация правой и левой ЛА в области их устьев с помощью абляционного катетера системы Symplicity. Успех процедуры определялся по снижению среднего давления в ЛА  $>10$  мм рт.ст., отсутствию осложнений, увеличению толерантности к физическим нагрузкам непосредственно после процедуры и в отдаленном периоде — через 12 мес.

**Результаты.** В отдаленном периоде после вмешательства отмечалось достоверное снижение среднего давления в ЛА с  $58 \pm 6$  до  $33 \pm 4$  мм рт.ст. ( $p < 0,01$ ), легочного сосудистого сопротивления с  $8,6 \pm 2,1$  до  $3,2 \pm 1,4$  мм рт.ст. ( $p < 0,01$ ) и повышение толерантности к физическим нагрузкам — увеличение дистанции с  $321 \pm 19$  м

до  $487 \pm 29$  м ( $p < 0,01$ ). За период наблюдения 1 пациент умер через 8 мес. после включения в исследование вследствие тяжелого желудочно-кишечного кровотечения. У остальных пациентов отсутствовали неблагоприятные события, незапланированные госпитализации. 9 пациентов отметили значительное улучшение общего самочувствия, уменьшение одышки и слабости, у 3 пациентов был отменен прием силденафила. Осложнений (смерть, аритмии, перфорации ЛА, острый тромбоз ЛА или в месте доступа, кровотечения) при выполнении радиочастотной абляции ЛА не отмечено.

**Заключение.** Использование системы Symplicity при денервации ЛА безопасно и эффективно. Необходимы дальнейшие рандомизированные исследования для подтверждения клинической пользы этих процедур у пациентов с ЛГ.

**Ключевые слова:** легочная гипертензия, тромбоэмболия легочных артерий, радиочастотная абляция легочных артерий, система денервации Symplicity.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2018; 17(2): 43–48  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-43-48>

Поступила 26/11-2017

Принята к публикации 16/03-2018

### Endovascular treatment of the residual thromboembolic pulmonary hypertension after pulmonary thrombendarterectomy with the denervation system Symplicity

Rudenko B. A.<sup>1</sup>, Feshchenko D. A.<sup>1</sup>, Shanoian A. S.<sup>1</sup>, Drapkina O. M.<sup>1</sup>, Gavrilova N. E.<sup>1</sup>, Beregovskaya S. A.<sup>1</sup>, Akhadova A. Sh.<sup>1</sup>, Shukurov F. B.<sup>1</sup>, Vlasov V. Yu.<sup>1</sup>, Zhavoronkova E. A.<sup>1</sup>, Boytsov S. A.<sup>2</sup>, Dzemeshkevich S. L.<sup>3</sup>, Koltunov A. N.<sup>4</sup>, Edemsky A. G.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>National Research Center for Preventive Medicine of the Ministry of Health. Moscow; <sup>2</sup>FSBI National Medical Research Center of Cardiology of the Ministry of Health. Moscow; <sup>3</sup>V. B. Petrovskiy Russian National Research Center of Surgery. Moscow; <sup>4</sup>FSBI Third Central Clinical Military Hospital n.a. Vishnevsky A. A. of the Ministry of Defense. Krasnogorsk, Moscow Oblast; <sup>5</sup>E. N. Meshalkin Novosibirsk Scientific-Research Institute of Circulation Pathology. Novosibirsk, Russia

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (985) 330-38-33

e-mail: dfeshenko@gnicpm.ru

[Руденко Б. А. — д.м.н., в.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, Фещенко Д. А.\* — врач рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, зав. операционным блоком, Шаноян А. С. — к.м.н., зав. отделением рентгенинтервенционных методов диагностики и лечения, Драпкина О. М. — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, директор, Гаврилова Н. Е. — д.м.н., главный врач, Береговская С. А. — зав. первым кардиологическим отделением, Ахадова А. Ш. — врач-кардиолог первого кардиологического отделения, Шукуров Ф. Б. — врач рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, Власов В. Ю. — м.н.с., врач рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, Жаворонкова Е. А. — врач ультразвуковой диагностики, Бойцов С. А. — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, генеральный директор, Дземешкевич С. Л. — д.м.н., профессор, зав. отделением хирургического лечения дисфункций миокарда и сердечной недостаточности, Колтунов А. Н. — к.м.н., и/о зав. отделением хирургического лечения приобретенных и врожденных пороков сердца, Едемский А. Г. — врач сердечно-сосудистый хирург центра хирургии аорты и коронарных артерий].

