

## Катетерная абляция предсердных аритмий у пациентов после торакоскопической абляции персистирующих форм фибрилляции предсердий

Артюхина Е. А., Таймасова И. А., Ревিশвили А. Ш.

**Цель.** Определить механизмы возникновения и подходов к интервенционному лечению постоперационных предсердных тахикардий у пациентов после торакоскопической абляции фибрилляции предсердий (ФП).

**Материал и методы.** Проанализированы результаты торакоскопической абляции ФП 46 пациентов. 19,5% (9) имели предсердные тахикардии в послеоперационном периоде, что вторым этапом потребовало интервенционного вмешательства после трехмесячного "слепого периода". Во время процедуры катетерной абляции независимо от характера тахикардии выполнялась анатомическая реконструкция левого и правого предсердия с построением высокоплотных вольтажных карт для визуализации повреждений, компетентности изоляции легочных вен (ЛВ) и задней стенки левого предсердия (ЛП). После проведения радиочастотной абляции и восстановления синусового ритма, выполнялось повторное построение высокоплотных карт для верификации блокады проведения и отсутствия электрической активности в местах воздействия.

**Результаты.** Полная изоляция ЛВ верифицирована у 5 из 9 пациентов, остаточная фрагментированная спайковая активность с отсутствием проведения в ЛП при стимуляции ЛВ — 4 пациентов. 22,2% (2) пациентов имели типичное истмус-зависимое трепетание предсердий (ТП), которое устранено радиочастотной абляцией каватрикуспидального перешейка. У 77,7% (7) выявлено атипичное левопредсердное ТП. Из них 66,6% (6) пациентов имели зону несостоятельной торакоскопической абляции, которая верифицировалась в области крыши ЛП — верхняя линия при выполнении "Вох". Перимитральное ТП с верификацией зоны замедленного проведения по передней стенке ЛП выявлено у 11,1% (1) пациентов. В данных зонах были выполнены эффективные РЧ-воздействия. Выявлены 2 основных фактора, влияющих на несостоятельность линий абляции: объем ЛП и индекс массы тела (ИМТ). В группе с аритмиями объем ЛП составил  $180,2 \pm 35,6$  мл vs  $158,34 \pm 38,5$  мл в группе пациентов, сохранявших стабильный синусовый ритм, а ИМТ составил  $30,8 \pm 3,1$  кг/м<sup>2</sup>, vs  $28,9 \pm 3,9$  кг/м<sup>2</sup>, соответственно. Средний срок наблюдения составил  $9,8 \pm 2,7$  мес. Все пациенты после катетерной абляции сохранили стабильный синусовый ритм.

**Заключение.** Причинами возникновения предсердных аритмий после торакоскопической абляции ФП служат несостоятельные линии абляции. Основными предикторами несостоятельности линейных воздействий и возникновения аритмий являются большой объем ЛП и высокий ИМТ пациента. Использование высокоплотного картирования позволяет повысить эффективность

устранения аритмий. Сочетание эпи- и эндокардиальных доступов является наиболее эффективным подходом хирургического лечения персистирующих форм ФП.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий, торакоскопическая абляция, предсердные тахикардии, высокоплотное картирование, радиочастотная абляция.

**Отношения и деятельность:** нет.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А. В. Вишневского Минздрава России, Москва, Россия.

Артюхина Е. А. — д.м.н, руководитель отделения электрофизиологических рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения аритмий, ORCID: 0000-0001-7065-0250, Таймасова И. А.\* — сердечно-сосудистый хирург, аспирант отделения электрофизиологических рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения аритмий, ORCID: 0000-0002-9280-9063, Ревিশвили А. Ш. — акад. РАН, профессор, д.м.н., директор, ORCID: 0000-0003-1791-9163.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):  
irina-tame@yandex.ru

ИМТ — индекс массы тела, КТИ — каватрикуспидальный перешеек, ЛВ — легочные вены, ЛП — левое предсердие, ПП — правое предсердие, РЧА — радиочастотная абляция, РЧ — радиочастотная(-ое), ТП — трепетание предсердий, ФП — фибрилляция предсердий, ЭКГ — электрокардиограмма.

