

УДК 612.171.6:612.176.2:612.176.4  
DOI 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-36-46

## РАДИОЧАСТОТНАЯ АБЛАЦИЯ ГАНГЛИОНАРНЫХ СПЛЕТЕНИЙ ЛЕГОЧНЫХ АРТЕРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕФЛЮОРОСКОПИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

С.Е. Мамчур , Е.В. Токмаков, О.А. Нагирняк, Е.А. Хоменко, Т.Ю. Чичкова, Н.С. Бохан, М.П. Романова, И.Н. Мамчур

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002; <sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

### Основные положения

- В проспективном слепом плацебо-контролируемом исследовании продемонстрировано влияние радиочастотной абляции ганглионарных сплетений легочных артерий с использованием нефлюороскопической навигации на показатели катетеризации правых отделов сердца и эхокардиографические характеристики функции правых отделов сердца.
- Результаты указывают на отсутствие статистически значимых различий по основным исследованным показателям между группами пульмональной денервации и ложной процедуры. Однако, учитывая небольшой объем выборки, требуются дальнейшие исследования для доказательства эффективности или неэффективности процедуры.

<b>Цель</b>	Оценка безопасности радиочастотной денервации легочных артерий при различных формах легочной гипертензии (ЛГ).
<b>Материалы и методы</b>	В исследование было включено 6 пациентов с различными клиническими формами ЛГ, которые были рандомизированно распределены на две группы. В группе I (3 пациента) выполнялась пульмональная денервация, в группе II (3 пациента) – ложная (плацебо) процедура. Обследование пациентов включало в себя рутинные клинические тесты, исследование уровня N-терминального предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-pro-BNP), коагулограммы, регистрацию ЭКГ, ЭхоКГ (с оценкой среднего давления в легочной артерии), рентгенографию органов грудной клетки, исследование функции внешнего дыхания, катетеризацию правых отделов сердца с прямой тензиометрией, проведение теста шестиминутной ходьбы (ТШХ), оценку качества жизни по данным опросника SF-36. Также были изучены интраоперационные показатели безопасности процедуры.
<b>Результаты</b>	По интраоперационным данным статистически значимых различий между группами не было. Осложнений во время процедуры и в течение последующей госпитализации не зарегистрировано. У двух пациентов получено снижение среднего артериального легочного давления, данный эффект сохранялся через 24 часа после вмешательства. Снижение среднего легочного артериального давления отмечено у пациентки с первичной ЛГ с 48 до 41 мм рт. ст., у второго пациента с постромэмболической легочной гипертензией – с 43 до 32 мм рт.ст. У третьего пациента изменений по данным катетеризации правых отделов сердца не было получено. У всех трех пациентов получена положительная динамика по данным эхокардиографии и ТШХ, в то время как в группе II таких изменений не было зарегистрировано. Средняя концентрация NT-pro-BNP в группе I изменилась с 1767±291 до 488±129 против 1519±305 и 1594±337 в группе II соответственно (P = 0,013).
<b>Заключение</b>	Денервация легочной артерии является безопасным и перспективным методом лечения, но для доказательства ее эффективности требуются дальнейшие исследования.
<b>Ключевые слова</b>	Легочная гипертензия • Радиочастотная абляция

Поступила в редакцию: 18.10.18; поступила после доработки: 01.11.18; принята к печати: 25.11.18

Для корреспонденции: Мамчур Сергей Евгеньевич, e-mail: mamchse@ketcario.ru; адрес: 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, 6

Corresponding author: Mamchur Sergei E., e-mail: mamchse@ketcario.ru; address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnoviy blvd.

## PULMONARY ARTERY GANGLIONIC PLEXI RADIOFREQUENCY ABLATION USING NON-FLUOROSCOPIC NAVIGATION FOR THE TREATMENT OF PULMONARY HYPERTENSION: A PILOT STUDY

S.E. Mamchur , E.V. Tokmakov, O.A. Nagirniak, E.A. Khomenko, T.Y. Chichkova, N.S. Bokhan, M.P. Romanova, I.N. Mamchur

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002; <sup>2</sup>State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region "Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. Academician L.S. Barbarash", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- A prospective blind placebo-controlled study demonstrated effects of pulmonary artery ganglionic plexi radiofrequency ablation using non-fluoroscopic navigation on hemodynamic parameters obtained by transthoracic echocardiography and right heart catheterization.
- The study results indicate the absence of reliable differences in the main studied parameters between the groups of pulmonary denervation and placebo procedure. However, the small sample size requires the further researches to prove the efficiency or inefficiency of the intervention.

<b>Aim</b>	To evaluate the safety of the pulmonary artery radiofrequency catheter denervation in different pulmonary hypertension (PH) clinical forms.
<b>Methods</b>	6 patients with different clinical forms of PH were included in the study with the further randomization into two groups. Group I patient (n = 3) underwent pulmonary denervation and group II patients (n = 3) underwent a placebo procedure. The examination of patients included routine clinical tests, the measurements of N-terminal precursor of the brain natriuretic peptide (NT-pro-BNP) levels, coagulation blood tests, ECG recordings, echocardiography (with the estimation of mean pulmonary artery pressure), chest X-ray, the assessment of the respiratory function, right heart catheterization (RHC), six-minute walk test (6MWT), the assessment of the quality of life according to the SF-36 questionnaire. Intraoperative measures indicating the safety of the procedure were also studied.
<b>Results</b>	There were no statistically significant differences found in the intraoperative data between the groups. None intraoperative and postoperative complications during in the in-hospital period found. Mean pulmonary artery pressure reduced in two patients without any elevations 24 hours following the intervention. A decrease in mean pulmonary arterial pressure from 48 to 41 mm Hg was observed in a patient with primary PH. The second patient with post-embolic pulmonary hypertension demonstrated a reduction in mean pulmonary artery pressure from 43 to 32 mm Hg. The third patient had no changes according to the RHC. All three patients showed a positive tendency according to the 6MWT and echocardiography, while none of these changes were recorded in Group II. The mean NT-pro-BNP level in Group I decreased from 1767±291 to 488±129 vs. 1519±305 and 1594±337 in Group II, respectively (P = 0.013).
<b>Conclusion</b>	Pulmonary artery denervation is a safe and promising treatment method, but further studies are required to prove its effectiveness.
<b>Keywords</b>	Pulmonary hypertension • Radiofrequency ablation