**Aim.** To assess the safety and efficacy of radiofrequency denervation of pulmonary artery (PA) with the Simplicity system in patients with residual pulmonary hypertension (PH) after the thromboendarterectomy surgery.

**Material and methods.** To the study, 12 patients included, with the signs of residual PH (by echocardiography data, mean PH pressure  $\geq 25$  mmHg), who had undergone surgery (thromboendarterectomy) for chronic thromboembolic PH. Mean time interval between the diagnosis of PH and pulmonary denervation was 8,5 years. After catheterization of the right chambers of the heart and tensiometry in small circle circulation, the spot circular radiofrequency denervation performed of the right and left PH at the area of ostia, with ablation catheter Simplicity. The success was defined by decrease of mean PA pressure  $>10$  mmHg, absence of complications, exercise tolerance increase after the procedure immediately and in 12 months.

**Results.** At long term period after the intervention there was significant decrease of mean PA pressure from  $58 \pm 6$  to  $33 \pm 4$  mmHg ( $p < 0,01$ ), of pulmonary vascular pressure from  $8,6 \pm 2,1$  to  $3,2 \pm 1,4$  mmHg ( $p < 0,01$ )

and increase of exercise tolerance from  $321 \pm 19$  m to  $487 \pm 29$  m ( $p < 0,01$ ). During the follow up period, 1 patient died in 8 months after inclusion due to severe gastrointestinal bleeding. The rest did not present with adverse events or non-planned hospitalizations. Nine patients noted significant improvement of general health, decrease of dyspnea and fatigue, 3 patients had discontinued sildenafil. There were no complications at PA radiofrequency ablation procedure (death, arrhythmias, PA perforation, acute PA thrombosis in the place of access, bleeding).

**Conclusion.** Utilization of the Simplicity system in PA denervation is safe and effective. Further randomized studies in need to confirm clinical benefits from the procedures in PH patients.

**Key words:** pulmonary hypertension, pulmonary thromboembolism, radiofrequency ablation of pulmonary arteries, denervation system Simplicity.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2018; 17(2): 43–48

<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-43-48>

дДЛА — диастолическое давление в легочной артерии, ДЗЛА — давление заклинивания легочной артерии, ДЛА — давление в легочной артерии, ИЛГ — идиопатическая легочная гипертензия, ЛА — легочная артерия, ЛГ — легочная гипертензия, ЛСС — легочное сосудистое сопротивление, СВ — сердечный выброс, сДЛА — систолическое давление в легочной артерии, срДЛА — среднее давление в легочной артерии, ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ХТЛГ — хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, ЭхоКГ — эхокардиография.

## Введение

Тромбоэмболия легочной артерии (ЛА) и обструкция крупных ветвей ЛА характеризуются высокой летальностью и плохим отдаленным прогнозом [1]. Одним из негативных последствий острой и хронической тромбоэмболии является развитие легочной гипертензии (ЛГ). Для большинства пациентов выполнение операции тромбэндартерэктомии позволяет улучшить как качество жизни, так и прогноз. Однако остается нерешенным вопрос о протективном влиянии тромбэндартерэктомии на прогрессирование ЛГ в отдаленном периоде. При длительном течении тяжелая ЛГ приводит к возникновению хронической сердечной недостаточности (ХСН) и образованию локальных тромбов в непораженных ветвях ЛА.

