

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕОБРАТИМОЙ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

А.Ш.Ревшвили<sup>1,2</sup>, Н.М.Кузнецов<sup>1</sup>, Е.А.Артюхина<sup>1,2</sup>, Е.Д.Стребкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В.Вишневого» МЗ РФ, Россия, Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27; <sup>2</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1.

**Цель.** Оценить эффективность и безопасность применения системы необратимой электропорации для изоляции легочных вен (ИЛВ) у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП).

**Материал и методы исследования.** В исследование включено 25 пациентов с ФП: 20 с пароксизмальной (80%) и 5 с персистирующей (20%) формами. Среди участников 16 мужчин (64%), средний возраст 58±9 лет. Всем пациентам выполнялась ИЛВ при помощи абляции импульсным полем (АИП), приводящей к необратимой электропорации. У 2 пациентов (8%) выполнена изоляция кавотрикуспидального истмуса также с помощью АИП. Для оценки безопасности процедуры проводилась лабораторная диагностика с оценкой свободного гемоглобина и тропонина I, магнитно-резонансная томография головного мозга до и после процедуры. Спустя 3 месяца после операции всем пациентам выполнялось мультиэлектродное картирование левого предсердия и легочных вен с целью оценки ИЛВ и, при необходимости, дополнительная изоляция с помощью радиочастотного воздействия. Срок наблюдения составил 12 месяцев.

**Результаты.** ИЛВ удалось добиться в 100% случаев во время АИП. Также изоляция кавотрикуспидального истмуса до достижения двунаправленного блока проведения успешно была проведена с тем же источником энергии. Среди осложнений лишь 1 случай, связанный с сосудистым доступом. Длительность нахождения катетера для АИП в левом предсердии в среднем составила 21,9±11,7 минут, а среднее время флюороскопии 11:23±5:41 мин:сек. По результатам повторного мультиэлектродного картирования у 22 пациентов (88%) все легочные вены оставались изолированными. По прошествии 12 месяцев наблюдения у 19% (76%) сохранялся синусовый ритм.

**Заключение.** Таким образом, новая отечественная технология необратимой электропорации продемонстрировала свою эффективность и безопасность, сопоставимую с традиционными термическими методиками для ИЛВ у пациентов с ФП.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий; абляция импульсным полем; необратимая электропорация; изоляция легочных вен

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Финансирование:** отсутствует.

**Рукопись получена:** 06.11.2025 **Исправленная версия получена:** 04.12.2025 **Принята к публикации:** 24.02.2026

**Ответственный за переписку:** Кузнецов Никита Михайлович, E-mail: kuzniksur03@gmail.com

А.Ш.Ревшвили - ORCID ID 0000-0003-1791-9163, Н.М.Кузнецов - ORCID ID 0000-0003-3503-3067, Е.А.Артюхина - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, Е.Д.Стребкова - ORCID ID 0000-0001-5837-7255

**Для цитирования:** Ревшвили АШ, Кузнецов НМ, Артюхина ЕА, Стребкова ЕД. Опыт применения системы необратимой электропорации для изоляции легочных вен у пациентов с фибрилляцией предсердий. *Вестник аритмологии*. 2026;33(1): 60-67. <https://doi.org/10.35336/VA-1581>.

## EXPERIENCE OF USING SYSTEM OF IRREVERSIBLE ELECTROPORATION FOR PULMONARY VEIN ISOLATION IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION

A.Sh.Revishvili<sup>1,2</sup>, N.M.Kuznetsov<sup>1</sup>, E.A.Artukhina<sup>1,2</sup>, E.D.Strebkova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSBI «A.V.Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery» of the MH RF, Russia, Moscow, 27 Bolshaya Serpukhovskaya str.; <sup>2</sup>FSBEI of Additional Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the MH RF, Russia, Moscow, 2/1 BARRIKADNAYA STR.

**Aim.** To evaluate the effectiveness and safety of the use of the irreversible electroporation system for pulmonary vein isolation (PVI) in patients with atrial fibrillation (AF).

**Methods.** The study included 25 patients with AF: 20 with paroxysmal (80%) and 5 with persistent (20%) forms. Among the participants, there were 16 men (64%), an average age of 58±9 years. All patients underwent PVI using pulsed field ablation (PFA), which leads to irreversible electroporation. Two patients (8%) underwent isolation of the cavotricuspid isthmus using PFA. To assess the safety of the procedure, laboratory diagnostics were performed to evaluate free hemoglobin and troponin I, and magnetic resonance imaging of the brain was performed before and after the procedure.

In 3 months after procedure all patients underwent multi-electrode mapping of the left atrium and pulmonary veins to assess the PVI, and, if necessary, additional isolation using radiofrequency ablation. The follow-up period was 12 months.

**Results.** PVI was achieved in 100% of cases. Isolation of the cavotricuspid isthmus before achieving a bidirectional block of conduction was successfully performed also with the same energy source. Among the complications, there was only 1 case related to vascular access. The average duration of the PFA catheter in the left atrium was  $21.9 \pm 11.7$  minutes, and the average fluoroscopy time was  $11:23 \pm 5:41$  min:sec. According to the results of repeated multi-electrode mapping, all pulmonary veins remained isolated in 22 patients (88%). After 12 months of follow-up, 19% (76%) of patients still had a sinus rhythm.