Received: 18.10.18; received in revised form: 01.11.18; accepted: 25.11.18

### Список сокращений

ЛАГ	– легочная артериальная гипертензия	ТШХ	– тест шестиминутной ходьбы
ЛГ	– легочная гипертензия	КПОС	– катетеризация правых отделов сердца
ДЛА	– давление в легочной артерии	ЭхоКГ	– эхокардиография
ЛА	– легочная артерия	NT-pro-BNP	– N-терминальный предшественник мозгового натрийуретического пептида
РЧ	– радиочастотный		
ЛС	– легочный ствол		
АВС	– активированное время свертывания	ПЖ	– правый желудочек

### Введение

Легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) или просто легочная гипертензия (ЛГ) представляет собой синдром, гемодинамическим выражением которого является повышение давления в легочной артерии (ДЛА). Критерием ЛГ является повышение среднего давления в легочных артериях (среднее ДЛА) по результатам инвазивных тестов более 25 мм рт.ст. Для неинвазивной оценки ДЛА большое значение имеет доплерэхокардиография [1]. Регистровые исследования демонстрируют, что распространенность легочной гипертензии по результатам ЭхоКГ достигает 78,7%, и она часто ассоциирована с ложноположительными результатами при их сопоставлении с данными катетеризации правых отделов сердца [2].

Сегодня нет единой теории развития ЛГ. Среди возможных звеньев патогенеза выделяют эндотелиальную дисфункцию, активацию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, а также гиперактивацию симпатической нервной системы. Именно последнему фактору ряд авторов отводят ключевую роль в реализации патологического процесса. Повышение плотности и аффинности  $\alpha 1$ -адренорецепторов легочных артерий (ЛА) приводит к выраженной вазоконстрикции, в результате чего барорецепторные рефлексы приобретают характер патологических, а возникающая в результате вазоспазма гипоксия способствует выбросу провоспалительных цитокинов, митогенов, дисбалансу вазоактивных факторов в сторону увеличения концентрации вазоконстрикторных агентов [3]. Это приводит к развитию гипертрофии мышечного слоя и мускуляризации артериол, постепенному развитию мышечного фиброза и их тромбозу [4]. Повышенная гемодинамическая нагрузка на неизменные сосуды также способствует развитию эндотелиальной дисфункции, замыкая порочный круг прогрессирования ЛГ.

Важно отметить, что морфологические изменения миокарда и сосудов малого круга кровообращения являются неспецифическими для всех групп ЛГ. Это позволяет предположить, что в основе ее развития и прогрессирования, независимо от вида, лежит типовой патологический процесс, приводящий к развитию эндотелиальной дисфункции, степень выраженности и скорость развития которой различна в группах ЛГ.

Высокая распространенность ЛГ – от 15 до 50 человек на 1 млн населения [5], прогрессирующее течение, неблагоприятный прогноз, нередко даже на фоне многокомпонентной дорогостоящей терапии, а также частое поражение лиц молодого и трудоспособного возраста заставляют искать новые методы лечения данного состояния.

В последние годы большое внимание привлекают работы по денервации ЛА для лечения ЛГ. В ос-

нове метода лежит изложенная выше концепция о гиперактивации симпатической нервной системы. Нанесение радиочастотных (РЧ) аппликаций в зоне бифуркации легочного ствола (ЛС), где афферентные окончания локализируются циркулярно и максимально близко к просвету сосуда [6], позволяет прервать цепь рефлекса. Тем не менее, истинный вклад данного механизма в прогрессирование процесса неизвестен, поскольку в его реализации принимают участие и другие, не до конца изученные, механизмы.

В 2013 г. Chen et al. [7] опубликовали первые результаты применения метода денервации ЛА у пациентов с идиопатической формой ЛГ, резистентных к специфической терапии, а в 2015 г. – уже с различными формами ЛГ [8]. Продемонстрирована высокая эффективность и безопасность данного метода, а представленное снижение уровня ДЛА сохранялось на протяжении всего периода наблюдения, который составлял 12 месяцев. Важно отметить, что в группе денервации не было отмечено развития осложнений или летальных исходов, ассоциированных с вмешательством. На сегодняшний день все чаще появляются сообщения о применении метода денервации ЛА при различных видах ЛГ, где демонстрируется высокая эффективность метода, однако рандомизированных исследований на этот счет не проводилось. Сегодня в ряде российских клиник проводятся попытки применения данной методики для лечения ЛГ. Однако количество сообщений о результатах ограничено.

**Цель** исследования – оценка безопасности РЧ денервации ЛА при различных формах ЛГ.

### Материал и методы

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом (протокол №10 от 24.06.2016 г.), рекомендовано проблемной комиссией (протокол №14 от 07.09.2016 г.) и одобрено Ученым советом НИИ КПССЗ (протокол №9 от 16.09.2016 г.). Все пациенты, включенные в исследование, подписали добровольное информированное согласие.

Согласно рекомендациям ГОСТ Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» [8], первым этапом оценки клинического эффекта любого лечебного метода должно быть изучение его безопасности, для чего обычно не требуется больших выборок испытуемых. Поэтому в пилотное исследование было включено 6 пациентов с различными клиническими формами ЛГ, которые были рандомизированно распределены на две группы. В группе I (3 пациента) выполнялась пульмональная денервация, в группе II (3 пациента) – ложная (плацебо) процедура. Клиническая характеристика пациентов представлена в Табл. 1.

