

ПРЕДИКТОРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИНУСОВОГО РИТМА В ХОДЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРСИСТИРУЮЩЕЙ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

В.Ю.Цивковский¹, А.В.Чапурных^{1,2}, В.Б.Нижниченко¹, А.С.Митин¹¹ФГБУ «Центральная Клиническая Больница с поликлиникой» управления делами президента РФ, Россия, Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15; ²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1.

Цель. Выявить предикторы восстановления синусового ритма во время радиочастотной аблации (РЧА) у пациентов с персистирующей фибрилляцией предсердий (ФП).

Материал и методы исследования. В исследование включен 51 пациент (67,10±9,49 лет, 37 мужчин (72%)) с персистирующей ФП, направленный на РЧА. Всем пациентам выполняли мультиэлектродное картирование левого предсердия (ЛП) катетером PentaRay (Biosense Webster, США) с построением вольтажной карты ЛП с расчетом показателей низкого вольтажа (НВ) при пороге 0,5 мВ и процента НВ (НВ%), а также анализом наличия фракционированной продолженной низкоамплитудной активности, дисперсий электрограмм как триггеров ФП. При сохранении ФП после изоляции легочных вен последовательно выполняли дополнительные линейные аблации в области крыши ЛП, задней стенки ЛП с формированием блока задней стенки ЛП, митрального истмуса. При сохранении ФП после дополнительных линейных аблаций выполняли электрофизиологическое картирование с повторным поиском триггеров ФП. При трансформации ФП в трепетание предсердий выполняли активационное картирование ЛП и, при возможности, маневр «вхождения» (entrainment) для верификации механизма аритмии и картирования критического истмуса. Если получить синусовый ритм во время аблации не представлялось возможным, выполняли электрическую кардиоверсию.

Результаты. Синусовый ритм восстановлен в ходе РЧА у 29 (56,8%) пациентов, с помощью электрической кардиоверсии у 22 пациентов (43,2%). Были выявлены статистически значимые различия между типами восстановления ритма, длительностью персистирования ФП ($p=0,013$; AUC=0,705) и скоростью изгнания из ушка ЛП ($p=0,021$; AUC=0,697). Пациенты, у которых восстановление ритма произошло на этапе изоляции легочных вен, имели достоверно меньший объем ЛП ($p=0,004$; AUC=0,796) и НВ% ($p=0,002$; AUC=0,792). Группа пациентов с элиминацией ФП прямым восстановлением в синусовый ритм во время РЧА имела достоверно меньший НВ% ($p=0,039$; AUC=0,738) по сравнению с пациентами, у которых элиминация ФП разрешилась трансформацией в трепетание предсердий.

Заключение. Длительность персистирования и скорость изгнания из ушка ЛП являются предикторами восстановления синусового ритма в ходе РЧА. Среди группы с восстановлением синусового ритма в ходе аблации пациенты, у которых восстановление ритма произошло на этапе ИЛВ, имеют меньший НВ% и объем ЛП. Процент НВ более 28,5% явился предиктором трансформации ритма в атипичное трепетание предсердий при РЧА персистирующей ФП.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; радиочастотная аблация; снижение вольтажа левого предсердия; восстановление синусового ритма

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 13.10.2025 **Исправленная версия получена:** 21.11.2025 **Принята к публикации:** 20.03.2026

Ответственный за переписку: Цивковский Виктор Юрьевич, E-mail: tsivkov@yandex.ru

В.Ю.Цивковский - ORCID ID 0009-0007-5470-4969, А.В.Чапурных - ORCID ID 0000-0001-5517-855X, В.Б.Нижниченко - ORCID ID 0000-0003-2329-8156, А.С.Митин - ORCID ID 0009-0007-7267-0328

Для цитирования: Цивковский ВЮ, Чапурных АВ, Нижниченко ВБ, Митин АС. Предикторы восстановления синусового ритма в ходе радиочастотной аблации у пациентов с персистирующей фибрилляцией предсердий. *Вестник аритмологии*. 2026;33(2): 5-13. <https://doi.org/10.35336/VA-1577>.

PREDICTORS OF SINUS RHYTHM RESTORATION DURING RADIOFREQUENCY ABLATION IN PATIENTS WITH PERSISTENT ATRIAL FIBRILLATION

V.Yu.Tcivkovskii¹, A.V.Chapurnykh^{1,2}, V.B.Nizhnichenko¹, A.S.Mitin¹¹FSBI «Central Clinical Hospital with Polyclinic» of the Administration of the President of the Russian Federation, Russia, Moscow, 15 Marshal Timoshenko str.; ²FSBEI of FPE «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the MH RF, Russia, Moscow, 2/1c1 Barrikadnaya str.

Aim. To identify predictors of sinus rhythm restoration during radiofrequency ablation (RFA) in patients with persistent atrial fibrillation (AF).

Methods. The study included 51 patients with persistent AF who underwent primary RFA. All patients underwent left atrial (LA) voltage mapping. The percentage of low-voltage areas (LVA%) was calculated, with a low-voltage threshold 0.5 mV. After pulmonary vein isolation (PVI), if AF persists, posterior wall isolation and mitral isthmus ablation were performed. In cases of persistent AF, LA electrophysiological mapping was performed using a multielectrode catheter to identify areas of fractionated signals and local re-entry, followed by ablation of these areas. If AF transformed into atrial flutter, activation mapping was performed to verify the arrhythmia mechanism and ablate the critical isthmus. If the AF rhythm persisted, electrical cardioversion was performed.