**Conclusion.** Thus, the new national technology of irreversible electroporation has demonstrated its effectiveness and safety, comparable to traditional thermal techniques for pulmonary vein isolation in patients with AF.

**Key words:** atrial fibrillation; pulsed field ablation; irreversible electroporation; pulmonary vein isolation

**Conflict of Interest:** none.

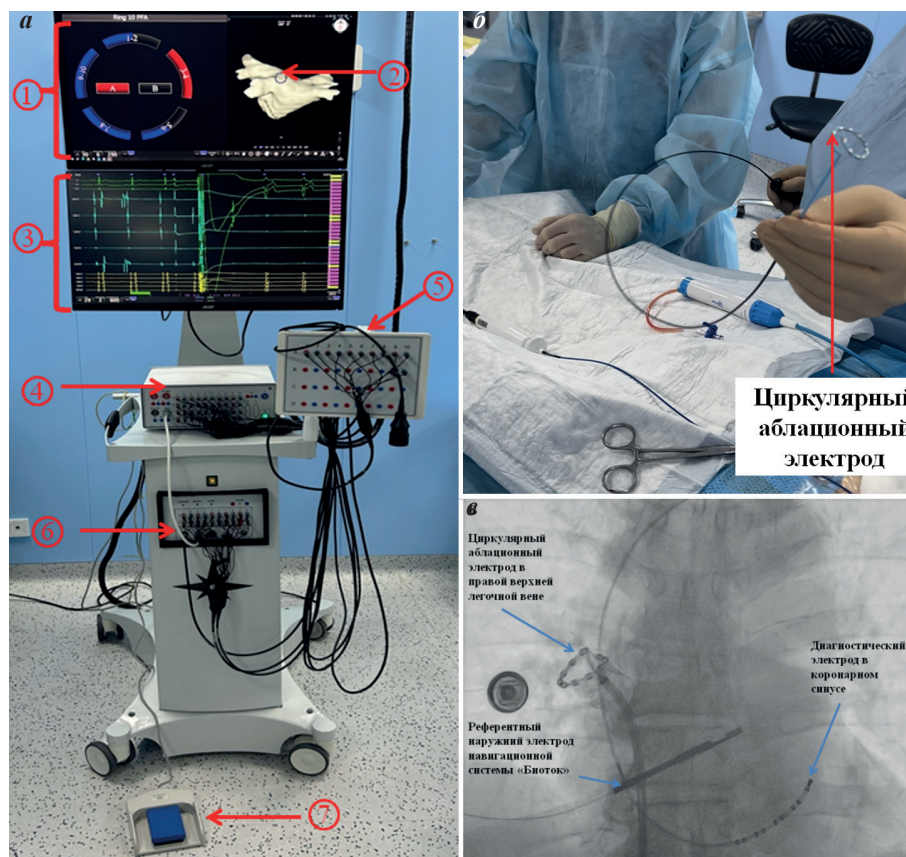
**Funding:** none.

**Received:** 06.11.2025 **Revision received:** 04.12.2025 **Accepted:** 24.02.2026

**Corresponding Author:** Kuznetsov Nikita, E-mail: kuzniksur03@gmail.com

A.Sh.Revishvili - ORCID ID 0000-0003-1791-9163, N.M.Kuznetsov - ORCID ID 0000-0003-3503-3067, E.A.Artukhina - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, E.D.Strebkova - ORCID ID 0000-0001-5837-7255

**For citation:** Revishvili ASH, Kuznetsov NM, Artukhina EA, Strebkova ED. Experience of using system of irreversible electroporation for pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2026;33(1): 60-67. <https://doi.org/10.35336/VA-1581>.



**Рис. 1.** Система абляции импульсным полем: а - внешний вид установки, б - циркулярный управляемый электрод, в - рентгенологическая картина сердца во время процедуры. Примечание: 1 - интерфейс программы Pulsar для управления ходом абляции, 2 - электроанатомическая реконструкция левого предсердия (визуализированы циркулярный абляционный катетер в левом предсердии и диагностический электрод в коронарном синусе) 3 - ЭКГ и электрограммы на электрофизиологической системе во время воздействия, 4 - усилитель сигналов, 5 - пин-бокс, 6 - генератор, 7 - педаль для нанесения воздействия.

В современной интервенционной аритмологии операции по поводу фибрилляции предсердий (ФП) занимают лидирующее место. Золотым стандартом является процедура по изоляции легочных вен (ЛВ), которая традиционно выполняется при помощи точечного радиочастотного катетера или криобаллонной технологии [1]. Радиочастотная абляция (РЧА) ЛВ стала широко внедряться в практику с 1998 года после работы, подтверждающей наиболее частую локализацию аритмогенных очагов в мышечных муфтах ЛВ [2]. Позже, в 2006 году, в клиническую практику поступила криобаллонная методика, позволяющая одномоментно наносить циркулярные воздействия в устьях ЛВ путем охлаждения тканей. Крупными рандомизированными исследованиями была подтверждена сопоставимая эффективность и безопасность двух технологий термической изоляции ЛВ [3-5]. Тем не менее, основной причиной рецидива ФП после операций является возобновление электрического проведения из ЛВ в левое предсердие (ЛП). В

связи с этим ведется поиск новых технологий для нанесения хронического повреждения миокарда [6-9].