Все пациенты соответствовали III ФК (ВОЗ). Скрининговый отбор пациентов осуществлялся на

основании данных ЭхоКГ, окончательное решение принималось после проведения катетеризации правых отделов сердца. В каждую из групп в итоге были включены одна пациентка с первичной ЛГ и двое пациентов мужского пола с хронической посттромбоэмболической ЛГ, возраст пациентов составил от 50 до 65 лет. Хирургическое лечение четырьмя пациентам, перенесшим тромбоэмболию легочной артерии, не выполнялось ввиду поражения артерий малого калибра.

Критерии включения:

- возраст от 18 до 75 лет;
- наличие симптомной ЛГ, подтвержденной данными КПОС (среднее ДЛА больше 25 мм рт.ст.);
- резистентность к проводимой специфической терапии;
- подписание добровольного информированного согласия на вмешательство.

Критерии исключения:

- кардиальная патология, требующая хирургической коррекции или менее 6 месяцев с момента хирургической коррекции;
- тромбоз полостей сердца;
- хронические заболевания в стадии декомпенсации;
- отсутствие приверженности к лечению;
- противопоказания к приему варфарина.

Всестороннее обследование пациентов включало в себя рутинные клинические тесты, исследование уровня N-терминального предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-pro-BNP), коагулограммы, регистрацию ЭКГ, ЭхоКГ (с оценкой среднего ДЛА), рентгенографию органов

грудной клетки, исследование функции внешнего дыхания, катетеризацию правых отделов сердца (КПОС) с прямой тензиометрией, проведение теста шестиминутной ходьбы (ТШХ), оценку качества жизни по данным опросника SF-36. Также были изучены следующие интраоперационные показатели безопасности процедуры: общая продолжительность процедуры, длительность флюороскопии, общая продолжительность радиочастотного воздействия, активированное время свертывания (АВС) во время основного этапа процедуры и на момент гемостаза, доза гепарина, требовавшаяся для достижения целевого уровня АВС, продолжительность компрессии сосудов до достижения гемостаза, количество геморрагических и тромбоэмболических осложнений.

В послеоперационном периоде оценивалось количество тромбоэмболических и геморрагических событий, а также частота достижения целевого уровня МНО у пациентов, принимающих варфарин.

Тотчас после выполнения процедуры выполнялись контрольные КПОС, ЭхоКГ оценка уровня NT-pro-BNP. Через пять дней после вмешательства повторялась ЭхоКГ, оценка уровня NT-pro-BNP, проводился ТШХ, оценивалось качество жизни, количество тромбоэмболических и геморрагических событий.

Статистический анализ проводился в программе Statistica 6.0 (Statsoft, США) и включал в себя вычисление абсолютных значений и их долей в процентах, а также медиан и квартильных размахов. Различия оценивались по критериям  $\chi^2$  и Манна-Уитни.

**Таблица 1.** Клиническая характеристика обследованных пациентов  
**Table 1.** Clinical characteristics of the patients

Показатель / Parameter	Все пациенты / All patients	Группа I (ПДН) / Group I (PADN)	Группа II (плацебо) / Group II (placebo)
Возраст, лет / Age (years)	57,3 [52,8; 62,1]	54,5 [52,6; 59,4]	58,8 [55,5; 62,3]
Пол, м / ж / Sex (m / f)	4 / 2	2 / 1	2 / 1
Первичная ЛГ / Primary PH	2	1	1
Посттромбоэмболическая ЛГ / Thromboembolic PH	4	2	2
Длительность от момента установления диагноза, годы / Duration of the disease (years)	2 [1; 2,5]	1,8 [0,9; 2,4]	2 [1; 2,5]
ДЛА систолическое, мм рт.ст. / systolic PAP, mm Hg	80 [67; 83]	82 [71; 85]	78 [69; 82]
ДЛА среднее, мм рт.ст. / mean PAP, mm Hg	44 [39; 47]	45 [39; 48]	43 [39; 46]
ДЛА диастолическое, мм рт.ст. / diastolic PAP, mm Hg	28 [25; 31]	29 [26; 32]	27 [24; 31]
ДПЖ систолическое, мм рт.ст. / systolic RVP, mm Hg	83 [69; 89]	84 [70; 91]	80 [67; 87]
ДПЖ среднее, мм рт.ст. / mean RVP, mm Hg	37 [33; 41]	38 [33; 42]	36 [32; 40]
ДПЖ диастолическое, мм рт.ст. / diastolic RVP, mm Hg	15 [12; 18]	15 [13; 18]	14 [12; 18]
ДЗЛА, мм рт.ст. / PCWP, mm Hg	14 [11; 17]	15 [12; 18]	13 [10; 16]
ЛСС, ед. Вуда / PVR, Wood Units	5,7 [5,4; 6,0]	5,7 [5,5; 5,9]	5,6 [5,3; 5,8]
Отношение ДЛА систолического к АД систолическому, % / systolic PAP to systolic AP ratio (%)	66 [62; 70]	66 [62; 71]	65 [61; 69]

**Примечание:** АД – артериальное давление; ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии; ДЛА – давление в легочной артерии; ДПЖ – давление в правом желудочке; ЛГ – легочная гипертензия; ЛСС – легочно-сосудистое сопротивление; ПДН – пульмональная денервация.

**Note:** PADN – pulmonary artery denervation; AP – arterial pressure; PAP – pulmonary artery pressure; PCWP – pulmonary capillary wedge pressure; PH – pulmonary hypertension; RVP – right ventricle pressure; PVR – pulmonary vascular resistance;

Процедура выполнялась под внутривенной анестезией пропофолом, фентанилом и мидазоламом. Интраоперационная гипокоагуляция поддерживалась непрерывной инфузией нефракционированного гепарина до достижения АВС 250–300 секунд.