В 80-х годах была продемонстрирована [2, 3] эффективность хирургической денервации ЛА и химической симпатэктомии в снижении легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) и среднего давления в легочной артерии (срДЛА), вызванных растяжением легочного ствола в результате баллонной дилатации. Полученные результаты этих экспериментов, а также бурное развитие ренальной денервации в лечении резистентной артериальной гипертензии [4, 5], подвигли ученых к использованию методики радиочастотной абляции ЛА с целью снижения давления в сосудах малого круга кровообращения. С 2012г началось активное изучение этого метода в рамках клинических исследований не только на физиологических моделях ЛГ у животных [6, 7], но и в лечении идиопатической легочной гипертензии (ИЛГ) у людей [8]. Авторы первого исследования I фазы, в котором впервые была применена радиочастотная абляция ЛА у человека,

использовали специально разработанный циркулярный абляционный катетер [8].

Целью представленного исследования является оценка эффективности и безопасности применения широко известной системы денервации Symplicity в снижении давления в ЛА (ДЛА) у пациентов с резидуальной формой хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (ХТЛГ) после хирургического лечения.

## Материал и методы

В исследование были включены 12 пациентов с признаками резидуальной ЛГ по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) СрДЛА  $\geq 25$  мм рт.ст., перенесших оперативное лечение (тромбэндартерэктомию) по поводу ХТЛГ. Набор пациентов проводился в течение 2015–2016гг. До выполнения легочной денервации пациенты получали терапию антикоагулянтами (варфарином), диуретиками (гидрохлортиазид в дозе 25 мг/сут.), блокаторами кальциевых каналов (амлодипин в дозе 5–10 мг/сут.), ингибиторами фосфодиэстеразы 5 типа (сildenafil суммарно 60 мг/сут.) и дигоксином (0,125 мг/сут.). У всех пациентов отмечена одышка, утомляемость, периферические отеки. Средний временной интервал между установлением диагноза ЛГ и проведением легочной денервации составил 8,5 лет (таблица 1). Все пациенты дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Протокол обследования пациентов включал в себя тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) для оценки функционального статуса, ЭхоКГ, ангиопульмонографию, а также катетеризацию правых отделов сердца с тензиометрией в малом круге кровообращения. Согласно протоколу исследования, результаты этих диагностических методов оценивались до эндоваскулярного лечения (легочной денервации) и в отдаленном периоде (через 12 мес.). В качестве аппарата для проведения ЭхоКГ использовали систему GE VIVID 7 system (General Electric Co), все измере-

Таблица 1

Основные клинические характеристики пациентов

	n=12
Возраст, лет	52±25
Мужчины, n (%)	7 (58,3)
Время от постановки диагноза до легочной денервации, лет	8,5±2,4
Симптомы, n (%)	
Потеря сознания	1 (8,3)
Усталость	12 (100)
Боль в грудной клетке	2 (16,7)
Слабость	12 (100)
Периферические отеки	12 (100)
Медикаментозная терапия, n (%)	
Блокаторы кальциевых каналов	7 (58,3)
Силденафил	8 (66,7)
Диуретики	12 (100)
Дигоксин	4 (33,3)
Антикоагулянты	12 (100)
Кислородотерапия	2 (16,7)
Функциональный класс ЛГ, n (%)	
I	0 (0)
II	2 (16,7)
III	8 (66,7)
IV	2 (16,7)



Рис. 1 Ангиопульмонография.



Рис. 2 Система Symplicity.

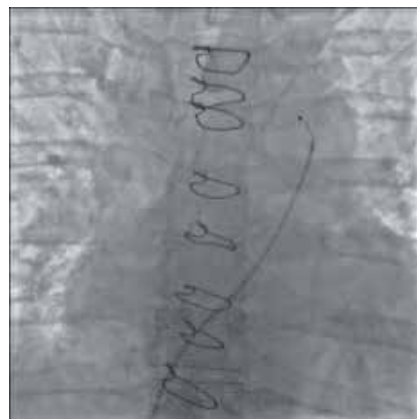


Рис. 3 Положение концевой части абляционного катетера.