Не так давно в клиническую практику была внедрена эндокардиальная абляция импульсным полем (АИП) [10-11]. Это нетермический метод, приводящий к апоптозу клеток миокарда за счет необратимой электропорации. Механизм некроза тканей опосредован созданием электрического поля высокого напряжения, за счет которого липиды в бислоидной мембране выстраиваются в соответствии с вектором данного поля, что приводит к образованию пор и последующему фатальному нарушению гомеостаза клетки. Данная методика имеет тропность к повреждению именно кардиомиоцитов за счет низкого порога плотности электрического тока, которая требуется для наступления апоптоза в этих клетках. Это позволяет избежать влияния на коллатеральные органы [12]. В арсенале интервенционных хирургов на данный момент имеется ряд систем и модификаций электродов для электропорации, которые подтвердили свою эффективность и безопасность в сравнении с традиционными термическими методами. В недавних рандомизированных исследованиях сравнивали АИП с РЧА и КБА. В некоторых была зафиксирована сопоставимая эффективность через 1 год наблюдения в виде средней свободы от любой предсердной тахикардии у 73,3% [13]. В другой работе получены данные, в соответствии с которыми АИП имеет преимущество перед термическими методами катетерной абляции ФП за период наблюдения в плане удержания синусового ритма: 81,9% против 74,8% ( $p=0,035$ ) [14].

В России была создана отечественная система для необратимой электропорации. С целью оценки ее эффективности и безопасности проведено клиническое исследование на 25 пациентах с фибрилляцией предсердий.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено клиническое испытание по оценке эффективности и безопасности отечественной системы необратимой электропорации (Биоток, Россия). За период с сентября по октябрь 2024 года в исследование было включено 25 пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП. Все участники подписали информированное согласие. Отбор пациентов проводился в соответствии со строгими критериями включения и исключения.

Критерии включения: возраст от 18 до 75 лет; задокументированная ФП; симптомное течение ФП; отсутствие эффекта хотя бы от одного антиаритмического препарата; отсутствие противопоказаний к хирургическому лечению (декомпенсация хронических заболеваний, острая фаза воспалительных заболеваний); согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии исключения: повторная операция по поводу ФП; наличие имплантируемых антиаритмических устройств; поражение клапанов сердца тяжелой степени; наличие протезов клапанов сердца; гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий, требующие реваскуляризации, наличие стентов в коронар-

ных артериях, врожденные пороки сердца, требующие хирургической коррекции; тромбоз ушка ЛП.

### Описание системы необратимой электропорации с применением циркулярного катетера

Метод электроимпульсной абляции предполагает передачу бифазного импульсного электрического тока до 50А и напряжением до 3000 В к месту контакта электрода абляционного катетера с тканью. Микросекундные разряды электрического тока высокого напряжения создают импульсное поле, которое приводит к деструкции белковой ткани с изменением электрохимических свойств миокарда.

Система для необратимой электропорации состоит из следующих компонентов: генератор импульсного поля Pulsar (Биоток, Россия), станция для электрофизиологического исследования и электроанатомического картирования сердца, станция для управления процессом АИП, катетер РФА для АИП (Биоток, Россия). Компоненты системы изображены на рис. 1.

Для изоляции ЛВ разработан управляемый циркулярный 10-ти полюсный катетер для нанесения

Таблица 1.

### Характеристика клинических параметров пациентов

Характеристики	Значение
Пол (мужской)	16 (64)
Пароксизмальная ФП, n (%)	20 (80)
Персистирующая ФП, n (%)	5 (20)
Возраст (лет)	58±9
Индекс массы тела (кг/м <sup>2</sup> )	27,6±3,8
ОНМК, n (%)	2 (8)
Гипертоническая болезнь, n (%)	16 (64)
Бронхиальная астма, n (%)	1 (4)
Сахарный диабет, n (%)	1 (4)
Нарушения функции ЩЖ, n (%)	1 (4)
Атеросклероз периферических артерий, n (%)	5 (20)
СНА, DS <sub>2</sub> -VAsC, ед.	1,6±1,4
Антиаритмические препараты	
Аллапинин, n (%)	3 (12)
Аллапинин+соталол, n (%)	1 (4)
Соталол, n (%)	3 (12)
Кордарон, n (%)	5 (20)
Пропафенон, n (%)	4 (16)
Метапролол, n (%)	1 (4)
Бисопролол, n (%)	4 (16)
Без ААП, n (%)	4 (16)
Антикоагулянтная терапия	
Апиксабан, n (%)	13 (52)
Ривароксабан, n (%)	11 (44)
Дабигатран, n (%)	1 (4)

Примечание: ФП - фибрилляция предсердий; ОНМК - острое нарушение мозгового кровообращения; ЩЖ - щитовидная железа.

биполярных двухфазных воздействий. Диаметр циркулярной части фиксирован и выбирается хирургом в зависимости от размеров ЛВ и существует в 2-х вариациях: 20 и 25 мм. При наличии хотя бы одной ЛВ  $\geq 25$  мм для проведения АИП использовался электрод 25 мм. Каждый полюс способен к чувствительности и стимуляции.