**Рукопись получена** 08.12.2019

**Рецензия получена** 26.12.2019

**Принята к публикации** 20.01.2020



**Для цитирования:** Артюхина Е. А., Таймасова И. А., Ревিশвили А. Ш. Катетерная абляция предсердных аритмий у пациентов после торакоскопической абляции персистирующих форм фибрилляции предсердий. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(7):3655. doi:10.15829/1560-4071-2020-3655

## Catheter ablation of atrial arrhythmias in patients after thoracoscopic ablation of persistent atrial fibrillation

Artyukhina E. A., Taymasova I. A., Revishvili A. Sh.

**Aim.** To determine the mechanisms of development and approaches to interventional treatment of postoperative atrial tachycardia in patients after thoracoscopic ablation (TA) of atrial fibrillation (AF).

**Material and methods.** The results of thoracoscopic ablation of AF in 46 patients were analyzed, of which 19,5% (n=9) had atrial tachycardia after the procedure. Radiofrequency ablation (RFA) was conducted in these patients after a 3-month blanking period. Regardless of tachycardia type, the three-dimensional reconstruction including high-density right and left atrial (LA) voltage mapping was performed in order to visualize the lesions, pulmonary veins and LA posterior wall isolations. After RFA and sinus rhythm restoration,

re-mapping was performed to assess conduction block and absence of electrical activity in the lesion zones.

**Results.** Complete pulmonary vein (PV) isolation was verified in 55,5% of patients (n=5). In 44,4% (n=4), there were residual PV fractionated potentials without conduction with LA. In 22,2% of subjects (n=2), we identified typical atrial flutter (AFL), which was terminated by RFA in cavitricuspid isthmus (CTI). There were 77,7% (n=7) of patients who were diagnosed with atypical LA flutter; 66,6% (n=6) of them had conduction reconnection at the thoracoscopic box-lesion line. Perimitral AFL with slow conduction zone which was located on the anterior wall of LA was verified in 11,1% of patients (n=1). The effective RFA was performed in these areas.

Two main factors affecting failed ablation were LA volume and body mass index (BMI). In patients with arrhythmias after TA, LA volume was  $180,2 \pm 35,6$  ml vs  $158,34 \pm 38,5$  ml in patients with sinus rhythm. BMI was  $30,8 \pm 3,1$  kg/m<sup>2</sup> and  $28,9 \pm 3,9$  kg/m<sup>2</sup>, respectively. The mean follow-up was  $9,8 \pm 2,7$  months. All patients after catheter ablation maintained a stable sinus rhythm.

**Conclusion.** Atrial tachycardia after TA is caused by the gaps in box-lesion lines. The main predictors of gaps are high values of LA volume and BMI. The high-density mapping increases the effectiveness of RFA. Combination of epicardial and endocardial accesses is the most effective approach to treatment of patients with persistent AF.

**Key words:** atrial fibrillation, thoracoscopic ablation, atrial tachycardia, high-density mapping, radiofrequency ablation.

**Relationships and Activities:** none.

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным видом нарушений ритма сердца. Вследствие прогрессирующего роста заболеваемости и высокого риска осложнений, связанных с данной патологией, усовершенствование методов лечения ФП является актуальной проблемой [1]. Методом выбора в лечении ФП, резистентной к антиаритмической терапии, является интервенционное катетерное лечение. При пароксизмальных формах ФП эффективность катетерной абляции достигает 70-80%, тогда как при персистирующих формах ФП пациенты нуждаются в неоднократных повторных процедурах для сохранения синусового ритма в отдаленном периоде [2, 3]. Вследствие этого в последние годы широко используются альтернативные хирургические миниинвазивные и торакоскопические подходы [4, 5]. Несмотря на большую эффективность этих методов по сравнению с катетерной методикой, у пациентов с персистирующей ФП в ряде случаев возникает необходимость выполнения последующего катетерного лечения постоперационных предсердных тахикардий [2, 6].

Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia.

Artyukhina E.A. ORCID: 0000-0001-7065-0250, Taymasova I.A.\* ORCID: 0000-0002-9280-9063, Revishvili A. Sh. ORCID: 0000-0003-1791-9163.