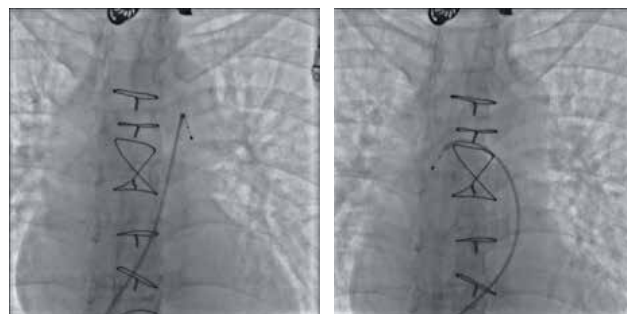


Рис. 4 Радиочастотная абляция левой и правой ЛА.

ния проводили в соответствии с рекомендациями Американского эхокардиографического общества [9]. Катетеризация правых отделов сердца выполнялась через бедренный или югулярный доступ в зависимости от наличия или отсутствия ранее имплантированного кава-фильтра.

#### Процедура. Легочная денервация

После обеспечения доступа к вене (бедренной или внутренней яремной) по методу Селдингера с помощью 6F интродьюсеров первым этапом выполнялась катетеризация правых отделов сердца, тензометрия в малом круге кровообращения с использованием катетера Сван-Ганца. Для оценки инвазивных параметров гемодинамики проводились измерения систолического, диастолического, среднего давления в правом предсердии, правом желудочке, в легочной артерии (сДЛА, лДЛА, срДЛА), давления заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), сердечного выброса (СВ) методом термодилуции, ЛСС (по формуле  $LCC = (срДЛА - ДЗЛА) / СВ$ ). Вторым этапом для подтвер-

ждения тромбоэмболического генеза ЛГ, а также точной визуализации области бифуркации легочного ствола и измерения диаметра ЛА с помощью диагностического катетера pig-tail выполняли ангиопульмонографию (рисунок 1).

Третий этап включал в себя проведение радиочастотной абляции устьев правой и левой ЛА (отступая 2 мм от бифуркации легочного ствола) с помощью абляционного катетера системы денервации Symplicity, доставленного на направляющем катетере JR4 (рисунок 2). Для обеспечения плотного контакта электрода катетера с эндотелием направляющий катетер слегка подтягивали на себя, что приводило к высвобождению концевой управляемой части абляционного катетера Symplicity, далее ей с помощью переключателя на ручке придавался необходимый угол наклона (рисунок 3, 4).

Генератор Symplicity снабжен системой непрерывного мониторинга с автоматическим прекращением воздей-

Таблица 2

## Отдаленные результаты эндоваскулярного лечения

	До вмешательства	Через 12 мес.	p
сДЛА, мм рт.ст.	65±12	49±11	<0,01
срДЛА, мм рт.ст.	48±10	31±6	<0,01
ЛСС, ед. Вуда	8,6±2,1	3,2±1,4	<0,01
ТШХ, м	251±81	387±51	<0,01

ствия в случае резкого падения импеданса или повышения температуры, что происходит при потере контакта со стенкой. После радиочастотной аппликации кончик катетера выпрямляется. Для выполнения следующей аппликации кончик катетера перемещался под флюороскопическим контролем на расстоянии 1–2 мм от первоначального положения с помощью поворотов ручки по или против часовой стрелки. В среднем выполняется по 7–10 аппликаций в устье каждой ЛА.

На протяжении всего вмешательства проводился непрерывный мониторинг электрической активности сердца и системного артериального давления. Успех процедуры определялся по снижению срДЛА >10 мм рт.ст. и отсутствию осложнений. Пациентов наблюдали в блоке интенсивной терапии ≥12 ч после процедуры.

**Конечные точки исследования**

Первичные конечные точки: повышение толерантности к переносимым нагрузкам по данным ТШХ, снижение сДЛА и срДЛА, ЛСС (по результатам катетеризации правых отделов сердца) через 12 мес.

Вторичные конечные точки: оценка безопасности проводимого лечения — возникновение неблагоприятных событий — смерть от всех причин, перфорация ЛА, тромботические осложнения и кровотечения.