**Методика проведения необратимой электропорации для ИЛВ катетером для циркулярной абляции**

Процедура проводится на фоне тотальной внутривенной анестезии: раствор пропофола 1%, раствор фентанила 0,005%. В качестве респираторной под-

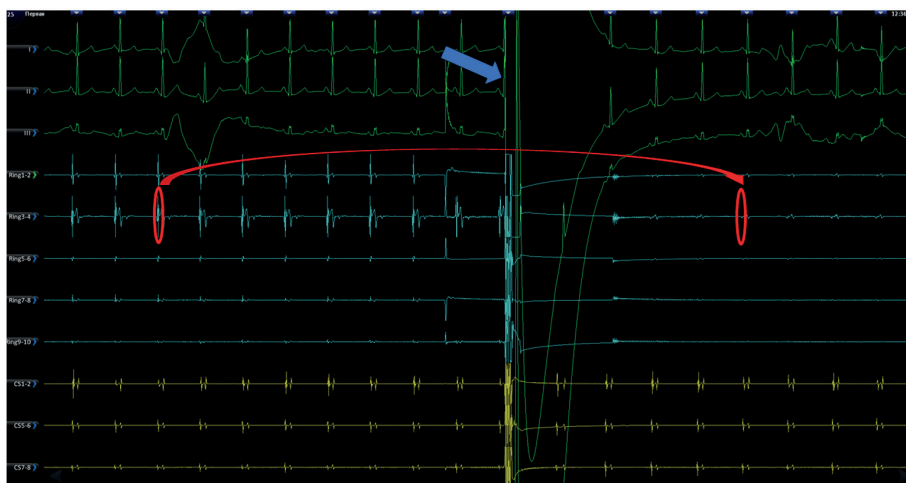
держки проводится искусственная вентиляция легких через ларингеальную маску во вспомогательном режиме. Дополнительно проводится местная анестезия. В качестве местного обезболивающего средства используется раствор новокаина 0,5% или лидокаина 1%.

По методике Сельдингера под местной анестезией выполняется пункция левой подключичной, правой и левой бедренных вен. Через левую подключичную вену с помощью интродьюсера размером 7 Fr устанавливается десятиполюсный диагностический электрод в коронарный синус. Через левую бедренную вену с помощью интродьюсера размером 8 Fr устанавливается десятиполюсный управляемый диагностический электрод в правый желудочек. Через правую бедренную вену с помощью интродьюсера размером 8,5 Fr устанавливается игла для транссептальной пункции. После выполнения транссептальной пункции и установки проводника в ЛП вводится раствор гепарина в дозировке 100 Ед/кг. После доступа в ЛП проводится циркулярный абляционный 10-ти полюсный катетер (Биоток, Россия) для выполнения необратимой электропорации. Последовательно в области антрума ЛВ устанавливается циркулярный катетер, и выполняется биполярная абляция импульсным полем по 5 парам активных электродов с напряжением 1800 В и длительностью воздействия 100 микросекунд в синхронизированном с комплексами QRS режиме. Диаметр циркулярной части абляционного электрода был представлен в 2-х вариантах: 20 и 25 мм. При сохранении остаточной активности ЛВ осуществляется перепозиционирование катетера в устье ЛВ и проводится абляция с каналов, где регистрируется остаточная активность. В случае наличия общего ствола ЛВ циркулярные воздействия выполняются вначале отдельно в верхней и нижней венах, а затем в области антрума ствола. Допускается максимальное количество 70 воздействий. Для упрощения позиционирования абляционного катетера в ЛВ через интродьюсер можно выполнить контрастирование. Всем пациентам была выполнена объемная реконструкция ЛП и ЛВ на основе мультиспиральной компьютерной томографии (МС

**Таблица 2.**  
**Результаты инструментальных исследований**

Характеристики	Значения	
Эхокардиография		
Размер левого предсердия, мм	40±5	
КСР левого желудочка, мм	32±5	
КДР левого желудочка, мм	49±5	
Фракция выброса левого желудочка, %	63±7	
Мультиспиральная компьютерная томография		
Объем левого предсердия, мл	119,6±28	
Общий ствол левых легочных вен, n (%)	13 (52)	
Правая верхняя легочная вена	Dmax, мм	19,9±3,9
	Dmin, мм	15,9±3,5
Правая нижняя легочная вена	Dmax, мм	17,3±2,0
	Dmin, мм	14,9±2,5
Левая верхняя легочная вена	Dmax, мм	18,9±2,4
	Dmin, мм	14,3±2,6
Левая нижняя легочная вена	Dmax, мм	17,2±1,3
	Dmin, мм	12,2±2,1

Примечание: КСР - конечный систолический размер; КДР - конечный диастолический размер; Dmax - максимальный диаметр; Dmin - минимальный диаметр.



**Рис. 2.** Изоляция легочной вены во время абляции импульсным полем. На каналах циркулярного абляционного катетера (Ring 1-10) до нанесения воздействия отмечается электрическая активность легочной вены, которая после абляции исчезает. Стрелкой отмечен момент подачи энергии с каналов Ring 1-2.

КТ) с контрастированием и проводилось построение электроанатомической модели ЛП и ЛВ циркулярным абляционным катетером.