\*Corresponding author:  
irina-tame@yandex.ru

**Received:** 08.12.2019 **Revision Received:** 26.12.2019 **Accepted:** 20.01.2020

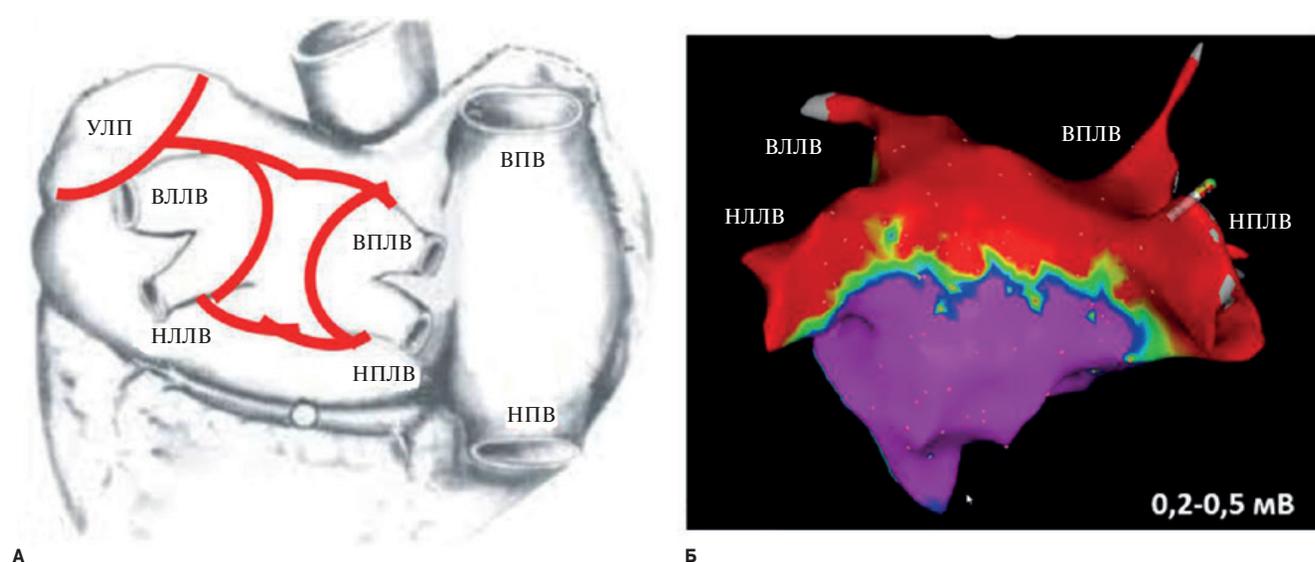
**For citation:** Artyukhina E.A., Taymasova I.A., Revishvili A. Sh. Catheter ablation of atrial arrhythmias in patients after thoracoscopic ablation of persistent atrial fibrillation. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(7):3655. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2020-3655

Целью данного исследования является определение механизмов возникновения и подходов к интервенционному лечению постоперационных предсердных тахикардий у пациентов после торакоскопической абляции ФП.

### Материал и методы

Торакоскопическая абляция ФП была выполнена 46 пациентам (38 мужчин, 8 женщин), средний возраст  $56,5 \pm 9,4$  лет, с применением используемой в центре методики — биполярная изоляция легочных вен (ЛВ), создание линейных повреждений по крыше и задней стенке левого предсердия (ЛП) — “Box lesion” (рис. 1А). В 78,2% (36) случаев выполнялась ампутация ушка ЛП. 4,3% (2) пациентов дополнительно выполнялись воздействия в правом предсердии (ПП): линия между полыми венами (“кавакавальная”) и линия к ушку ПП (табл. 1).

19,5% (9) имели предсердные тахикардии в послеоперационном периоде (через  $16,2 \pm 14,5$  дней), что вторым этапом потребовало интервенционного вмешательства после трехмесячного “слепого периода”.



**Рис. 1.** ЛП после торакоскопической абляции ФП. **А.** Схема операции торакоскопической абляции. **Б.** Вольтажная карта после трехмерной реконструкции ЛП у пациента после торакоскопической абляции. Изоляция ЛВ и задней стенки ЛП. Вольтажная карта ЛП (амплитуда сигнала 0,2 мВ — 0,5 мВ).

