

<https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-04><https://elibrary.ru/gduury>

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ФИБРОЗА ПРИ КАРТИРОВАНИИ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Е.В.Дедух, М.В.Яшков, И.А.Таймасова, Е.А.Артюхина, А.Ш.Ревшвили

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В.Вишневого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Большая Серпуховская ул., д. 27.

Цель. Разработать алгоритм оценки степени фиброза по данным высокоплотного эндокардиального картирования и изучить влияние степени фиброза левого предсердия, выявленной с помощью высокоплотного электроанатомического картирования, на результаты катетерного лечения фибрилляции предсердий (ФП).

Методы исследования. В исследование включено 64 пациента с пароксизмальной или персистирующей формами ФП, которым выполнялось высокоплотное картирование левого предсердия и катетерное лечение ФП. После интервенционной процедуры проводился анализ электроанатомических карт левого предсердия, оценивалась распространенность зон низкоамплитудной активности по разработанному алгоритму. Пациенты разделялись на 4 группы в зависимости от распространенности зон низкоамплитудной активности по аналогии со шкалой Utah.

Результаты. В течение всего периода наблюдения ($14,5 \pm 6,7$ месяцев) рецидив ФП развился у 18 (28,1%) пациентов после процедуры абляции. У 6 (15,4%) пациентов из I, II групп и у 12 (48%) пациентов из III, IV групп зафиксирован рецидив ФП после катетерного лечения ($p=0,02$). Для выявления предикторов рецидива ФП в послеоперационном периоде был проведен логистический регрессионный анализ. В результате только распространенные зоны низкоамплитудной активности ($>20\%$) являлись независимым предиктором рецидива ФП после изоляции устьев легочных вен, такая прогностическая модель была значимой ($p=0,026$). Значимые статистические различия между I, II и III, IV группой пациентов получены в показателях фракции выброса левого желудочка и длительности Р-зубца. У пациентов с распространенными зонами низкоамплитудной активности более низкая фракция выброса левого желудочка ($62,8 \pm 6,9\%$ против $58,1 \pm 5,7\%$, $p=0,01$), а длительность Р-зубца больше ($84,7 \pm 8,2$ мс против $101,5 \pm 11,0$ мс, $p=0,01$).

Заключение. Высокоплотное картирование левого предсердия перед интервенционным лечением ФП позволяет определить степень распространенности зон низкоамплитудной активности. При проведении регрессионного анализа доказано, что распространенные зоны низкоамплитудной активности являются независимым предиктором рецидива ФП после изоляции легочных вен. У пациентов с распространением зон низкоамплитудной активности более 20% - большая длительность Р-зубца и более низкая фракция выброса левого желудочка.

Ключевые слова: высокоплотное картирование; фибрилляция предсердий; катетерная абляция; фиброз левого предсердия

Конфликт интересов: не заявляется

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-315-90045

Рукопись получена: 09.03.2022 **Исправленная версия получена:** 18.04.2022 **Принята к публикации:** 28.05.2022

Ответственный за переписку: Дедух Елизавета Викторовна, E-mail: dedukh.elizaveta@mail.ru.

Е.В.Дедух - ORCID ID 0000-0002-4799-7456, М.В.Яшков - ORCID ID 0000-0003-3997-8252, И.А.Таймасова - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, Е.А.Артюхина - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, А.Ш.Ревшвили - ORCID ID 0000-0003-1791-9163

Для цитирования: Дедух ЕВ, Яшков МВ, Таймасова ИА, Артюхина ЕА, Ревшвили АШ. Алгоритм определения степени фиброза при картировании высокой плотности. *Вестник аритмологии*. 2022;29(3): 29-36. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-04>. <https://elibrary.ru/gduury>.

ALGORITHM FOR DETERMINING THE FIBROSIS STAGE USING HIGH-DENSITY MAPPING

E.V.Dedukh, M.V.Yashkov, I.A.Taymasova, E.A.Artyukhina, A.Sh.Revishvili

Federal State Budget Institution "A.V.Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 27 Bolshaya Serpukhovskaya str.