Results. Sinus rhythm was restored during RFA in 29 patients (56.8%) and by electrical cardioversion in 22 patients (43.2%). Statistically significant differences between rhythm restoration types were found in AF duration ($p=0.013$; AUC=0.705) and LA appendage flow velocity ($p=0.021$; AUC=0.697). Patients who achieved rhythm restoration at the PVI stage had significantly smaller LA volume ($p=0.004$; AUC=0.796) and LVA% ($p=0.002$; AUC=0.792). In the group of patients in whom AF was eliminated by direct restoration to sinus rhythm during RFA, LVA% was significantly lower ($p=0.039$; AUC=0.738) compared with those in whom AF was eliminated via transformation into atrial flutter.

Conclusions. AF duration and LA appendage flow velocity are predictors of rhythm restoration during RFA. Among patients who achieved sinus rhythm restoration during ablation, those who converted at the PVI stage had smaller LA volume and LVA%. An LVA% greater than 28.5% was identified as a predictor of AF transformation into atypical atrial flutter during RFA of persistent AF.

Key words: atrial fibrillation; radiofrequency ablation; left atrial low voltage; sinus rhythm restoration

Conflict of interest: none.

Funding: none.

Received: 13.10.2025 **Revision received:** 21.11.2025 **Accepted:** 20.03.2026

Corresponding author: Tcivkovskii Victor, E-mail: tsivkov@yandex.ru

V.Yu.Tcivkovskii - ORCID ID 0009-0007-5470-4969, A.V.Chapurnykh - ORCID ID 0000-0001-5517-855X, V.B.Nizhnichenko - ORCID ID 0000-0003-2329-8156, A.S.Mitin - ORCID ID 0009-0007-7267-0328

For citation: Tcivkovskii VYu, Chapurnykh AV, Nizhnichenko VB, Mitin AS. Predictors of sinus rhythm restoration during radiofrequency ablation in patients with persistent atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2026;33(2): 5-13. <https://doi.org/10.35336/VA-1577>.

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным нарушением ритма сердца, существенно ухудшающим качество жизни пациентов и повышающим риск развития тромбоэмболических осложнений. Радиочастотная абляция (РЧА) остается ведущим методом интервенционного лечения ФП, однако эффективность стандартной процедуры изоляции легочных вен (ИЛВ), особенно при персистирующей ФП (ПФП), остается неудовлетворительной [1].

Согласно современным данным, эффективность изолированной ИЛВ при ПФП составляет 50-70% после первой процедуры, что значительно ниже показателей при пароксизмальной форме заболевания [2]. Это обусловлено многофакторной природой ПФП, при которой триггерные зоны аритмии могут располагаться не только в устьях легочных вен, но и в других участках предсердий. В работе Y.Hung 2017 г. показано, что до 50% триггеров ФП находятся вне легочных вен [3].

В связи с этим в клинической практике получили развитие расширенные стратегии абляции, включающие выполнение дополнительных линейных абляций в левом предсердии (ЛП), абляции сложных фракционированных сигналов, воздействие на элементы парасимпатической нервной системы в ЛП [4, 5].

Исследования показывают, что применение расширенных стратегий позволяет повысить эффективность лечения ПФП по сравнению с изолированной ИЛВ [6, 7]. В ряде исследований показано, что восстановление синусового ритма (СР) непосредственно

в ходе РЧА ассоциируется с более благоприятными долгосрочными исходами и может служить важным прогностическим фактором эффективности вмешательства при ПФП [8-10].

Восстановление СР во время РЧА ПФП зависит от электрических и структурных характеристик предсердий. Так, S.Matsuo и соавт. продемонстрировали, что более длинный цикл ФП на поверхностной электрокардиограмме и меньший размер ЛП ассоциированы с высокой вероятностью терминации аритмии в ходе процедуры [11]. Аналогичные данные получены в других исследованиях - более длинный базовый цикл, измеренный непосредственно в ЛП, и меньший объем ЛП являлись независимыми предикторами успешного восстановления ритма [9, 12, 13].

В последние годы особое внимание уделяется роли зон низкого вольтажа (НВ) ЛП и их влиянию на эффективность катетерной абляции при ПФП. Показано, что меньший процент НВ ассоциирован с более высокой вероятностью восстановления СР во время процедуры. Так в исследовании S.Honarbaksh и соавт. 2022 г. доля НВ <30% предсказывала успешное купирование аритмии с высокой чувствительностью и специфичностью, но в данном исследовании порогом НВ было значение 0,2 мВ, а не общепринятые 0,5 мВ [14].

Таким образом, роль клинических факторов (длительность анамнеза, сопутствующие заболевания) и значение процента НВ в предсказании восстановления

СР остаются недостаточно изученными. Целью данного исследования явилось выявление предикторов восстановления СР во время аблации при РЧА у пациентов с ПФП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование был включен 51 пациент с ПФП, направленный на первичную РЧА. Средний возраст больных составил $67,10 \pm 9,49$ лет, 37 мужчин (72%). У всех пациентов аритмия была клинически значима и проявлялась ощущениями постоянного или преходящего учащенного сердцебиения и/или снижением толерантности к физической нагрузке. Наличие ФП у всех пациентов документировано на электрокардиограмме и холтеровском мониторинге электрокардиограммы.

Критериями включения в исследование являлись: пациенты с ПФП, направленные на РЧА, подписавшие информированное согласие. Критериями исключения являлись: возраст моложе 18 лет, аблация ФП в анамнезе, любая кардиохирургическая операция в анамнезе.

Для каждого пациента определена общая длительность аритмического анамнеза, длительность персистирувания (ДП) и длительность аритмического анамнеза на момент начала персистирувания. Длительность аритмического анамнеза составила $50,38 \pm 10,00$ месяцев, при ДП $17,03 \pm 3,76$ месяцев, а длительность анамнеза на момент старта персистирувания $32,5 \pm 8,21$ месяцев.

Всем пациентам в течение 24 часов перед операцией выполняли чреспищеводную эхокардиографию для исключения наличия тромбов в ушке и полости ЛП, во время которой измеряли скорость изгнания из ушка ЛП.