**Сокращения:** ВПЛВ — верхняя правая легочная вена, ВЛЛВ — верхняя левая легочная вена, НПЛВ — нижняя правая легочная вена, НЛЛВ — нижняя левая легочная вена, УЛП — ушко левого предсердия.

Таблица 1

Объем вмешательств при торакоскопической аблации

Вид воздействия	Количество пациентов
Воздействия только в ЛП ("Box-Lesion")	15,2% (7)
Воздействия в ЛП ("Box-Lesion"), ампутация УЛП	78,2% (36)
Воздействия в ЛП ("Box-Lesion"), ампутация УЛП и воздействия в ПП ("кава-кавальная" линия и линия к УПП)	4,3% (2)
Воздействия в ЛП ("Box-Lesion"), передняя линия к митральному клапану, ампутация УЛП	2,17% (1)

Сокращения: ЛП — левое предсердие, ПП — правое предсердие, УЛП — ушко левого предсердия, УПП — ушко правого предсердия.

Таблица 2

Характеристика пациентов после торакоскопической аблации

	Пациенты после торакоскопической аблации	Пациенты с синусовым ритмом	Пациенты с предсердными тахикардиями
Количество	46	37	9
Возраст (л)	56,5±9,4	56,1±9,5	54,2±9,2
Пол (муж/жен)	38/8	31/6	7/2
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	29,5±3,76	28,9±3,9	30,8±3,1 (p>0,05)
Форма ФП			
пароксизмальная	21,7% (10)	24,3% (9)	11,1% (1)
персистирующая	15,2% (7)	8,1% (3)	44,4% (4)
длительно персистирующая	63,04% (29)	67,5% (25)	44,4% (4)
Пациенты с РЧА в анамнезе	30,4% (14)	27,1% (10)	44,4% (4)
Объем ЛП (мл)	162,6±38,6	158,34±38,5	180,2±35,6 (p>0,05)

Сокращения: ИМТ — индекс массы тела, ЛП — левое предсердие, РЧА — радиочастотная аблация, ФП — фибрилляция предсердий, p — уровень статистической значимости различий между группами.

Характеристики пациентов с предсердными тахикардиями представлены в таблице 2.

Всем пациентам до проведения торакоскопической аблации и перед выполнением катетерной процедуры выполнялись мультиспиральная компьютерная томография ЛП и ЛВ, суточное мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) по Холтеру, трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография. В периоперационном периоде все оставались на антиаритмической и антикоагулянтной терапии.

При выполнении процедуры катетерной аблации выполнялись венозные доступы по методике Сельдингера: пункция левой подключичной вены, через которую в коронарный синус устанавливался 10-полюсный диагностический электрод, дважды пункция правой бедренной вены. Независимо от характера аритмии, под флюороскопическим контролем производилась трансептальная пункция для доступа к ЛП. Гепаринизация производилась по общепринятой методике из расчета 100 Ед/кг, с последующим повторным введением дополнительной дозы под контролем аспаратаминотрансферазы для достижения параметров 300.