**Методика проведения необратимой электропорации для изоляции кавотрикуспидального истмуса**

Специально разработан управляемый линейный 4-х полюсный электрод для АИП (Биоток, Россия). Позиционирование в области кавотрикуспидального истмуса (КТИ) осуществляется под рентгенологическим контролем и/или с использованием элек-

троанатомической реконструкции правого предсердия. Абляция проводится последовательно по всем каналам в биполярном режиме между соседними полюсами с напряжением 2000 В длительностью 100 микросекунд. При прохождении линии в одном положении электрода проводилось его перепозиционирование до достижения двунаправленной блокады проведения  $\geq 150$  мс.

#### Наблюдение за пациентами

В раннем послеоперационном периоде осуществлялся мониторинг основных параметров гемодинамики, выполнялась трансторакальная эхокардиография, оценивались результаты лабораторных анализов крови. В последующем проводилась оценка сохранения синусового ритма через 3, 6 и 12 месяцев после операции. Для этого выполнялся дистанционный опрос, анализ ЭКГ, суточного мониторирования ЭКГ. Все пациенты повторно были госпитализированы после истечения «слепого» периода. Было выполнено высокоплотное картирование ЛП с оценкой состоятельности абляционных линий. Возникновение аритмии в период до 3 месяцев («слепой» период) не учитывалось при оценке результатов лечения. При возникновении симптомных и задокументированных пароксизмов аритмии выполнялась повторная катетерная абляция с предварительным трехмерным мультиэлектродным картированием.

#### Статистическая обработка данных

Полученная в ходе исследования база данных хранилась и систематизировалась в программе Microsoft Office Excel 2007. Статистическая обработка проводилась с помощью программ Microsoft Office Excel 2007, SPSS Statistica 23. Все количественные данные были проверены на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. При нормальном распределении показатели описывались в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения. Если распределение отличалось от нормального, то для описания данных приводились медиана и интерквартильный размах. Качественные показатели были описаны путем указания относительных и абсолютных величин. Для проведения оценки эффективности в отдаленном периоде использовался метод Каплана-Майера с построением кривых сохранения синусового ритма.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Общая характеристика клинических параметров пациентов, а также принимаемые антиаритмические препараты и антикоагулянтная терапия представлены в табл. 1. Среди участников преобладали мужчины - 64% (16 пациентов), средний возраст составил  $58 \pm 9$  лет. Пароксизмальной формой ФП страдали 80% (20 пациентов). Наиболее часто сопутствующим забо-

леванием являлась гипертоническая болезнь - у 64%. Среднее количество баллов по шкале CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc составило  $1,6 \pm 1,4$ .

Таблица 3.

#### Основные интраоперационные параметры

Параметры	Значения
Всего устьев ЛВ, n	113
Изолированные ЛВ, %	100
Всего АИП ЛВ на 1 пациента, n	29±11
ЛВ, где потребовалось бонусная АИП	
Левая верхняя ЛВ, n (%)	14 (56)
Левая нижняя ЛВ, n (%)	8 (32)
Правая верхняя ЛВ, n (%)	12 (48)
Правая нижняя ЛВ, n (%)	5 (20)
Абляция КТИ, n (%)	2 (8)
КВ в КТИ (пациент Ф.), n	30
КВ в КТИ (пациент Ч.), n	12
Электрическая кардиоверсия, n (%)	7 (28)
Время нахождения в ЛП, мин.	21,9±11,7
Время флюороскопии, мм:сек	11:23±5:41
Доза излучения, мГуxсм <sup>2</sup>	15037 [29404]
Длительность операции, мин	75 [40]

Примечание: ЛВ - легочная вена; АИП - абляция импульсным полем; КТИ - кавотрикуспидальный истмус, КВ - количество воздействий; ЛП - левое предсердие.

Таблица 4.

#### Результаты анализа крови после проведения абляции

Параметр	Значение
Hb <sub>св</sub> (1-ые сутки), г/л	0,2 [0,225]
Hb <sub>св</sub> (2-ые сутки), г/л	0,1 [0,125]
Тропонин I (1-ые сутки), нг/мл	0,21 [0,105]
Тропонин I (2-ые сутки), нг/мл	1,0 [2,8]

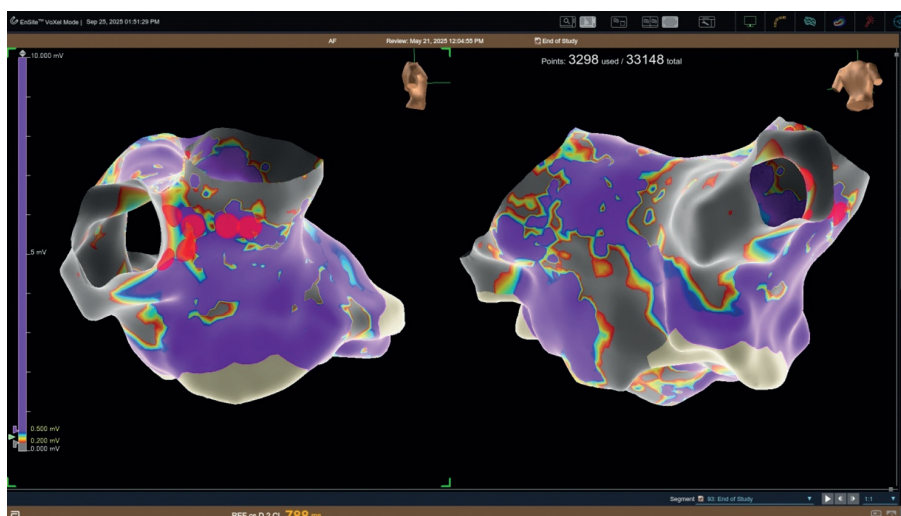


Рис. 3. Повторное высокоплотное картирование пациента с остаточной активностью в области верхнего сегмента правой нижней и нижнего сегмента правой верхней легочных вен, где выполнена дополнительная радиочастотная изоляция.