Вольтажные карты ЛП строили с применением системы навигационного картирования CARTO 3 (Biosense Webster, США). Картирование выполняли мультиэлектродным катетером PentaRay (Biosense Webster, США) с использованием функции «tissue proximity», с расстоянием точек от анатомической модели предсердия не более 5 мм, с применением модуля Confidense со следующими параметрами: стабильность

положения катетера 6 мм, плотность электроанатомических точек 1 мм. Все вольтажные карты состояли как минимум из 2000 точек, среднее количество точек составило 2128 ± 104 . После картирования проводили анализ вольтажных карт, определение областей НВ и подсчет процента областей НВ.

Области с амплитудой биполярного сигнала более 0,5 мВ были определены как области нормального вольтажа, зоны с амплитудой биполярного сигнала менее 0,5 мВ относили к области НВ. Для каждой карты был рассчитан процент низкого вольтажа (НВ%). Оценка зон НВ выполнялась только в ЛП. Поиск низковольтных зон в правом предсердии не проводился, поскольку их функциональное значение при ПФП остается неопределенным, а рутинное картирование правого предсердия не входит в стандартные рекомендации (EHRA/HRS/APHS/LAHR Consensus 2024) [15].

Операцию проводили под эндотрахеальным наркозом. РЧА выполняли абляционным орошаемым электродом с датчиком давления ThermoCool Smart Touch (Biosense Webster, США). После построения вольтажной карты ЛП и ИЛВ при сохранении ФП выполнялась изоляция задней стенки ЛП, аблация митрального истмуса, и, при сохранении ФП, выполняли электрофизиологическое картирование ЛП мультиэлектродным катетером с целью поиска областей фракционированных сигналов, дисперсии проведения и последующей аблации данных областей. Области фракционированных потенциалов и дисперсии проведения отмечали вручную по данным локальной электрограммы. При трансформации ритма ФП в трепетание предсердий (ТП) выполняли активационное картирование ЛП с верификацией механизма аритмии и аблацией критического истмуса. При сохранении ритма ФП СР достигался при помощи проведения электрической кардиоверсии. В исследовании не проводилась рандомизация, и решение о выполнении электрической кардиоверсии не зависело от клинического профиля пациента, являлось финальным стандартным шагом, выполняемым после исчерпания всех этапов аблации. Решение принималось оперирующим хирургом и электрофизиологом коллегиально.



Рис. 1. Восстановление синусового ритма: а - картирование ЛП мультиэлектродным катетером PentaRay, катетер в области передней стенки ЛП (CS - коронарный синус; CS1-2 - дистальная пара электродов, CS 9-10 - проксимальная пара электродов, на электродах катетера PentaRay 15-16 и 17-18 локализованное re-entry, отмечено стрелками); б - аблация в области передней стенки ЛП (на вольтажной карте ЛП, фиолетовый цвет - области вольтажа более 0,5 мВ, красный цвет области вольтажа менее 0,1 мВ, зеленый и оранжевый цвета - области вольтажа от 0,1 до 0,5 мВ, абляционный электрод в области передней стенки ЛП, стрелкой обозначено направление давления в области контакта электрода и стенок предсердия мультиэлектродный катетер PentaRay находится в ушке ЛП.

После восстановления СР наличие ИЛВ оценивали с помощью стимуляции с катетера Lasso, который последовательно устанавливали в легочные вены и подтверждали наличие блоков проведения. Стимуляционным картированием проверяли наличие линейных аблаций в ЛП, при отсутствии блока в области линейных аблаций выполняли дополнительные воздействия до достижения блока проведения. Блок задней стенки ЛП верифицировали с помощью биполярной стимуляции дистальной пары аблационного катетера SmartTouch (Biosense Webster, США), который устанавливали между линиями аблации верхних и нижних ЛВ. Контакт катетера со стенкой предсердия контролировали по показателю «contact force». При отсутствии захвата предсердия и отсутствии ответов на стимуляцию регистрировали блокаду задней стенки ЛП. Блок митрального истмуса оценивали посредством стимуляции ушка ЛП с последующим анализом фронта активации на катетере в коронарном синусе. При последовательности активации от проксимальной к диастальной паре десятиполюсного электрода коронарного синуса регистрировали блок проведения в области митрального истмуса. На рис. 1 продемонстрировано восстановление СР при аблации фокусной активности в области передней стенки ЛП.

В исследовании использовали следующие определения: «элиминация ФП» - восстановление СР, достигнутое непосредственно в ходе РЧА, без применения электрической кардиоверсии; «механизм элиминации ФП» - прекращение ФП в процессе различных этапов аблации (ИЛВ, линейных аблаций, аблации локализованного субстрата); «тип элиминации ФП» - характер перехода аритмии (прямое восстановление СР, либо переход ФП в ТП).

Пациенты были разделены на следующие группы: группа 1 - восстановление СР произошло во время РЧА, группа 2 - восстановление СР с помощью электрической кардиоверсии. Группа 1 в свою очередь разделена на несколько подгрупп по механизму элиминации ФП: в ходе ИЛВ, линейной аблации или аблации фокусной активности. Также группа 1 разделена на 2 подгруппы по типу элиминации ФП: элиминация прямым восстановлением в СР и трансформацией в ТП.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.11 (ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого в каждой

из групп соответствовало нормальному, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью точного критерия Фишера (при значениях минимального ожидаемого явления менее 10). В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей рассчитывалось отношение шансов с 95% доверительным интервалом (ОШ; 95% ДИ). Оценка силы связи между категориальными показателями выполнялась с помощью V Крамера, значения которого интерпретировались согласно рекомендациям Rea & Parker (2014). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке разделения определялось по наивысшему значению индекса Юдена. Дискриминационная способность модели оценивалась с помощью площади под ROC-кривой (Area Under Curve (AUC)), классификация которой предлагается J.N.Mandrekar (2010): AUC 0,5-0,6 - неудовлетворительная дискриминационная способность, 0,6-0,7 - слабая, 0,7-0,8 - удовлетворительная, 0,8-0,9 - хорошая и $>0,9$ - отличная [16].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СР восстановлен в ходе РЧА у 29 (56,8%) пациентов, электрической кардиоверсией у 22 пациентов (43,2%). Были выявлены статистически значимые различия между группой 1 и группой 2 в ДП ФП ($p=0,013$) и скорости изгнания из ушка ЛП ($p=0,021$). Не выявлены различия между группами по остальным исследуемым показателям. Результаты сравнительного анализа по всем показателям приведены в табл. 1. Для оценки дискриминационной способности ДП и скорости изгнания из ушка ЛП с помощью ROC-анализа были получены следующие кривые (рис. 2).