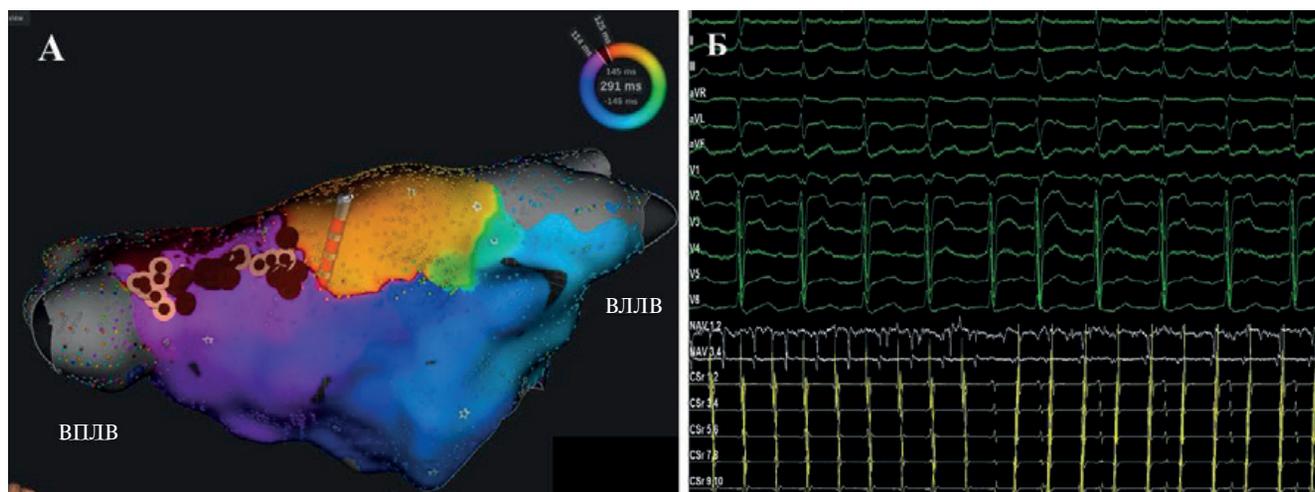
В ЛП вводился аблационный электрод и многополюсные диагностические электроды для высокоплотного картирования "PentaRay" (Biosense Webster) или "Orion" (Boston Scientific), в зависимости от используемой навигационной системы трехмерного карти-

рования. Выполнялась анатомическая реконструкция ЛП и ПП с построением вольтажных карт для визуализации повреждений, компетентности изоляции ЛВ и задней стенки ЛП. Анализ высокоплотных вольтажных изохронных карт (>5 тыс. аннотированных точек в каждой камере сердца) и карт распространения возбуждения ("propagation map") на тахикардии, позволял визуализировать зоны замедленного проведения, локального блока и верифицировать круг тахикардии.

После проведения радиочастотной аблации (РЧА) и восстановления синусового ритма выполнялось повторное построение высокоплотных карт на стимуляции из коронарного синуса для верификации блокады проведения и отсутствия электрической активности в местах воздействий.

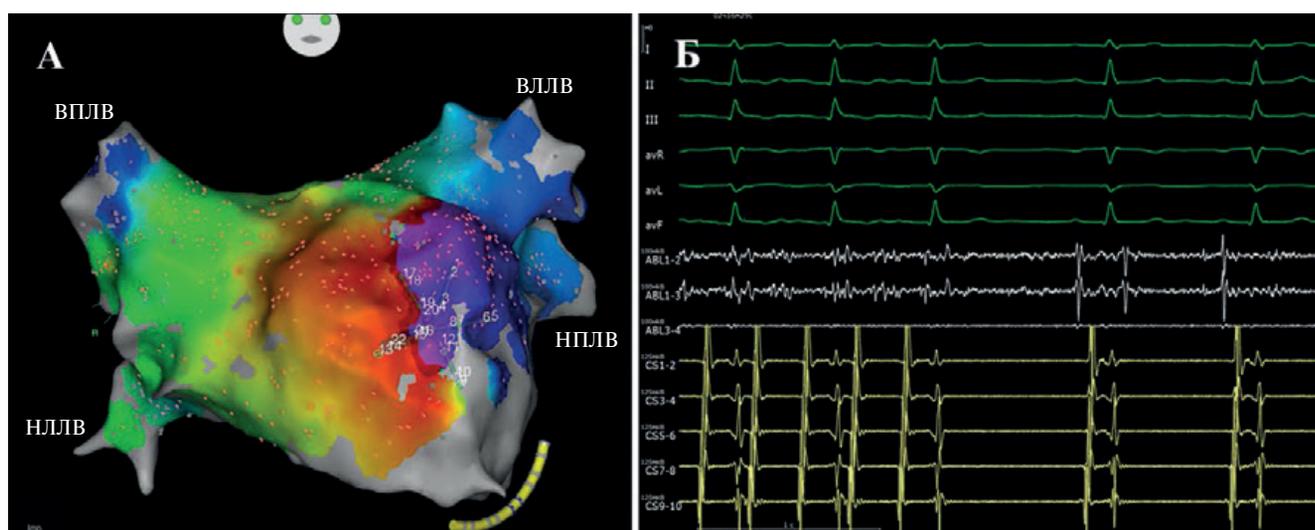
Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом клинического центра. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Статистический анализ: статистическая обработка результатов включала методы описательной статистики — вычисление средних значений, стандартных отклонений. Статистическая значимость различий между группами оценивалась по t-критерию Стьюдента.