По результатам инструментальных обследований все пациенты имели сохранную фракцию выброса левого желудочка, средний показатель составил  $63 \pm 7\%$ . Обращали на себя внимание увеличенные значения переднезаднего размера ЛП -  $40,0 \pm 4,7$  мм. Данный факт подтвердился также при проведении МСКТ с контрастированием, на основе которой средний объем ЛП с учетом ушка составил  $119,6 \pm 28$  мл. Более чем у половины пациентов отмечался общий ствол левых ЛВ - 52%. Подробные показатели анатомии сердца по данным инструментальных исследований указаны в табл. 2.

#### Интраоперационные результаты

Всего было изолировано 113 устьев ЛВ, учитывая методику изоляции и необходимости дополнительного воздействия в 13 случаях наличия общего ствола ЛВ. Изоляции удалось добиться в 100% случаев (рис. 2). В среднем на каждого пациента приходилось  $29 \pm 11$  воздействий. Бонусная АИП чаще всего потребовалась в верхних ЛВ. В конце процедуры электрическая кардиоверсия (ЭКВ) потребовалась у 7 пациентов (28%). У некоторых участников исследования с персистирующей формой ФП активность в ЛВ не регистрировалась. Это относится к 2 пациентам с длительно-персистирующей формой. У них отмечалась также диффузная низкоамплитудная активность ЛП, за исключением ушка. Этим пациентам не удалось восстановить синусовый ритм даже после нескольких попыток ЭКВ. При выписке этим участникам исследования была назначена ритмурежающая терапия с достижением ЧСС в диапазоне 60-100 уд/мин.

Таблица 5.

#### Повторная процедура мультиэлектродного картирования

Параметры	Значения
Всего пациентов, n	25
Пациенты с изолированными ЛВ, n (%)	22 (88)
Всего устьев ЛВ, n	113
Изолированные ЛВ, n (%)	108 (95,5)
Дополнительная изоляция ЛВ, n (%)	5 (4,5)
Левая верхняя ЛВ, n	2
Левая нижняя ЛВ, n	2
Правые верхняя и нижняя ЛВ, n	1

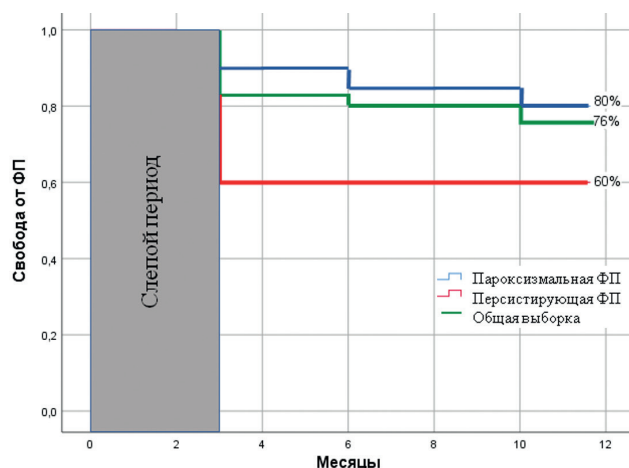


Рис. 4. Функция «выживаемости» синусового ритма у пациентов.

У 2 пациентов также регистрировалось типичное трепетание предсердий. Им выполнялась изоляция КТИ. В одном случае потребовалось 30 и в другом - 12 аппликаций высокой энергии.

В качестве основного критерия анализа времени процедуры мы оценивали время нахождения в ЛП, которое в среднем составило  $21,9 \pm 11,7$  минут. Среднее время флюороскопии составило  $11:23 \pm 5:41$  мин:сек, а медиана дозы ионизирующего излучения  $15037 [29404] \text{ mGyxcm}^2$ . Медиана длительности процедуры от поступления в операционную до перевода в отделение реанимации и интенсивной терапии составила 75 минут с интерквартильным размахом 40 минут. Основные общие параметры операций отражены в табл. 3.

#### Ведение пациентов в раннем послеоперационном периоде

С целью оценки развития гемолиза после АИП на 1-ые и 2-ые сутки после операции пациентам проводили анализ крови на свободный гемоглобин. Наиболее выражено увеличение данного параметра наблюдалось в 1-ые сутки. Также нами проведен анализ концентрации тропонина I, значения которого были выше на 2-ые сутки (табл. 4). Нами не было выявлено ни одного интраоперационного осложнения, связанного с методикой необратимой электропорации. Лишь в одном случае отмечалось осложнение, связанное с сосудистым доступом.