ДП является статистически значимым предиктором восстановления ритма с удовлетворительной дискриминационной способностью (AUC=0,705; 95% ДИ: 0,557-0,854, $p=0,013$). Пороговое значение ДП в точке разделения, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 24 месяца. Восстановления ритма электрической кардиоверсией прогнозировалось при значении ДП выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 45,5% и 92,9%, соответственно.

Скорость изгнания из ушка ЛП является статистически значимым предиктором восстановления ритма, однако дискриминационная способность слабая (AUC=0,697; 95% ДИ: 0,547-0,846, $p=0,021$). Пороговое значение скорости изгнания из ушка ЛП в точке разделения, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 48 см/с. Восстановления ритма электрической кардиоверсией прогнози-

Таблица 1.

Характеристики группы пациентов в зависимости от механизма и этапа операции, на котором произошло восстановление синусового ритма

Показатель	РЧА	ЭКВ	P _{1,2}	ИЛВ	ЛА	АФА	P ₃₋₅	ЛА+АФА	P _{3,6}		Через ГП	P _{7,8}
									7	8		
Возраст, лет	72,0 (63,0-76,0)	65,0 (60,0-70,75)	0,055	63,0 (62,0-65,0)	72,0 (62,0-77,0)	74,0 (70,0-76,0)	0,145	74,0 (63,75-77,0)	65,0 (62,0-73,50)	75,5 (66,7-76,7)	0,097	
Мужчины, n (%)	22 (75,8)	15 (68,2)	0,752	4 (80)	9 (81,8)	9 (69,2)	0,751	18 (75)	12 (80)	10 (71,4)	0,682	
ДАА, месяцы	28,0 (11,0-84,0)	51,50 (11,25-84,0)	0,594	96,0 (12,0-96,0)	30,0 (12,50-78,0)	13,0 (6,0-36,0)	0,451	21,0 (10,75-54,0)	14,0 (5,0-96,0)	32,0 (11,2-47,5)	0,793	
ДП, месяцы	4,50 (3,75-12,0)	13,0 (5,0-45,0)	0,013	3,0 (2,0-6,75)	6,0 (4,0-12,50)	5,0 (4,0-12,0)	0,529	5,50 (4,0-12,0)	4,0 (3,0-10,50)	8,0 (4,0-12,0)	0,246	
Сахарный диабет, n	12	7	0,566	2	3	7	0,419	10	6	6	1,00	
Атеросклероз КА, n	12	7	0,566	1	5	6	0,566	11	4	8	0,139	
СКФ, мл/мин/1,73 м ²	62,91±16,70	65,05±15,20	0,650	78,90±18,82	65,73±14,20	65,46±15,36	0,077	65,58±14,52	57,80 (51,30-75,0)	64,1 (52,0-76,1)	1,00	
ИМТ, кг/м ²	28,50±5,49	30,70±4,24	0,125	30,34±5,23	26,71±4,07	29,30±6,51	0,380	26,0 (24,3-30,6)	28,74±5,67	28,24±5,49	0,812	
Толщина МЖП, мм	11,0 (10,0-12,0)	11,0 (10,0-13,0)	0,696	10,0 (9,0-12,0)	11,0 (9,50-12,50)	11,0 (10,0-12,0)	0,731	11,0 (10-12)	11 (9-12,5)	11 (10-12)	0,791	
ПЗР ЛП, см	4,0(4,0-5,0)	5,0 (4,0-5,0)	0,487	4,0±1	4,0±0	4,0±1	0,253	4,0±1	4,0±1	4,0±1	0,729	
СИ из УЛП, см/с	48 (35-58)	34 (28-47)	0,021	61±27	42±14	50±19	0,188	46±17	53±21	43±17	0,184	
ОЛП по карте, мл	165±46	189±41	0,066	128±42	176±31	171±53	0,126	169 (137-200)	150 (117-197)	168 (138-192)	0,275	
НВ, %	34,27±21,88	37,48±18,66	0,583	15,10±9,69	36,58±24,11	39,68±20,28	0,089	38,26±21,68	26,25±20,94	42,86±20,13	0,039	

Примечание: РЧА - радиочастотная абляция; ЭКВ - электрическая кардиоверсия; ИЛВ - изоляция легочных вен; ЛА - линейные абляции; АФА - абляция фокусной активности; ГП - трепетание предсердий; ДАА - длительность аритмического анамнеза; ДП - длительность перистигирования; КА - коронарные артерии; СКФ - скорость клубочковой фильтрации; ИМТ - индекс массы тела; МЖП - межжелудочковая перегородка; ПЗР - передне-задний размер; ЛП - левое предсердие; СИ - скорость изгнания; УЛП - ушко ЛП; ОЛП - объем ЛП; НВ - низкий вольттаж.

ровалось при значении скорости изгнания из ушка ЛП ниже данной величины. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 85,7% и 61,5%, соответственно.