**Рис. 2.** Устранение левопредсердного ТП с длительностью цикла 299 мс у пациента после торакоскопической абляции. **А.** Высокоплотная карта активации ЛП, построенная с использованием электрода “Орион”. Зона прорыва возбуждения по крыше ЛП, где выполнены РЧ-воздействия. **Б.** Переход левопредсердного трепетания в правопредсердное при воздействии по крыше ЛП. I-III, aVL, aVR, aVF, V1-V6- отведения ЭКГ, CS 1-10 — запись с 10-полюсного диагностического электрода в коронарном синусе, NAV 1-4 — электрограмма с абляционного электрода во время воздействия.

**Сокращения:** ВПЛВ — верхняя правая легочная вена, ВЛЛВ — верхняя левая легочная вена, ЛП — левое предсердие, ТП — трепетание предсердий, ЭКГ — электрокардиограмма.



**Рис. 3.** Устранение левопредсердного перимитрального ТП у пациента после торакоскопической абляции. **А.** Высокоплотная карта активации ЛП, построенная с использованием электрода “Penta ray”. Зона прорыва возбуждения по передней стенке ЛП. **Б.** Восстановление синусового ритма при воздействии по передней стенке ЛП. I-III, aVL, aVR, aVF, V1-V6- отведения ЭКГ, CS 1-10 — запись с 10-полюсного диагностического электрода в коронарном синусе. ABL 1-4 — запись с абляционного электрода во время воздействия.

**Сокращения:** ВПЛВ — верхняя правая легочная вена, ВЛЛВ — верхняя левая легочная вена, ЛП — левое предсердие, НПЛВ — нижняя правая легочная вена, НЛЛВ — нижняя левая легочная вена, ТП — трепетание предсердий, ЭКГ — электрокардиограмма.

### Результаты

Полная изоляция ЛВ верифицирована у 55,5% (5), остаточная фрагментированная спайковая активность с отсутствием проведения в ЛП при стимуляции ЛВ — у 44,4% (4): 3 — правая верхняя ЛВ, 2 — левая верхняя ЛВ. Во всех случаях выполнена точечная антральная доизоляция активных сегментов ЛВ до исчезновения потенциалов (рис. 1Б).

22,2% (2) пациентов имели типичное истмус-зависимое трепетание предсердий (ТП), которое устра-

нено РЧА каватрикуспидального перешейка (КТИ). У большинства пациентов с тахикардиями 77,7% (7) — выявлено атипичное левопредсердное ТП.

66,6% (6) пациентов имели зону несостоятельной торакоскопической абляции, которая верифицировалась в области крыши ЛП — верхняя линия при выполнении “Box”. В этих случаях выполнялись линейные воздействия, замыкающие верхнюю линию между верхними ЛВ. Отмечалось восстановление синусового ритма или смена фронта актива-

ции с левопредсердного на правопредсердный (рис. 2).

Перимитральное ТП с верификацией зоны замедленного проведения по передней стенке ЛП выявлено у 11,1% (1) пациентов. Выполнены линейные радиочастотные (РЧ)-воздействия от крыши ЛП к митральному клапану с восстановлением синусового ритма (рис. 3).

При проведении анализа клинических данных пациентов после торакоскопической абляции с наличием предсердных аритмий и сохранивших стабильный синусовый ритм, выявлено 2 основных фактора, влияющих на возникновение аритмий. В группе с аритмиями объем ЛП составил  $180,2 \pm 35,6$  мл vs  $158,34 \pm 38,5$  мл ( $p > 0,05$ ). А также индекс массы тела (ИМТ) —  $30,8 \pm 3,1$  кг/м<sup>2</sup> vs  $28,9 \pm 3,9$  кг/м<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ ) (табл. 2).

Средний срок наблюдения составил  $9,8 \pm 2,7$  мес. Все пациенты после катетерной абляции сохранили стабильный синусовый ритм.