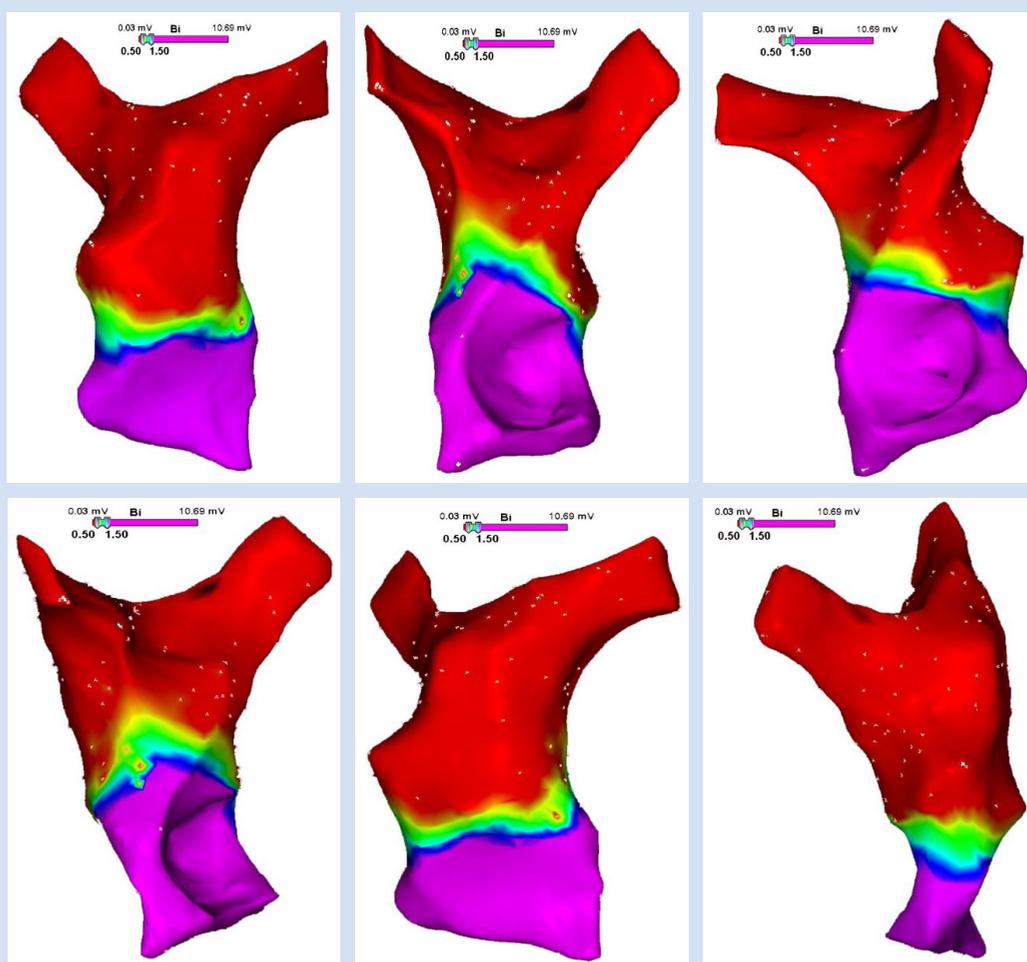
Сосудистый доступ к правым отделам сердца выполнялся путем катетеризации бедренной вены по S.-I. Seldinger с установкой интродьюсера диаметром 8 Fr. Через него в правый желудочек (ПЖ) вводился ангиографический катетер Pigtail 6 Fr с изгибом 135°. Проводилось измерение систолического, диастолического и среднего давления в ПЖ, после чего катетер продвигался в ЛС, где проводились аналогичные измерения.

Затем ангиографический катетер заменялся на абляционный катетер Navistar Thermocool F или EZ Steer Thermocool D/F NAV или Smarttouch F или Smarttouch Bidirectional D/F (Biosense Webster, США-Израиль). Далее проводилась электроанатомическая реконструкция на системе электромагнитной нефлюороскопической навигации Carto 3 (Biosense Webster, США-Израиль) выводного тракта ПЖ, ЛС и

обеих главных ЛА в режиме Fast Anatomical Mapping с наложением данных об амплитуде биполярного электрографического сигнала с дистального полюса абляционного электрода. Таким образом получали данные об анатомии правых отделов, включая зону перехода выводного тракта (амплитуда биполярного сигнала  $\geq 1,5$  мВ) в ЛС (амплитуда биполярного сигнала  $\leq 0,5$  мВ). Переходная амплитуда сигнала соответствовала мышечной муфте ЛС (Рис. 1).

На этом в группе II вмешательство прекращалось, абляционный катетер заменялся на ангиографический катетер Pigtail, при помощи которого выполнялись те же измерения, что и в начале процедуры.

В группе I далее выполнялась абляция point-by-point с мощностью 30 Вт, температурой 43°C и скоростью орошения 17 мл/мин в режиме контроля по температуре продолжительностью по 30 с на точку. Для этого использовался радиочастотный генератор IBI-1500 с насосом CoolPoint (St. Jude Medical, США). Радиочастотному воздействию подвергались три циркулярные области: на 2 мм дистальнее устья левой ЛА, на 2 мм проксимальнее бифуркации ЛА



**Рисунок 1.** Электроанатомическая карта выводного тракта ПЖ в передней, задней, правых и левых передних косых и задних косых проекциях, ЛС и обеих главных ЛА в режиме Fast Anatomical Mapping с наложением данных об амплитуде биполярного электрографического сигнала с дистального полюса абляционного электрода

**Примечание:** Выводному тракту соответствует амплитуда биполярного сигнала  $\geq 1,5$  мВ (фиолетовые оттенки), ЛС –  $\leq 0,5$  мВ (красные оттенки), мышечной муфте ЛС – переходные значения (зеленые оттенки)

**Figure 1.** Electroanatomical map of the right ventricular outflow tract, pulmonary trunk, and both pulmonary arteries in anteroposterior, posteroposterior, right and left oblique views using fast anatomical mapping mode with bipolar amplitude mapping  
**Note:** RV outflow tract has an amplitude signal of  $\geq 1.5$  mV (purple shades), pulmonary trunk and arteries has  $\leq 0.5$  mV (red shades), pulmonary trunk myocardial sleeve has transitional values (green shades)

и на 2 мм дистальнее устья правой ЛА (Рис. 2).