#### Оценка результатов через три месяца наблюдения

После «слепого» периода 3 месяца все пациенты повторно были госпитализированы с целью проведения электрофизиологического исследования и мультиэлектродного картирования для оценки ИЛВ. В 12% случаев (3 пациента) были отмечены «прорывы» возбуждения в ЛВ. Этим участникам исследования выполнялась дополнительная изоляция с помощью точечного катетера для РЧА (рис. 3). Подробные данные повторных процедур отражены в табл. 5. Интересным оказалось наблюдение, что во всех левых ЛВ дополнительная изоляция потребовалась только в заднеинferном сегменте устья. Что касается правых ЛВ, то в единственном случае дополнительная изоляция потребовалась в области верхнего сегмента правой нижней ЛВ и нижнего сегмента правой верхней ЛВ.

#### Результаты в период наблюдения 12 месяцев

В период наблюдения 12 месяцев общая эффективность удержания синусового ритма составила 76% (19 пациентов). При анализе по подгруппам в зависимости от формы ФП мы получили данные, в соответствии с которыми эффективность при пароксизмальной форме составляла 80% (16 пациентов), а при персистирующей 60% (3 пациента) (рис. 4). Пациенты с персистирующей формой ФП, за исключением двух пациентов, у которых синусовый ритм не был восстановлен после операции, удерживали синусовый ритм на протяжении всего периода наблюдения.

Нами проведена оценка свободного гемоглобина, для верификации степени гемолиза. Однако ни у одного пациента не было выявлено признаков нарушения функции почек.

Для диагностики возможных бессимптомных повреждений головного мозга нами была выполнена магнитно-резонансная томография всем пациентам. Протокол обследования включал T2W\_TSE, DWI, dADC, sT1W\_FFE, T2\_FFE\_TRA, FLAIR\_TRA\_3MM. В первую очередь оценивалось наличие новых очагов ограничения диффузии молекул воды, выявление данных зон соответствует «немому» церебральному поражению. Для исключения микрогеморрагий и прочих геморрагических изменений была проведена детальная оценка SWI/T2 на наличие зон выпадения сигнала. В качестве менее вероятных осложнений исключался ишемический инсульт. В результате не было выявлено ни одного случая обнаружения очагов повреждения головного мозга.

### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нами апробирована новая система и методика для проведения АИП. В качестве инструмента использовался циркулярный катетер, через который подавался электрический ток высокой мощности для проведения необратимой электропорации миокарда среди пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП.

Для оценки устойчивой ИЛВ все пациенты повторно были госпитализированы с целью проведения высокоплотного картирования. Изолированными оставались 95,5% (108 ЛВ). Стоит отметить, что в правых ЛВ прорывы возбуждения располагались в области верхнего сегмента правой нижней ЛВ и нижнего сегмента правой верхней ЛВ, что может быть расценено не как недостаток нанесения энергии или позиционирования электрода, а несоответствие циркулярной части аблационного катетера с размерами ЛВ. Наши данные по сохранению изоляции соотносятся с объединенными данными трех зарубежных исследований с самой крупной когортой повторного картирования количеством 110 пациентов, где устойчивая ИЛВ сохранялась в 96% ЛВ (84,1% пациентов) [15]. Теми же авторами было отмечено, что при использовании внутрисердечной эхокардиографии с оценкой контакта электрода с эндокардом показатель хронической изоляции составлял 98,2%. Стоит отметить, что доля изолированных ЛВ при повторном картировании, которым выполнялась катетерная абляция термическими методами, составляла 71% для РЧА и 79% для криобаллонной абляции по данным крупного мета-анализа,

включавшим 1050 пациентов [16]. Однако критерии включения пациентов в данных исследованиях были менее строгие.

Что касается эффективности катетерного лечения ФП, то методика АИП в нашем исследовании продемонстрировала сопоставимые результаты с удержанием синусового ритма в 76% по сравнению с данными зарубежных авторов. Так, в самой крупной работе по оценке применения необратимой электропорации свобода от любой предсердной тахикардии составила 78,5% за 1 год наблюдения [15]. Однако в самом крупном мета-анализе по сравнению термических методов абляции и АИП была выявлена статистически значимая разница по эффективности с преимуществом методики необратимой электропорации (ОШ 0,83; 95% ДИ 0,70-0,98 8;  $p=0,03$ ) [17].

Отдельно хочется отметить короткую длительность операции, медиана которой составила 75 минут с интерквартильным размахом 40 минут. В то же время среднее нахождение катетера для АИП в ЛП составило  $21,9 \pm 11,7$  минут, а учитывая, что это первый опыт работы с новой технологией, мы считаем, что данный показатель можно будет снизить. Если сравнивать длительность операции при применении термических методов абляции с данными литературы, то оно заметно ниже. Так, например, при проведении криобаллонной абляции оно составляет 82-128 минут [5, 17, 18], а для РЧА 140-162 минут [5, 19, 20].