### Обсуждение

Первую операцию радикального хирургического лечения ФП, названную “Лабиринт”, выполнил J. Cox в 80-х годах прошлого столетия [7]. Методика “разрез-шов” (“cut-and-sew”), лежащая в основе первоначальной процедуры “Лабиринт”, обеспечивала хороший эффект и длительную свободу от ФП, но травматичность хирургических подходов, связанных с операцией, ограничивала ее применение в изолированном виде. В последующем, методика подвергалась значительным модификациям, в основном за счет использования альтернативных источников энергии [8]. Однако в ряде случаев, несмотря на эффективность метода, в послеоперационном периоде могут иметь место предсердные тахикардии, требующие для устранения детального высокоплотного картирования предсердий [9-12].

Случаи возникновения тахикардий после торакоскопической абляции описаны в работе Liu X и Dong J [13]. В исследовании описаны случаи предсердных тахикардий у 8 пациентов, прошедших операцию торакоскопической абляции. У 3 пациентов зарегистрирован возврат ФП, у остальных — типичное ТП. При построении активационных и вольтажных карт выявлены прорывы в легочных венах и несостоятельность линии по крыше ЛП. Прорывы возбуждения в венах локализовались в верхнем и нижнем сегментах ЛВ. При катетерном воздействии активность в данных зонах исчезала достаточно быстро. Авторы связывают наличие несостоятельности воздействий с недостаточностью РЧ-энергии на концах и в месте соединения электродов биполярного зажима. В исследовании Hye Bin Gwag [14] были включены 154 пациента после торакоскопической абляции. В послеоперационном периоде у 11 пациентов зарегистриро-

ван возврат ФП, у 11 пациентов — атипичное ТП. У 13 пациентов выявлены зоны прорыва возбуждения в ЛВ, большинство из которых находились в задних сегментах ЛВ. В сроке наблюдения  $9,1 \pm 1,4$  мес. у 76,7% пациентов сохранялся стабильный синусовый ритм после катетерной процедуры.

В исследовании Veukema RJ [15] описывается катетерная абляция предсердных тахикардий, возникших у 23 из 41 пациентов, прошедших процедуру торакоскопической абляции. У 20 пациентов был диагностирован возврат ФП (пароксизмальная форма), у 2 пациентов отмечался возврат ФП в сочетании с предсердной тахикардией, у 1 пациента диагностирован возврат ФП в сочетании с ТП 1 типа. При электрофизиологическом исследовании у всех 23 пациентов отмечались прорывы возбуждения в ЛВ. Чаще всего электрическая активность регистрировалась в области Ridge, а также в нижнем сегменте нижней правой легочной вены. В данных областях выполнялись РЧ-воздействия. Пациенту с типичным ТП дополнительно выполнялась абляция в КТИ. Авторы делают вывод, что у данной категории пациентов воздействия изначально не являлись трансмуральными. В качестве причин могут выступать тактические и технические особенности, такие как недостаточное количество РЧ-аппликаций или неравномерное распределение энергии в используемых зажимах. Авторы также предполагают, что трансмуральность во время торакоскопической абляции не была достигнута из-за избыточной массы тела пациентов (у 83% пациентов ИМТ был  $> 25$  кг/м<sup>2</sup>). Следовательно, существует вероятность поглощения значительной части энергии РЧ-воздействия эпикардальной жировой тканью, что приводит к несостоятельности линий воздействия.

### Заключение

У пациентов после процедуры торакоскопической абляции могут иметь место предсердные тахикардии, несмотря на эффективную изоляцию ЛВ. Причинами возникновения аритмий служат, как правило, несостоятельные линии абляции в местах повышенного эпикардального жира. Они создают зоны неоднородного миокарда, и, как следствие, области замедленного проведения возбуждения и предпосылки для возникновения механизма повторного входа — “re-entry”.

В нашем наблюдении лечения пациентов с использованием торакоскопической абляции, основными предикторами несостоятельности линейных воздействий и возникновения аритмий являются большой объем ЛП и высокий ИМТ пациента. Использование высокоплотного картирования позволяет точно верифицировать зоны замедленного и блока проведения и повысить эффективность устранения тахикардий.

КТИ играет роль в возникновении типичного ТП, т.к. данная область недоступна для воздействия при торакоскопической абляции, а эндокардиальные воздействия дают возможность радикально вылечить этих пациентов.