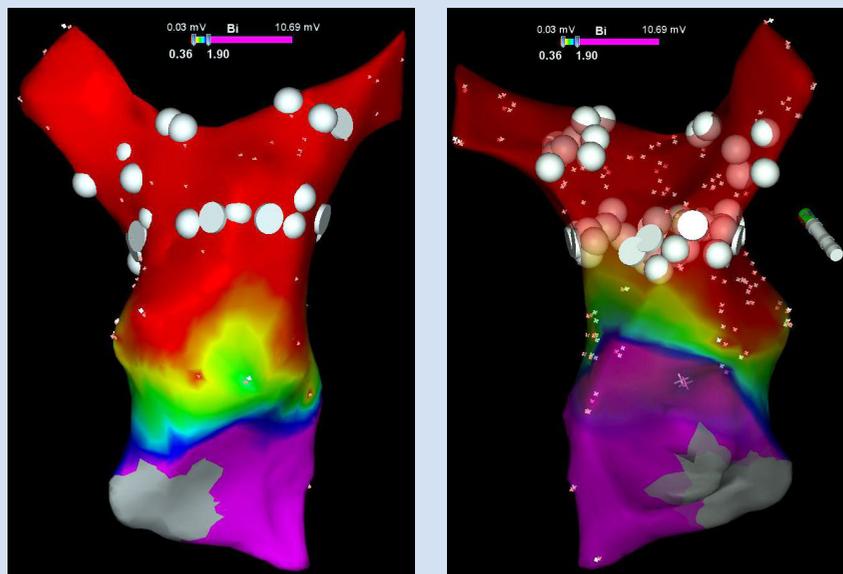
По окончании воздействия абляционный катетер заменялся на ангиографический катетер Pigtail, при помощи которого выполнялись те же измерения, что и до выполнения РЧ воздействия.

### Результаты

Интраоперационные данные представлены в Табл. 2, из которой следует, что статистически значимых различий между группами не было.

Ожидаемых вагусных реакций в виде гипотензии или брадикардии ни у одного из пациентов от-

мечено не было. Осложнений во время процедуры и в течение последующей госпитализации не зарегистрировано. У двух пациентов получено снижение среднего артериального легочного давления, данный эффект сохранялся через 24 часа после вмешательства (Табл. 3). Снижение среднего легочного артериального давления отмечено у пациентки с первичной ЛГ с 48 до 41 мм рт.ст., у второго пациента с постромэмболической легочной гипертензией – с 43 до 32 мм рт.ст. У третьего пациента изменений по данным катетеризации правых отделов сердца не было получено. У всех трех пациентов получена



**Рисунок 2.** Дизайн пульмональной денервации в передней и задней (полупрозрачное изображение) проекциях  
**Примечание:** Абляционные повреждения (белые точки) проводятся в трех циркулярных областях: на 2 мм дистальнее устья левой ЛА, на 2 мм проксимальнее бифуркации ЛА и на 2 мм дистальнее устья правой ЛА.

**Figure 2.** The design of the pulmonary denervation in anteroposterior and posteroanterior (semitransparent) views  
**Note:** The lesions (white dots) are made in three circular areas: 2 mm distal to the left and right pulmonary artery ostia, and 2 mm proximal to pulmonary trunk bifurcation.

**Таблица 2.** Интрапроцедуральные показатели  
**Table 2.** Intraoperative parameters

Показатель / Parameter	Группа I (ПДН) / Group I (PADN)	Группа II (плацебо) / Group II (placebo)
Длительность процедуры, мин / Procedure duration (min)	35 [30; 38]	34 [31; 38]
Длительность флюороскопии, мин / Fluoroscopy time (min)	2,1 [0,5; 2,9]	2,3 [0,6; 3]
Время, потребовавшееся на построение электроанатомической карты, мин / Mapping time (min)	9 [7,5; 10,3]	8,6 [7,3; 9,9]
Количество абляционных воздействий / Number of lesions	16 [14; 18]	15 [14; 17]
Общее время радиочастотного воздействия, мин / Total ablation time (min)	8,2 [7,3; 9,4]	7,5 [7,6; 8,5]
Общая площадь радиочастотного повреждения, см <sup>2</sup> / Total lesion area cm <sup>2</sup>	7,2 [6,5; 8,3]	6,7 [5,5; 7,4]
Частота возникновения феномена «steam pop» / Steam pop phenomenon occurrence	0	0
Количество осложнений / Complication occurrence	0	0
Достигнутое АВС, сек / Achieved ACT (s)	286 [261; 293]	279 [259; 290]
Время, потребовавшееся для достижения гемостаза, мин / Time for hemostasis (min)	8,2 [6,5; 10,1]	7,7 [5,4; 11,2]
Вагусные реакции на фоне радиочастотного воздействия / Vagal reactions during ablation	0	0
Общая поглощенная доза ионизирующего излучения, мГр / Absorbed radiation dose (mGr)	38,1 [9,8; 57,3]	41,6 [11,3; 60,3]

**Примечание:** АВС – активированное время свертывания; ПДН – пульмональная денервация.  
**Note:** PADN – pulmonary artery denervation; ACT – activated coagulation time.

положительная динамика по данным эхокардиографии ТШХ, в то время как в группе II таких изменений не было зарегистрировано (Табл. 4).

Средняя концентрация NT-pro-BNP в группе I изменилась с  $1767 \pm 291$  до  $488 \pm 129$  против  $1519 \pm 305$  и  $1594 \pm 337$  в группе II соответственно ( $P = 0,013$ ).