При дальнейшем анализе подгрупп, входящих в группу 1, были получены следующие результаты. По механизму элиминации ФП группа 1 разделилась на следующие подгруппы: элиминация ФП достигнута на этапе ИЛВ у 5 пациентов, при выполнении линейных аблаций у 11 пациентов, при аблации областей фокусной активности у 13 пациентов. Мы не выявили различий между подгруппами с различным механизмом элиминации ФП по всем исследуемым показателям. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1.

При дальнейшем анализе подгруппы с восстановлением СР при линейной аблации и аблации фокусной активности были объединены в одну. Проведено сравнение с подгруппой в которой восстановление ритма произошло в ходе ИЛВ. Подгруппа ИЛВ имела достоверно меньший объем ЛП ($p=0,004$) и НВ% ($p=0,002$). Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1. Для оценки дискриминационной способности НВ% и объема ЛП были построены ROC-кривые, отражающие связь указанных параметров с вероятностью восстановления ритма в ходе ИЛВ. Подробные результаты ROC-анализа представлены на рис. 3.

Процент НВ является статистически значимым предиктором элиминации ФП при ИЛВ с удовлетворительной дискриминационной способностью ($AUC=0,792$; 95% ДИ: 0,603-0,980, $p=0,043$). Пороговое значение НВ% в точке разделения, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 28,5%. Восстановление ритма в ходе ИЛВ прогнозировалось при значении НВ% ниже данной величины. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 100,0% и 66,7%, соответственно.

Объем ЛП является статистически значимым предиктором элиминации ФП при ИЛВ с удовлетворительной дискриминационной способностью ($AUC=0,796$; 95% ДИ: 0,610-0,982, $p=0,040$). Пороговое значение объема ЛП в точке разделения, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 114 мл. Восстановление ритма в ходе ИЛВ прогнозировалось при значении объема ЛП ниже данной величины. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 60,0% и 100,0%, соответственно.

По типу элиминации ФП группа 1 разделилась на следующие подгруппы: элиминация ФП произошла путем прямого восстановления СР у 15 пациентов и трансформацией ритма в ТП у 14 пациентов. Подгруппа с элиминацией прямым восстановлением в СР имела достоверно меньший НВ% ($p=0,039$). По остальным исследуемым показателям разницы между подгруппами не было. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1. При оценке дискриминационной способности НВ% с помощью ROC-анализа была получена следующая кривая (рис. 4).

НВ% является статистически значимым предиктором типа элиминации ФП с трансформацией в ТП

с удовлетворительной дискриминационной способностью ($AUC=0,738$; 95% ДИ: 0,553 - 0,923, $p=0,029$). Пороговое значение НВ% в точке разделения, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 28,5%. Трансформация в ТП прогнозировалась при значении НВ% выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 78,6% и 66,7%, соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В нашем исследовании показано, что вероятность восстановления СР во время РЧА у пациентов с ПФП ассоциирована с ДП и скоростью изгнания из ушка ЛП. В предшествующих исследованиях, посвященных данной проблеме, наиболее часто встречаются указания на взаимосвязь размера ЛП и длины цикла ФП (измеренном как на поверхностной электрокардиограмме, так и в ходе эндокардиального картирования) с восстановлением ритма в ходе РЧА. Так S.Matsuo и соавторы в 2009 г. показали, что меньшая ДП, меньший размер ЛП и более длинный цикл ФП на поверхностной ЭКГ являются независимыми предикторами купирования аритмии во время процедуры [11]. Сходные данные были получены в работе E.K.Heist в 2012 г., в которой продемонстрировано, что базовый цикл ФП и размер предсердий определяют вероятность восстановления СР в ходе РЧА [9]. S.Ammar и соавт. в 2014 г. выявили, что длина цикла ФП в ушке ЛП в пределах 155-200 мс ассоциируется с наибольшей вероятностью восстановления СР и благоприятным клиническим исходом [12]. Также в работе A.B.Чапурных и соавт. в 2018 г. показано, что более длинный цикл на катетере в коронарном синусе (210 мс) является предиктором наличия очагов

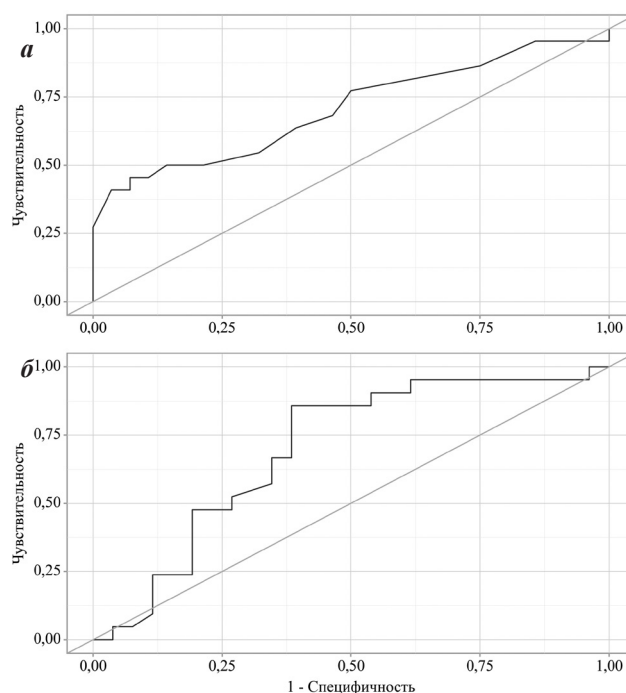


Рис. 2. ROC-кривые, характеризующие дискриминационную способность длительности персистирования (а) и скорости изгнания из ушка ЛП (б) при прогнозировании восстановления ритма.

фокусной активности и, как следствие, восстановления ритма в ходе аблации [13].