В данном исследовании, у всех 9 пациентов сохранился стабильный синусовый ритм. Эффективность процедуры составила 100% при сроке наблюдения  $9,8 \pm 2,7$  мес.

Таким образом, сочетание эпи- и эндокардиальных доступов является наиболее эффективным подходом хирургического лечения персистирующих форм ФП.

**Отношения и деятельность:** авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

### Литература/References

- Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *European Heart Journal*. 2016;37(38):2893-962. doi:10.1093/eurheartj/ehw210.
- Castella M, Kotecha D, van Laar Ch, et al Thoracoscopic vs. catheter ablation for atrial fibrillation: long-term follow-up of the FAST randomized trial. *Europace*. 2019;00:1-8. doi:10.1093/europace/euy325.
- Verma A, Jiang CY, Betts TR, et al. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2015;372:1812-22. doi:10.1056/NEJMoa1408288.
- La Meir M, Gelsomino S, Luca F, et al. Minimal invasive surgery for atrial fibrillation: an updated review. *Europace*. 2013;15:170-82. doi:10.1093/europace/eus216.
- Wolf RK, Schneeberger EW, Osterday R, et al. Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;130:797-802. doi:10.1016/j.jtcvs.2005.03.041.
- Probst J, Jidéus L, Blomström P, et al. Thoracoscopic epicardial left atrial ablation in symptomatic patients with atrial fibrillation. *Europace*. 2016;18(10):1538-44. doi:10.1093/europace/euv438.
- January CT, Wann LS, Alpert JS, et al. 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation*. 2014;130:2071-104. doi:10.1161/CIR.0000000000000040.
- Cox JL, Malaisrie SCH, Kislitsina ON, et al. The electrophysiologic basis for lesions of the contemporary Maze operation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;157:584-90. doi:10.1016/j.jtcvs.2018.08.007.
- Altman RK, Proietti R, Barrett CD, et al. Management of refractory atrial fibrillation postsurgical ablation. *Ann Cardiothorac Surg*. 2014;3:91-7. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.12.08.
- McElderry HT, McGiffin DC, Plumb VJ, et al. Proarrhythmic aspects of atrial fibrillation surgery: mechanisms of postoperative macroreentrant tachycardias. *Circulation*. 2008;117:155-62. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.688358.
- Bockeria LA, Revishvily ASH, Artyukhina EA. Clinical case of atrial tachycardias removal following "labyrinth-3" surgery using nonfluoroscopic mapping system. *Annals of Arrhythmology*. 2009;(2):74-80. (In Russ.) Бокерия Л.А., Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А. Клинический случай устранения предсердных тахикардий после операции "Лабиринт-3" с использованием системы нефлюороскопического картирования. *Анналы аритмологии*. 2009;(2):74-80.
- Artyukhina EA, Dedukh EV, Yashkov MV. Stage surgical and catheter approach to the treatment of long-persistent atrial fibrillation. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(7):96-8. (In Russ.) Артюхина Е.А., Дедух Е.В., Яшков М.В. Этапный хирургический и катетерный подход к лечению длительно-персистирующей фибрилляции предсердий. *Российский кардиологический журнал*. 2019;(7):96-8. doi:10.15829/1560-4071-2019-7-96-98.
- Liu X, Dong J, Mavrakis HE, et al. Mechanisms of arrhythmia recurrence after video-assisted thoracoscopic surgery for the treatment of atrial fibrillation: insights from electrophysiological mapping and ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2009;20(12):1313-20. doi:10.1111/j.1540-8167.2009.01627.
- Gwag HB, Jeong DS, Hwang JK, et al. Characteristics of Symptomatic Recurrent Tachyarrhythmia after Thoracoscopic Ablation for Persistent Atrial Fibrillation. *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 2019;42(6):686-93. doi:10.1111/pace.13667.
- Beukema RJ, Adiyaman A, Smit JJ, et al. Catheter ablation of symptomatic postoperative atrial arrhythmias after epicardial surgical disconnection of the pulmonary veins and left atrial appendage ligation in patients with atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2016;49:265-71. doi:10.1093/ejcts/ezv047.