**Таблица 3.** Результаты процедур по данным КПОС  
**Table 3.** RHC results

Показатель / Parameter	Группа I (ПДН) / Group I (PADN)	Группа II (плацебо) / Group II (placebo)
ДЛА систолическое, мм рт.ст. / systolic PAP, mm Hg	70	78
ДЛА среднее, мм рт.ст. / mean PAP, mm Hg	35	42
ДЛА диастолическое, мм рт.ст. / diastolic PAP, mm Hg	22	27
ДПЖ систолическое, мм рт.ст. / systolic RVP, mm Hg	73	79
ДПЖ среднее, мм рт.ст. / mean RVP, mm Hg	26	35
ДПЖ диастолическое, мм рт.ст. / diastolic RVP, mm Hg	12	14
ДЛП, мм рт.ст. / LAP, mm Hg	15	13
ЛСС, ед. Вуда / PVR, Wood units	4,5	5,4
Отношение ДЛА систолического к АД систолическому, % / systolic PAP to systolic AP ratio (%)	52,3	64

**Примечание:** АД – артериальное давление; ДЛА – давление в легочной артерии; ДПЖ – давление в правом желудочке; ДЛП – давление в левом предсердии; ЛСС – легочно-сосудистое сопротивление; ПДН – пульмональная денервация.

Ввиду малого количества наблюдений и для удобства восприятия в таблице приведены только медианы изучаемых показателей.  
**Note:** AP – arterial pressure; LAP – left atrium pressure; PAP – pulmonary artery pressure; RVP – right ventricle pressure; PADN – pulmonary artery denervation.

Due to the small number of observations and for convenience of perception, only the medians of the studied parameters are given in the table.

**Таблица 4.** Результаты процедур по данным эхокардиографии и ТШХ  
**Table 4.** Postprocedural results according to the echocardiography and 6-minute walk test

Показатель / Parameter	Группа I (ПДН) / Group I (PADN)	Группа II (плацебо) / Group II (placebo)
КДО ЛЖ, мл / LV EDV (ml)	151	142
ФВ ЛЖ по Teicholz, % / LV EF (Teicholz) (%)	76	71
ПЗР ЛП, см / LA diameter (cm)	4	3,8
Ширина ПП, см / RA width (cm)	4,1	4,9
Длина ПП, см / RA length (cm)	5,3	6,2
ПЗР ПЖ, см / RV diameter (cm)	3,1	4,2
Диаметр ВОПЖ, см / RVOT diameter (CM)	3,1	3,4
ФВ ПЖ, % / RV EF (%)	55,5	43,7
ДЛА систолическое, мм рт.ст. / PAP systolic (mmHg)	52	72
ДЛА среднее, мм рт.ст. / PAP mean (mmHg)	38	48
ДЛА диастолическое, мм рт.ст. / PAP diastolic (mmHg)	18	28
ДЛП среднее, мм рт.ст. / LAP mean (mmHg)	13	14
Пик E, м/с / Peak E (m/s)	69	49
Пик A, м/с / Peak A (m/s)	65	85
ВИР ПЖ, мс / RV IVRT (ms)	97	112
Em ТК, см / TV Em (cm)	15	13
Am ТК, см / TV Am (cm)	13	15
E/Em ТК / TV E/Em	1,15	0,86
Средняя дистанция шестиминутной ходьбы, м / Mean six-minute walk distance (m)	271	283
Количество баллов по модифицированной шкале Борга / Modified Borg score	6,4	7,1

**Примечание:** ВИР ПЖ – время изоволюметрической релаксации правого желудочка; ВОПЖ – выходной отдел правого желудочка; ДЛА – давление в легочной артерии; ДЛП – давление в левом предсердии; КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем левого желудочка; ПДН – пульмональная денервация; ПЗР ЛП – переднезадний размер левого предсердия; ПЗР ПЖ – переднезадний размер правого желудочка; ПП – правое предсердие; ТК – трикуспидальный клапан; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФВ ПЖ – фракция выброса правого желудочка.

Ввиду малого количества наблюдений и для удобства восприятия в таблице приведены только медианы изучаемых показателей.  
**Note:** LA – left atrium; LAP – left atrium pressure; LV EDV – left ventricle end-diastolic volume; LV EF – left ventricular ejection fraction; RA – right atrium; RV – right ventricle; RV EF – right ventricular ejection fraction; RV IVRT – right ventricular isovolumic relaxation time; RVOT – right ventricular outflow tract; PAP – pulmonary artery pressure.

Due to the small number of observations and for convenience of perception, only the medians of the studied parameters are given in the table.

## Обсуждение

В настоящем пилотном исследовании продемонстрировано, что пульмональная денервация в сравнении с ложной (плацебо) процедурой приводит к статистически незначимому уменьшению систолического, диастолического и среднего давления в ЛА и ПЖ, не влияя на давление в ЛП. Также в группе денервации в сравнении с группой контроля отмечена тенденция к улучшению всех субъективных, объективных и инструментальных показателей, характеризующих тяжесть ЛАГ.

Впервые в первой фазе исследования PADN-1 у 92,3% пациентов после проведенной процедуры отмечено значимое снижение систолического и среднего давления в легочной артерии как непосредственно после процедуры, так и через 3 месяца наблюдения по сравнению с группой контроля [10]. Во второй фазе одноименного исследования [8] продемонстрировано, что у большинства пациентов данный эффект сохранялся на протяжении 12 месяцев наблюдения.

В России денервация легочной артерии впервые выполнена в 2014 г. в Институте клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова у пациентки с идиопатической ЛГ, после чего отмечена положительная динамика в виде снижения давления в правом желудочке и увеличения сердечного выброса, но изменений среднего и систолического в легочной артерии не было зафиксировано. Пациентка отметила улучшение состояния в виде уменьшения одышки и повышения толерантности к физической нагрузке, что подтверждено ТШХ [11].

Имеются и противоположные результаты. Так, в 2015 г. Мусаев А.А. с соавт. (НЦССХ им. А.Н. Бакулева) опубликовали результаты пилотного исследования, по результатам которого эффекта от проведенной легочной денервации у 6 пациентов с резистентной ЛГ как после процедуры, так и в течение 6 месяцев после нее не наблюдалось [12]. Необходимо отметить, что как российскими, так и зарубежными исследователями денервация легочной артерии признана достаточно безопасным ме-

тодом лечения.