В нашем исследовании мы не обнаружили связи между размерами ЛП (как передне-заднем размером ЛП, так и объемом ЛП, рассчитанным по данным навигационного картирования) и восстановлением СР. Вместе с тем пациенты, у которых восстановление ритма произошло на этапе ИЛВ, имели достоверно меньший объем ЛП. Этот факт может указывать на то, что у пациентов с большим объемом ЛП больше распространены венозные триггеры ФП, требующие более расширенной аблации.

ДП оказалась значимым предиктором восстановления ритма в нашем исследовании. Этот результат согласуется с исследованиями, по данным которых длительное существование аритмии снижает вероятность элиминации ФП при РЧА [8, 9, 11]. Интересным наблюдением является то, что точкой разделения ДП, предсказывающим более вероятное восстановление ритма в ходе аблации, явилось значение 24 месяца. Эти данные говорят о том, что у пациентов с длительно

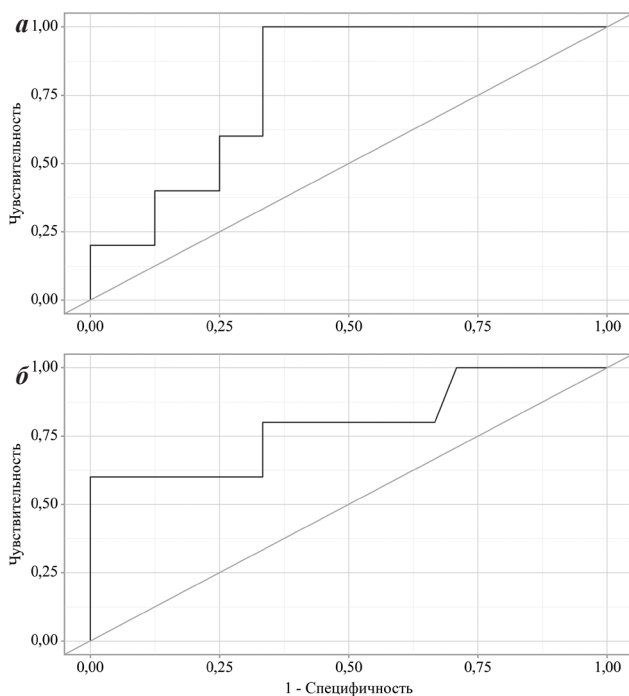


Рис. 3. ROC-кривые, характеризующие дискриминационную способность HV% (а) и объема ЛП (б) при прогнозировании механизма элиминации ФП.

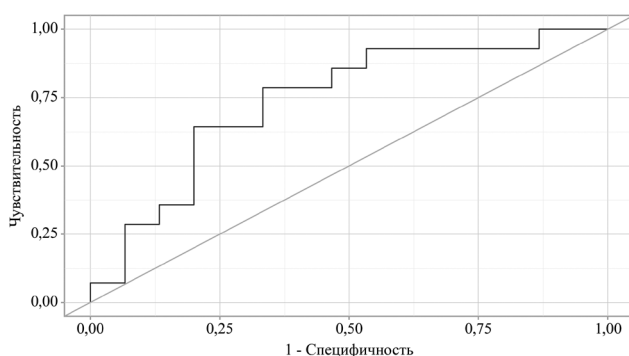


Рис. 4. ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность HV% при прогнозировании типа элиминации ФП.

ПФП следует прибегать к более активной хирургической тактике, так как даже у пациентов с ДП 24 месяца высока вероятность получения СР в ходе РЧА.

Также в нашем исследовании выявлена связь между скоростью изгнания из ушка ЛП и вероятностью восстановления СР во время РЧА: более низкие значения ассоциировались с необходимостью электрической кардиоверсии, тогда как при более высоких значениях чаще происходило восстановление ритма в ходе аблации. Существует большое количество публикаций, говорящих о том, что сниженная скорость изгнания из ушка ЛП коррелирует не только с риском тромбообразования, но также является важным предиктором устойчивости аритмии и показателем, отражающим процессы ремоделирования предсердий. В исследованиях D.Fatkin et al. в 1994 г. было показано, что скорость изгнания из ушка ЛП <20 см/с отражает выраженное механическое и электрическое ремоделирование предсердий и связана с высокой устойчивостью ФП [17]. В мета-анализе P.Chen et al. в 2022 г. продемонстрировано, что сниженная скорость изгнания из ушка ЛП связана с повышенным риском рецидива ФП [18]. В работе N.Isobe et al 2005 г. подчеркивается, что скорость изгнания из ушка ЛП была лучшим предиктором сохранения СР после выполненной криобаллонной аблации ФП [19]. В других исследованиях более высокая скорость изгнания из ушка ЛП была достоверно выше у пациентов с успешной электрической кардиоверсией [20].

Сходные данные о клинической значимости функционального состояния ушка ЛП получены и в работе В.В.Влодзяновского и соавт. 2019 г., где у пациентов с ПФП были проанализированы острые изменения внутрипредсердной гемодинамики после электрической и лекарственной кардиоверсии [21]. В совокупности эти данные подтверждают, что скорость изгнания из ушка ЛП характеризует не только риск тромбообразования, но и функциональное состояние предсердий, что может иметь значение для вероятности восстановления СР. Мы не встретили указаний на то, что скорость изгнания из ушка ЛП может быть предиктором восстановления СР в ходе аблации при РЧА ПФП. В то же время важно отметить, что дискриминационная способность скорости изгнания из ушка ЛП остается слабой. На наш взгляд, это свидетельствует о том, что данный показатель является важным, но не единственным фактором, оказывающим влияние на купирование аритмии.

Особое значение в последние годы приобретает оценка зон НВ ЛП. В нашем исследовании не было различий в НВ% между пациентами с восстановлением СР при РЧА и электрической кардиоверсией. Важнейшим фактором, влияющим на результаты исследования, является выбор порога определения низковольтных зон. Значение порога в настоящий момент остается предметом дискуссии. В нашей работе принят порог $<0,5$ мВ как наиболее широко используемый в клинических исследованиях и отраженный в Expert Consensus Statement EHRA/HRS/APHRS/LAHRS (2024) [15].