Нами не было отмечено ни одного интраоперационного осложнения, специфичного для новой методики необратимой электропорации. Единственное осложнение относилось к области сосудистого доступа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, новая отечественная технология необратимой электропорации продемонстрировала свою эффективность и безопасность, сопоставимую с традиционными термическими методиками для изоляции ЛВ у пациентов с ФП. Тем не менее, требуется более длительный срок наблюдения за пациентами, которым проводилась АИП для оценки отдаленных результатов лечения. Также для усиления мощности исследования необходимо большее количество участников, особенно когорты, страдающая непароксизмальными формами ФП. Для более точной оценки эффективности метода планируется провести рандомизированное исследование с группами сравнения с использованием термических технологий воздействия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Van Gelder IC, Rienstra M, Bunting KV, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2024;45(36): 3314-3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>.
2. Haïssaguerre M. Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *New England Journal of Medicine*. 1998;339(10): 659-666. <https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003>.
3. Fortuni F, Casula M, Sanzo A, et al. Meta-Analysis Comparing Cryoballoon Versus Radiofrequency as First Ablation Procedure for Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol*. 2020;125(8): 1170-1179. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.01.016>.
4. Murray MI, Arnold A, Younis M, et al. Cryoballoon versus radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Res Cardiol*. 2018;107(8): 658-669. <https://doi.org/10.1007/s00392-018-1232-4>.
5. Kuck KH, Brugada J, Fürnkranz A, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation.

- FIRE AND ICE Investigators. *N Engl J Med*. 2016;374(23): 2235-2245. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1602014>.
6. Nakamura K, Naito, S, Kaseno K, et al. Optimal observation time after completion of circumferential pulmonary vein isolation for atrial fibrillation to prevent chronic pulmonary vein reconnections. *Int J Cardiol*. 2013;168(6): 5300-5310. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.08.011>.
7. Kuck KH, Albenque, JP, Chun KJ, et al. Repeat Ablation for Atrial Fibrillation Recurrence Post Cryoballoon or Radiofrequency Ablation in the FIRE AND ICE Trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2019;12(6): e007247. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.119.007247>.
8. Kuck KH, Fürnkranz A, Chun KR, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: reintervention, rehospitalization, and quality-of-life outcomes in the FIRE AND ICE trial. *Eur Heart J*. 2016;37(38): 2858-2865. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw285>.
9. Kuck KH, Hoffmann BA, Ernst S, et al. Impact of Complete Versus Incomplete Circumferential Lines Around the Pulmonary Veins During Catheter Ablation of Paroxysmal Atrial Fibrillation: Results From the Gap-Atrial Fibrillation-German Atrial Fibrillation Competence Network 1 Trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2016;9(1): e003337. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.115.003337>.
10. Арчаков ЕА, Баталов РЕ, Хлынин МС и др. Электропорация миокарда - альтернатива термическим методам лечения фибрилляции предсердий. Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2023;19(3): 277-281. [Archakov EA, Batalov RE, Khlymin MS, et al. Myocardial electroporation - an alternative to thermal methods of atrial fibrillation treatment. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2023;19(3): 277-281. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2023-2840>.
11. Reddy VY, Neuzil P, Koruth JS, et al. Pulsed field ablation for pulmonary vein isolation in atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(3): 315-326.
12. Аванесян ГА, Сапарбаев АА, Филатов АГ, и др. Абляция импульсным полем в лечении фибрилляции предсердий. *Креативная кардиология*. 2021;15(3): 332-41. [Avanesyan GA, Saparbaev AA, Filatov AG, et al. Pulsed field ablation in the treatment of atrial fibrillation. *Creative Cardiology*. 2021;15(3): 332-41. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2021-15-3-332-341>.
13. Reddy VY, Gerstenfeld EP, Natale A, et al. ADVENT Investigators (2023). Pulsed Field or Conventional Thermal Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *The New England journal of medicine*, 389(18): 1660-1671. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2307291>.
14. Reddy VY, Mansour M, Calkins H, et al. Pulsed Field vs Conventional Thermal Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation: Recurrent Atrial Arrhythmia Burden. *Journal of the American College of Cardiology*. 2024;84(1): 61-74.
15. Reddy VY, Dukkipati SR, Neuzil P, et al. Pulsed Field Ablation of Paroxysmal Atrial Fibrillation: 1-Year Outcomes of IMPULSE, PEFCAT, and PEFCAT II. *JACC Clin Electrophysiol*. 2021;7(5): 614-627. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2021.02.014>.
16. Serban T, Mannhart D, Abid QU, et al. Durability of pulmonary vein isolation for atrial fibrillation: a meta-analysis and systematic review. *Europace*. 2023;25(11): euad335. <https://doi.org/10.1093/europace/euad335>.
17. De Campos MCAV, Moraes VRY, Daher RF, et al. Pulsed-field ablation versus thermal ablation for atrial fibrillation: A meta-analysis. *Heart Rhythm*. 2024;5(6): 385-395. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2024.04.012>.
18. Hoffmann E, Straube F, Wegscheider K, et al. Outcomes of cryoballoon or radiofrequency ablation in symptomatic paroxysmal or persistent atrial fibrillation. *Europace*. 2019;21: 1313-24.
19. Chun KRJ, Okumura K, Scuzzuso F, et al. Safety and efficacy of cryoballoon ablation for the treatment of paroxysmal and persistent AF in a real-world global setting: results from the cryo AF global registry. *J Arrhythm*. 2021;37: 356-67.
20. Arbelo E, Brugada J, Blomstrom-Lundqvist C, et al. Contemporary management of patients undergoing atrial fibrillation ablation: in-hospital and 1-year follow-up findings from the ESC-EHRA atrial fibrillation ablation long-term registry. *Eur Heart J*. 2017;38: 1303-16.