В настоящем исследовании отсутствие статистической значимости различий между группами, очевидно, связано с малой их численностью. Уровни ошибки первого рода в некоторых сравнениях близки к достоверным; единственное сравнение концентрации NT-pro-BNP продемонстрировало статистически значимые различия. Не исключено, что вышеописанные различия в результатах связаны с включением в исследования пациентов различных клинических групп ЛГ, различной численностью обследуемых и – главное – отсутствием стандартизации техники выполнения процедуры.

Поэтому для доказательства эффективности и безопасности методики требуются дальнейшие исследования на более крупных (и различных) группах пациентов, возможно, в формате многоцентрового исследования.

## Заключение

Денервация легочной артерии является безопасным и перспективным методом лечения, но для доказательства ее эффективности требуются дальнейшие исследования.

## Конфликт интересов

Мамчур С.Е. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Токмаков Е.В. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Нагирняк О.А. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Хоменко Е.А. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Чичкова Т.Ю. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Бохан Н.С. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Романова М.П. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Mamchur I.N. заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## Финансирование

Работа выполнена при поддержке программы поисковых научных исследований РАН (ПНИ №22 2017 «Пульмональная денервация для лечения резистентной к терапии легочной гипертензии»)

## Информация об авторах

*Мамчур Сергей Евгеньевич*, доктор медицинских наук, заведующий отделом диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, заведующий лабораторией нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

*Евгений Васильевич Токмаков*, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», врач-анестезиолог-реаниматолог кабинета рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного

## Author Information Form

*Mamchur Sergei E.*, PhD, Head of the Department of Cardiovascular Diseases Diagnostics, Head of the Laboratory of Cardiac Arrhythmia and Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

*Tokmakov Evgeny V.*, physician at the Department of Endovascular Surgery, Diagnosis and Cardiac Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; intensivist at the Endovascular Surgery and Diagnosis Unit, State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region “Kemerovo Regional Clinical Cardiology

учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Ольга Алексеевна Нагирняк*, кандидат медицинских наук, врач отделения рентгенхирургических методов диагностики и лечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», врач-кардиолог приемного отделения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Хоменко Егор Александрович*, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», врач-сердечно-сосудистый хирург кабинета рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Чичкова Татьяна Юрьевна*, научный сотрудник лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

*Никита Сергеевич Бохан*, врач отделения рентгенхирургических методов диагностики и лечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», врач-рентгенолог кабинета рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Романова Мария Петровна*, младший научный сотрудник лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», врач-кардиолог отделения неотложной кардиологии №2 Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Кемеровской области «Кемеровский областной клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», Кемерово, Российская Федерация;

*Мамчур Ирина Николаевна*, научный сотрудник лаборатории ультразвуковых и электрофизиологических методов диагностики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

Dispensary n.a. Academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Nagirnyak Olga A.*, PhD, cardiologist at the Department of Endovascular Surgery, Diagnosis and Cardiac Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; cardiologist at the Emergency Department, State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. Academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Khomenko Yegor A.*, PhD, researcher at the Laboratory of Cardiac Arrhythmia and Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, interventional cardiologist at the State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Chichkova Tatyana Yu.*, researcher at the Laboratory of Cardiac Arrhythmia and Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

*Bokhan Nikita S.*, physician at the Department of Endovascular Surgery, Diagnosis and Cardiac Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; radiologist at the Endovascular Surgery and Diagnosis Unit, State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. Academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Romanova Maria P.*, research assistant at the Laboratory of Cardiac Arrhythmia and Pacing, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, cardiologist at the Emergency Cardiac Department №2, State Budgetary Healthcare Institution of the Kemerovo Region “Kemerovo Regional Clinical Cardiology Dispensary n.a. academician L.S. Barbarash”, Kemerovo, Russian Federation;

*Mamchur Irina N.*, researcher at the Laboratory of Ultrasound and Electrophysiological Methods of Diagnostics, Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute for Complex Problems of Cardiovascular Diseases», Kemerovo, Russian Federation.

#### Вклад авторов в статью

*MCE* – существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

#### Author Contribution Statement

*MCE* – significant contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*ТЕВ* – получение данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*НОА* – интерпретация данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*ХЕА* – получение данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*ЧТЮ* – интерпретация данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*БНС* – получение данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*РМП* – получение данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*МИН* – анализ данных, внесение корректив в статью, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

*TEV* – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*NOA* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*KhEA* – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*ChTYu* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*BNS* – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*RMP* – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

*MIN* – data analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fisher M.R., Forfia P.R., Chamera E., Houston-Harris T., Champion H.C., Girgis R.E., Corretti M.C., Hassoun P.M. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009; 179(7):615-21. doi: 10.1164/rccm.200811-1691OC.

2. Vachiéry J.L., Adir Y., Barberà J.A., Champion H., Coghlan J.G., Cottin V., De Marco T., Galiè N., Ghio S., Gibbs J.S., Martinez F., Semigran M., Simonneau G., Wells A., Seeger W. Pulmonary hypertension due to left heart diseases. *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62(25 Suppl):D100-8. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.033.

3. Чазова И.Е., Архипова О.А., Валиева З.С., Наконечников С.Н., Мартынюк Т.В. Легочная гипертензия в России: первые результаты национального регистра. *Терапевтический архив.* 2014;86(9): 56-64.

4. Galiè N., Humbert M., Vachiery J.L., Gibbs S., Lang I., Torbicki A., Simonneau G. 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 (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J.* 2016; 37(1):67-119. doi: 10.1093/eurheartj/ehv317.

5. Hakkila J., Siltanen P.K., Pietilä K.A. Incidence of heart disease in a mass radiophotography survey of adults. *Ann Med Intern Fenn.* 1965;54(4):149-56.

6. Rothman A.M., Arnold N.D., Chang W., Watson O., Swift A.J., Condliffe R., Elliot C.A., Kiely D.G., Suvana S.K., Gunn J., Lawrie A. Pulmonary artery denervation reduces pulmonary artery pressure and induces histological changes in an acute porcine model of pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;

8(11):e002569. doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002569.