Вопрос взаимосвязи НВ ЛП и купирования ФП в ходе РЧА был предметом изучения многих исследова-

ний. A.Jadidi et al. 2020 г. продемонстрировали, что области купирования аритмии при абляции коррелируют с областями НВ [22]. Однако в другой работе той же группы авторов отмечено, что среднее значение вольтажа в областях, где произошло купирование аритмии, составляет $0,49 \pm 0,39$ мВ, что не редко может соответствовать общепринятым значениям нормального вольтажа (более 0,5 мВ). В более раннем исследовании той же группы авторов (2016 г.) области восстановления ритма при абляции в 80% находились в низковольтажных зонах и в 20% в граничащих с ними областях [23].

A.Schade et al., 2016 показали, что 30% картируемых аритмогенных областей были не связаны с областями НВ и не связаны с легочными венами [24]. В работе S.Honarbakshsh et al 2024 г., исследовавшей взаимосвязь фокусной и роторной активности и низковольтажных зон, продемонстрировано, что роторная активность имеет взаимосвязь с НВ, а области фокусной активности - нет [25]. В ранее упомянутом нами исследовании той же группы авторов процент НВ менее 30 являлся независимым предиктором восстановления СР в ходе абляции [14]. Но в данной работе авторы определяли НВ как области с амплитудой сигнала менее 0,2 мВ, тогда как в нашей работе использовался порог 0,5 мВ. Также в это исследование включены пациенты с ДП не более 24 месяцев, в то время как в нашей работе 13 пациентов имели большую ДП.

Таким образом, как показано во многих работах, невенозные триггеры ФП далеко не всегда связаны с областями НВ. Это согласуется с полученными нами данными об отсутствии взаимосвязи НВ% и восстановлением ритма в ходе РЧА. В то же время более низкий процент низковольтажных зон ассоциировался с восстановлением ритма в ходе ИЛВ и с прямым восстановлением СР, тогда как при большем НВ% чаще наблюдалась трансформация ФП в ТП.

В исследовании A.Jadidi et al. 2016 г. у пациентов с НВ% <10% выполнялась только ИЛВ либо ИЛВ и дополнительные воздействия, эффективность в обеих группах была сопоставима [22]. Данное наблюдение

согласуется с нашими данными о том, что у пациентов с более низким НВ% восстановление СР происходит на этапе ИЛВ и не требуется дополнительных абляций. Мы не встретили исследований, изучавших связь распространения НВ и типа купирования ФП в ходе РЧА. Однако в исследовании K.Sonoda et al 2024 г показана связь распространения НВ и индукции макро re-entry после выполнения ИЛВ. В многофакторной модели только площадь НВ ассоциировалась с рецидивом макро re-entry [26]. Эти данные подтверждают наши результаты о взаимосвязи НВ и ТП. Вероятно данное наблюдение объясняется тем, что области НВ создают замедление проведения, что в свою очередь может служить субстратом для возникновения макро re-entry. В то же время наши данные говорят о том, что у пациентов с длительным персистированием и большим процентом НВ возможно получение СР в ходе абляции.

Ограничения исследования

Важно отметить, что размер выборки ограничивает статистическую мощность анализа, что могло повлиять на выявление независимых ассоциаций. Результаты отражают опыт одного центра и выполнение процедур по унифицированному протоколу, что ограничивает внешнюю валидность. Дизайн исследования не включал анализ долгосрочной свободы от аритмий, что предполагает продолжение исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. ДП менее 24 месяцев и скорость изгнания из ушка ЛП более 48 см/с являются предикторами восстановления СР в ходе РЧА у пациентов с ПФП.
2. Процент НВ ЛП не коррелирует с восстановлением СР при РЧА на уровне всей выборки.
3. Среди пациентов с восстановлением СР в ходе РЧА восстановление ритма на этапе ИЛВ ассоциировалось с меньшей выраженностью НВ и меньшим объемом ЛП по сравнению с пациентами, у которых СР был восстановлен на последующих этапах абляции.
4. Процент НВ ЛП более 28,5% явился предиктором трансформации ритма в атипичное ТП при РЧА ПФП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Calkins H, Hindricks G, Kottkamp H, et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, follow-up and outcome assessments as well as training, personnel and organizational issues. *Heart Rhythm*. 2012;9(4): 661-715. <https://doi.org/10.1093/europace/eus027>.
2. Calkins H, Reynolds MR, Spector P, et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2009 Aug;2(4): 349-61. <https://doi.org/10.1161/circep.108.824789>.
3. Hung Y, Lo LW, Lin YJ, et al. Characteristics and long-term catheter ablation outcome in long-standing persistent atrial fibrillation patients with non-pulmonary vein triggers. *Int J Cardiol*. 2017 Aug 15;241: 205-211. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.04.050>.
4. Bayer JD, Roney CH, Pashai A, et al. Novel Radiofrequency Ablation Strategies for Terminating Atrial Fibrillation in the Left Atrium: A Simulation Study. *Front Physiol*. 2016 Apr 12;7: 108. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00108>.
5. Pappone C, Santinelli V, Manguso F, et al. Pulmonary vein denervation enhances long-term benefit after circumferential ablation for paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation*. 2004 Jan 27;109(3): 327-34. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000112641.16340.c7>.
6. Huo Y, Gaspar T, Schönbauer R, et al. Low-Voltage Myocardium-Guided Ablation Trial of Persistent Atrial Fibrillation. *NEJM Evid*. 2022 Nov;1(11): EVIDoA2200141. <https://doi.org/10.1056/evidoa2200141>.
7. Inoue K, Hikoso S, Masuda M, et al. Pulmonary vein isolation alone vs. more extensive ablation with defragmentation and linear ablation of persistent atrial fibrillation: the EARNEST-PVI trial. *Europace*. 2021 Apr 6;23(4): 565-574. <https://doi.org/10.1093/europace/eaab293>.
8. Elayi CS, Di Biase L, Barrett C. Atrial fibrillation termination as a procedural endpoint during ablation in