**Статистический анализ**

Для статистической обработки полученных результатов использовались непараметрические критерии. Результаты непрерывных переменных представлены в виде средних значений (±стандартное отклонение). Для проведения анализа статистической значимости различий непрерывных переменных использовали t-критерий Стьюдента, категориальных переменных — точный критерий Фишера. Различия между значениями сравниваемых параметров расценивались как статистически значимые при достижении уровня статистической значимости ( $p$ ) <0,05 ( $p$ <0,05). Все анализы проводили с помощью статистической программы SPSS версии 20.0 для Windows (SPSS Institute, Чикаго, Иллинойс).

**Результаты**

У всех пациентов процедура радиочастотной абляции ЛА прошла успешно с достижением необходимого критерия эффективности — снижение срДЛА >10 мм рт.ст. После 12 мес. наблюдения все пациенты подверглись катетеризации правых камер сердца с тензиометрией, ЭхоКГ, оценке ТШХ. В отдаленном периоде после вмешательства отмечалось достоверное снижение срДЛА с 48±10 до 31±6 мм рт.ст. ( $p$ <0,01), ЛСС с 8,6±2,1 до 3,2±1,4 мм рт.ст. ( $p$ <0,01) и повышение толерантности к физическим нагрузкам — увеличение

дистанции с 251±81 м до 387±51 м ( $p$ <0,01) (таблица 2). За период наблюдения 1 пациент умер через 8 мес. после включения в исследование вследствие тяжелого желудочно-кишечного кровотечения. У остальных пациентов отсутствовали неблагоприятные события, незапланированные госпитализации. 9 пациентов отметили значительное улучшение общего самочувствия, уменьшение одышки и слабости, у 3 пациентов был отменен прием силденафила. Осложнений — смерть, аритмии, перфорации ЛА, острый тромбоз ЛА или в месте доступа, кровотечения, при проведении радиочастотной абляции ЛА не отмечено. Все пациенты наблюдались в отделении интенсивной терапии ≥12 ч, и были выписаны из больницы через 2 сут.

**Обсуждение**

Тромбэндартерэктомия из ЛА является “золотым стандартом” лечения пациентов с ХТЛГ. Однако в более половине случаев после успешно проведенного оперативного вмешательства у пациентов сохраняется резидуальная ЛГ. Считается, что стойкое повышение давления в системе ЛА и ЛСС обусловлено эмболией в дистальное русло, не доступное для имеющихся хирургических и эндоваскулярных методов (баллонная ангиопластика). Наличие резидуальной ЛГ ассоциировано с плохим отдаленным прогнозом вследствие недостаточной эффективности медикаментозной терапии и быстро прогрессирующей ХСН.

Дистальная эмболия в легочное русло приводит к возникновению реактивной вазоконстрикции прекапиллярных артериол в непораженных участках посредством активации симпатической нервной системы. Длительно существующая ишемия способствует поддержанию патологической стимулирующей активности симпатической нервной системы, нервные волокна и вегетативные ганглии которой концентрируются в области бифуркации легочного ствола [10, 11]. Воздействие на область расположения этих вегетативных ганглиев приводит к денервации ЛА, снижению активности симпатического влияния, и, как следствие, к снижению уровня ДЛА, ЛСС.

Впервые радиочастотное воздействие стали исследовать на экспериментальной модели ЛГ у животных [6]. При раздувании баллона в одной из крупных ЛА возникало повышение срДЛА



и ЛСС с достижением пиковых значений на 5 мин эксперимента. После проведения радиочастотной абляции области бифуркации легочного ствола отмечалась нормализация гемодинамических параметров.