7. Chen S.L., Zhang Y.J., Zhou L., Xie D.J., Zhang F.F., Jia H.B., Wong S.S., Kwan T.W. Percutaneous pulmonary artery denervation completely abolishes experimental pulmonary arterial hypertension in vivo. *EuroIntervention.* 2013; 9(2):269-76. doi: 10.4244/EIJV9I2A43.

8. Chen S.L., Zhang H., Xie D.J., Zhang J., Zhou L., Rothman A.M., Stone G.W. 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(11):e002837. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002837.

9. ГОСТ Р 52379-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Надлежащая клиническая практика. *Good Clinical Practice (GCP).* М, 2006.

10. Chen S.L., Zhang F.F., Xu J., Xie D.J., Zhou L., Nguyen T., Stone G.W. Pulmonary artery denervation to treat pulmonary arterial hypertension: the single-center, prospective, first-in-man PADN-1 study (first-in-man pulmonary artery denervation for treatment of pulmonary artery hypertension). *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62:1092-1100. doi: 10.1016/j.jacc.2013.05.075.

11. Данилов Н.М., Чен Ш., Сагайдак О.В., Мартынюк Т.В., Матчин Ю.Г., Чазова И.Е. Радичастотная денервация легочной артерии у пациентки с идиопатической легочной гипертензией. *Кардиологический вестник* 2014;9(2):102-104.

12. Мусаев А.А., Алимбаев С.А., Арипов М.А., Мукаров М.А., Иванова-Разумова Т.В., Пя Ю.В. Денервация легочной артерии при идиопатической легочной гипертензии. В кн: III Всероссийский конгресс «Легочная гипертензия»: тезисы. 2015: 10-11 декабря, Москва; 2015. с. 11-12.

## REFERENCES

1. Fisher M.R., Forfia P.R., Chamera E., Houston-Harris T., Champion H.C., Girgis R.E., Corretti M.C., Hassoun P.M. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009; 179(7):615-21. doi: 10.1164/rccm.200811-1691OC.

2. Vachiéry J.L., Adir Y., Barberà J.A., Champion H., Coghlan J.G., Cottin V., De Marco T., Galiè N., Ghio S., Gibbs J.S., Martinez F., Semigran M., Simonneau G., Wells A., Seeger W. Pulmonary hypertension due to left heart diseases. *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62(25 Suppl):D100-8. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.033.

3. Chazova I.E., Arhipova O.A., Valieva Z.S., Nakonechnikov S.N., Martynuk T.V. Pulmonary hypertension in Russia: The first results of the national register. *Terapevticheskij arhiv.* 2014;86(9):

56-64. (In Russian)

4. Galiè N., Humbert M., Vachiery J.L., Gibbs S., Lang I., Torbicki A., Simonneau G. 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 (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J.* 2016; 37(1):67-119. doi: 10.1093/eurheartj/ehv317.

5. Hakkila J., Siltanen P.K., Pietilä K.A. Incidence of heart disease in a mass radiophotography survey of adults. *Ann Med Intern Fenn.* 1965;54(4):149-56.

6. Rothman A.M., Arnold N.D., Chang W., Watson O., Swift A.J., Condliffe R., Elliot C.A., Kiely D.G., Suvama S.K., Gunn J., Lawrie A. Pulmonary artery denervation reduces pulmonary artery pressure and induces histological changes in an acute porcine model of pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015; 8(11):e002569. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002569.
7. Chen S.L., Zhang Y.J., Zhou L., Xie D.J., Zhang F.F., Jia H.B., Wong S.S., Kwan T.W. Percutaneous pulmonary artery denervation completely abolishes experimental pulmonary arterial hypertension in vivo. *EuroIntervention.* 2013; 9(2):269-76. doi: 10.4244/EIJV9I2A43.
8. Chen S.L., Zhang H., Xie D.J., Zhang J., Zhou L., Rothman A.M., Stone G.W. 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(11):e002837. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002837.
9. GOST R 52379-2005. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Nadležashchaya klinicheskaya praktika. Good Clinical Practice (GCP). Moscow, 2006. (In Russian)
10. Chen S.L., Zhang F.F., Xu J., Xie D.J., Zhou L., Nguyen T., Stone G.W. Pulmonary artery denervation to treat pulmonary arterial hypertension: the single-center, prospective, first-in-man PADN-1 study (first-in-man pulmonary artery denervation for treatment of pulmonary artery hypertension). *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62:1092-1100. doi: 10.1016/j.jacc.2013.05.075.
11. Danilov N.M., CHen SH., Sagajdak O.V., Martynyuk T.V., Matchin YU.G., CHazova I.E. Ra-dichastotnaya denervaciya legochnoj arterii u pacientki s idiopaticeskoj legochnoj gipertenziej. *Kardiologicheskij vestnik* 2014;9(2):102-104. (In Russian)
12. Musaev A.A., Alimbaev S. A., Aripov M. A., Mukarov M. A., Ivanova-Razumova T. V., Pya YU.V. Denervaciya legochnoj arterii pri idiopaticeskoj legochnoj gipertenzii. V kn: III Vserossijskij kongress «Legochnaya gipertenziya»: tezis. 2015: 10-11 december, Moscow; 2015. p. 11-12 (In Russian)

---

**Для цитирования:** С.Е. Мамчур, Е.В. Токмаков, О.А. Нагирняк, Е.А. Хоменко, Т.Ю. Чичкова, Н.С. Бохан, М.П. Романова, И.Н. Мамчур. Радиочастотная абляция ганглионарных сплетений легочных артерий с использованием нефлюороскопической навигации для лечения легочной гипертензии: пилотное исследование. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2018; 7 (4S): 24-46. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-24-46

**To cite:** S.E. Mamchur, E.V. Tokmakov, O.A. Nagirniak, E.A. Khomenko, T.Y. Chichkova, N.S. Bokhan, M.P. Romanova, I.N. Mamchur. Pulmonary artery ganglionic plexi radiofrequency ablation using non-fluoroscopic navigation for the treatment of pulmonary hypertension: a pilot study. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2018; 7 (4S): 24-46. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-24-46

---