- long-standing persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2010 Sep;7(9): 1216-23. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.01.038>.
9. Heist EK, Chalhoub F, Barrett C, Danik S, et al. Predictors of atrial fibrillation termination and clinical success of catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2012 Aug 15;110(4): 545-51. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.04.028>.
10. Lim HS, Derval N, Komatsu Y, et al. Is ablation to termination the best strategy for ablation of persistent atrial fibrillation? Persistent atrial fibrillation is best ablated by a strategy that terminates the arrhythmia: procedural termination is associated with improved long-term outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2015 Aug;8(4): 963-71. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.04.028>.
11. Matsuo S, Lellouche N, Wright M, et al. Predictors of termination and clinical outcome of catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(9): 788-95 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.01.081>.
12. Ammar S, Hessling G, Paulik M, et al. Impact of baseline atrial fibrillation cycle length on acute and long-term outcome of persistent atrial fibrillation ablation. *J Interv Card Electrophysiol*. 2014 Dec;41(3): 253-9. <https://doi.org/10.1007/s10840-014-9927-6>.
13. Чапурных АВ, Нижниченко ВБ, Лакомкин СВ, и др. Фокусная активность в генезе персистирующей фибрилляции предсердий. *Вестник Аритмологии*. 2018;(93): 30-36. [Chapurnykh AV, Nizhnichenko VB, Lakomkin SV, et al. Focal Activity in Pathogeny of Persistent Atrial Fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2018;(93): 30-36. (In Russ.)] <https://doi.org/10.25760/VA-2018-93-30-36>.
14. Honarbakhsh S, Schilling RJ, Keating E, et al. Coronary sinus electrogram characteristics predict termination of AF with ablation and long-term clinical outcome. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2022 Oct;33(10): 2139-2151. <https://doi.org/10.1111/jce.15618>.
15. Tzeis S, Gerstenfeld EP, Kalman J, et al. 2024 European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace*. 2024 Mar 30;26(4): Corrected and republished in: *Heart Rhythm*. 2024 Sep;21(9): e31-e149. <https://doi.org/10.1093/europace/euae043>.
16. Mandrekar JN. Receiver operating characteristic curve in diagnostic test assessment. *J Thorac Oncol*. 2010 Sep;5(9): 1315-6. <https://doi.org/10.1097/jto.0b013e-3181ec173d>.
17. Fatkin D, Kelly R, Feneley MP. Left atrial appendage blood velocity and thromboembolic risk in patients with atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 1994 Nov 1;24(5): 1429-30. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90133-3](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)90133-3).
18. Chen P, Shi Y, Ju J, et al. Left atrial appendage flow velocity predicts recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2022 Sep 6;9: 971848. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.971848>.
19. Isobe N, Taniguchi K, Oshima S, et al. Left atrial appendage outflow velocity is superior to conventional criteria for predicting of maintenance of sinus rhythm after simple cryoablation of pulmonary vein orifices. *Circ J*. 2005 Apr;69(4): 446-51. <https://doi.org/10.1253/circj.69.446>.
20. Akdeniz B, Badak O, Bariş N, et al. Left atrial appendage-flow velocity predicts cardioversion success in atrial fibrillation. *Tohoku J Exp Med*. 2006 Mar;208(3): 243-50. <https://doi.org/10.1620/tjem.208.243>.
21. Влодзяновский ВВ, Миронов НЮ, Юричева ЮА, и др. Острые изменения внутрипредсердной гемодинамики после электрической и лекарственной кардиоверсии у пациентов с персистирующей формой фибрилляции предсердий. *Вестник Аритмологии*. 2019;26(1): 24-30. [Vlodzyanovskiy VV, Mironov NYu, Yuricheva YuA, et al. Acute changes in atrial haemodynamics after electrical and drug cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2019;26(1):24-30. (In Russ.)] <https://doi.org/10.25760/VA-2019-95-24-30>.
22. Jadidi A, Nothstein M, Chen J, et al. Specific Electrogram Characteristics Identify the Extra-Pulmonary Vein Arrhythmogenic Sources of Persistent Atrial Fibrillation - Characterization of the Arrhythmogenic Electrogram Patterns During Atrial Fibrillation and Sinus Rhythm. *Sci Rep*. 2020 Jun 4;10(1): 9147. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65564-2>.
23. Jadidi AS, Lehrmann H, Keyl C, et al. Ablation of Persistent Atrial Fibrillation Targeting Low-Voltage Areas With Selective Activation Characteristics. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2016 Mar;9(3): e002962. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.115.002962>. Erratum in: *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2016 Jun;9(6): e000015. <https://doi.org/10.1161/circep.115.002962>.
24. Schade A, Nentwich K, Costello-Boerrigter LC, et al. Spatial Relationship of Focal Impulses, Rotors and Low Voltage Zones in Patients with Persistent Atrial Fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2016 May;27(5): 507-14. <https://doi.org/10.1111/jce.12913>.
25. Honarbakhsh S, Roney C, Wharmby A, et al. Spatial and temporal relationship between focal and rotational activations and their relationship to structural remodeling in patients with persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2024 Jun;21(6): 752-761. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.01.039>.
26. Sonoda K, Fukushima T, Takei A, et al. Association between left atrial low-voltage area and induction and recurrence of macroreentrant atrial tachycardia in pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol*. 2024 Aug;67(5): 1199-1210. <https://doi.org/10.1007/s10840-024-01760-8>.