В 2013г были опубликованы первые результаты 1 фазы исследования PADN-1 (First-in-man pulmonary artery denervation for treatment of pulmonary artery hypertension), в котором оценивалась эффективность и безопасность радиочастотной абляции ЛА у пациентов, страдающих ИЛГ [8]. В исследование включен 21 пациент, у которых проведение комплексной специфической терапии было неэффективным: 13 пациентов подверглись операции; 8 — отказались от операции, но продолжили прием ранее назначенной терапии и вошли в группу контроля. В качестве первичных конечных точек оценивались гемодинамические (срДЛА) и клинические параметры (уровень толерантности к физическим нагрузкам, определяемые с помощью ТШХ). Для выполнения легочной денервации использовался специально разработанный для этого исследования 7,5F абляционный циркулярный катетер с 10 электродами на конце по типу *lasso*, обеспечивающий максимально плотный контакт электродов с сосудистой стенкой. Согласно протоколу исследования, необходимо было осуществить 3 аппликации: в дистальной части бифуркации основного ствола ЛА, а также в области устьев левой и правой ЛА. По данным ЭхоКГ через 3 мес. в контрольной группе каких-либо различий в сравнении с исходными показателями не отмечалось, тогда как в исследуемой группе наблюдалось снижение ДЛА, как сДЛА, так и срДЛА; уменьшение симптомов ХСН; повышение результатов ТШХ. За время процедуры ни одного осложнения не было зарегистрировано.

В течение последующих 2 лет продолжилась 2 фаза исследования PADN-1 [12]. В общей сложности были включены 66 пациентов, при этом помимо пациентов с ИЛГ (n=20) денервации ЛА подверглись пациенты, страдающие ЛГ вследствие заболеваний соединительной ткани (n=11); врожденных пороков сердца, подвергшихся хирургической коррекции (n=8); ХТЛГ после тромбэндартерэктомии (n=9); дисфункции левого желудочка с сопутствующим высоким ЛСС (n=18). Основной задачей 2 фазы исследования было продемонстрировать отдаленные результаты эффективности и безопасности нового метода лечения. Полученные данные соотносились с результатами 1 фазы исследования. Новый метод подтвердил свою эффективность и безопасность.

В ходе исследования обнаружили, что основное снижение гемодинамических параметров наблюдалось в течение первых 6 мес., последующие 6 мес. ознаменовались стабилизацией показателей. Это

косвенно может свидетельствовать о положительном влиянии денервации на ремоделирование сосудистой стенки.

Система ренальной денервации Symplicity используется для лечения резистентной артериальной гипертензии в течение многих лет. Она включает в себя автоматизированный радиочастотный генератор и управляемый 6F катетер с концевым электродом. В генераторе имеются встроенные алгоритмы непрерывного мониторинга параметров абляции, в случае резкого падения сопротивления или повышения температуры происходит автоматическое прекращение воздействия. Это позволяет свести к минимуму риск перфорации артерии. До сих пор в зарубежной и отечественной литературе нет сведений о возникновении подобного осложнения.

В нескольких исследованиях, включая рандомизированные, клинические исследования, была продемонстрирована клиническая эффективность радиочастотной абляции почечных артерий [4, 13, 14]. Выявленное значимое снижение артериального давления позволило уменьшить потребность в назначении высоких доз препаратов, а в некоторых случаях полностью отказаться от комбинированной терапии. Несмотря на противоречивые результаты в отношении клинической эффективности ренальной денервации, рандомизированное клиническое исследование Symplicity III подтвердило клиническую безопасность процедуры [5]. Частота осложнений не различалась между основной и контрольной группами с симуляцией процедуры (*sham-procedure*).

Схожие анатомические характеристики почечных и ЛА позволяют использовать систему Symplicity для радиочастотной абляции ЛА. Существенным преимуществом абляционного катетера системы Symplicity является наличие механизма вращения и управления кончиком катетера. Это дает возможность согнуть кончик катетера под острым углом и обеспечить плотный контакт с сосудистой стенкой. Вращая ручку катетера, проводится циркулярное радиочастотное воздействие с шагом 2 мм правой и левой ЛА на расстоянии 1-2 мм дистальнее их устьев. В среднем хирург выполняет по 7-10 точечных абляций в каждой артерии.

Полученные результаты исследований (2013г, 2015г), а также представленного исследования, в котором впервые была использована система денервации Symplicity, доказали, что радиочастотная абляция ЛА может по праву считаться достойной альтернативой медикаментозному лечению пациентов с резидуальной ЛГ. В то же время фармакологический рынок претерпевает бурное развитие, в последнее время разработаны новые лекарственные средства с различными механизмами влияния для лечения ЛГ [1, 15]. Однако долгосрочные

эффекты многих лекарственных препаратов остаются неясными. Стоит упомянуть и о потенциальных ограничениях долгосрочной лекарственной терапии: в первую очередь, высокая стоимость — ежегодный курс Риоцигуата составляет 1500 тыс. рублей в год, и серьезные побочные эффекты.

## Литература

1. Galiè N, Hoeper M, Humbert M, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology and of the European Respiratory Society. *Eur Heart J* 2016; 37: 67-119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317.
2. Juratsch CE, Jengo JA, Castagna J, et al. Experimental pulmonary hypertension produced by surgical and chemical denervation of the pulmonary vasculature. *Chest* 1980; 77: 525-30.
3. Laks MM, Juratsch CE, Garner D, et al. Acute pulmonary artery hypertension produced by distention of the main pulmonary artery in the conscious dog. *Chest* 1975; 68: 807-13.
4. Esler MD, Krum H, Sobotka PA, et al. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (the Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial. *Lancet* 2010; 376:1903-9. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)62039-9.
5. Bhatt DL, Kandzari DE, O'Neill WW, et al. A controlled trial of renal denervation for resistant hypertension. *N Engl J Med*. 2014; 370: 1393-401. DOI: 10.1056/NEJMoa1402670.
6. Chen SL, Zhang YJ, Zhou L, et al. Percutaneous pulmonary artery denervation completely abolishes experimental pulmonary arterial hypertension in vivo. *EuroIntervention* 2013; 22; 9 (2): 269-76. DOI: 10.4244/EIJV9I2A43.
7. Rothman A, Arnold N, Chang W, et al. Pulmonary artery denervation reduced pulmonary artery pressure and induces histological changes in an acute porcine model of pulmonary hypertension. *Circulation Cardiovasc Interv* 2015; 8: e002569. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002569.
8. Chen SL, Zhang FF, Xu J, et al. Pulmonary artery denervation to treat pulmonary arterial hypertension: a single-center, prospective, first-in-man PADN-1 study (first-in-man pulmonary artery denervation for treatment of pulmonary artery hypertension). *JACC* 2013; 62: 1092-100. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.05.075.
9. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18: 1440-63. DOI: 10.1016/j.euje.2005.12.014.
10. Verity MA, Bevan JA. Fine structural study of the terminal effector plexus, neuromuscular and intermuscular relationships in the pulmonary artery. *J Anat* 1968; 103 (1): 49-63.
11. Richardson JB. Nerve supply to the lungs. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119 (5): 785-802.
12. Chen SL, Zhang H, Xie DJ, et al. Hemodynamic, functional, and clinical responses to pulmonary artery denervation in patients with pulmonary arterial hypertension of different causes: phase II results from the Pulmonary Artery Denervation-1 Study. *Circ Cardiovasc Interv* 2015; 8: e002837. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002837.
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): 911-7. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.163014.
14. Schlaich MP, Hering D, Sobotka P, et al. Effects of renal denervation on sympathetic activation, blood pressure, and glucose metabolism in patients with resistant hypertension. *Front Physiol* 2012; 2 (3): 10. DOI: 10.3389/fphys.2012.00010.
15. Galiè N, Palazzini M, Leci E, et al. Current Therapeutic Approaches to Pulmonary Arterial Hypertension. *Rev Esp Cardiol* 2010; 63: 708-24. DOI: 10.1016/S1885-5857(10)70145-6.

## Заключение

Использование системы Symplicity для денервации ЛА безопасно и эффективно. Необходимы дальнейшие рандомизированные исследования для подтверждения клинической пользы этих процедур у пациентов с ЛГ.