Aims. To develop an algorithm for assessing the stage of fibrosis based on high-density endocardial mapping. To study the effect of the stage of left atrial (LA) fibrosis on the results of atrial fibrillation (AF) catheter ablation.

Methods. The study included 64 patients with paroxysmal or persistent AF, who underwent high-density LA mapping and catheter ablation. After the intervention procedure, we analyzed the electroanatomical maps of the left atrium,

assessed the prevalence of low-voltage areas according to the developed algorithm. Patients were divided into 4 groups depending on the prevalence of areas of low voltage based on the Utah score.

Results. The follow-up period was 14.5 ± 6.7 months. AF recurrence developed in 18 (28.1%) patients after the ablation procedure. AF recurrence after ablation was more frequent in patients with a low-voltage area of more than 20% than in patients with a low-voltage left atrial area of less than 20%, 6 (15.4%) versus 12 (48%), $p=0.02$. A logistic regression analysis was performed to identify AF recurrence predictors in the postoperative period. As a result, only widespread areas of low-amplitude activity were an independent predictor of AF recurrence after the pulmonary veins isolation, this predictive model was significant ($p=0.026$). Significant statistical differences between groups I, II and III, I V are the ejection fractions and the duration of the P-wave. Patients with low-voltage regions have lower left ventricular ejection fraction ($62.8 \pm 6.9\%$ versus $58.1 \pm 5.7\%$, $p=0.01$), and longer P-wave duration (84.7 ± 8.2 ms versus 101.5 ± 11.0 ms, $p=0.01$).

Conclusion. LA high-density mapping before AF ablation makes it possible to determine the prevalence of low-voltage areas. After regression analysis, it was proved that common low-voltage areas are an independent predictor of AF recurrence after pulmonary vein isolation. Patients with low-voltage areas of more than 20% of the LA surface have longer P-wave duration and lower left ventricular ejection fraction.

Key words: high-density mapping; atrial fibrillation; catheter ablation; left atrial fibrosis

Conflict of Interests: nothing to declare

Funding: this work was supported by RFFR project № 20-315-90045

Received: 09.03.2022 **Revision received:** 18.04.2022 **Accepted:** 28.05.2022

Corresponding author: Dedukh Elizaveta, E-mail: dedukh.elizaveta@mail.ru

E.V.Dedukh - ORCID ID 0000-0002-4799-7456, M.V.Yashkov - ORCID ID 0000-0003-3997-8252, I.A.Taymasova - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, E.A.Artyukhina - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, A.Sh.Revishvili - ORCID ID 0000-0003-1791-9163

For citation: Dedukh EV, Yashkov MV, Taymasova IA, Artyukhina EA, Revishvili AS. Algorithm for determining the fibrosis stage using high-density mapping. *Journal Of Arrhythmology*. 2022;29(3): 29-36. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-04>.

Катетерная абляция - это один из хирургических методов лечения пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП). Целью катетерной абляции при ФП является устранение триггеров аритмии, локализуемых в антральной части легочных вен [1]. Электрическое и структурное ремоделирование предсердий являются основными детерминантами патогенеза и прогрессирования ФП [2]. При гистологическом анализе структуры миокарда предсердия у пациентов с ФП обнаружены множественные скопления фибробластов и диффузное распространение коллагеновых волокон [3].

Многоцентровое проспективное исследование DECAAF, показало, что области фиброза левого предсердия (ЛП), выявленные с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), были независимыми предикторами рецидивирования ФП после катетерного лечения [4]. Кроме того, ряд исследований показал, что области накопления гадолиний-содержащего контрастного препарата характеризуются участками низкоамплитудной активности ($0,38 \pm 0,28$ мВ) по сравнению с интактным миокардом предсердий, где амплитуда биполярного сигнала выше ($1,38 \pm 1,23$ мВ) [5, 6]. Однако эти и другие ранее проведенные исследования анализировали электроанатомические карты, построенные с использованием 20-полюсных циркулярных или абляционных катетеров [5, 6].

Гипотеза - электроанатомическое картирование высокой плотности, включающее более 10000 точек, позволит получить детальную характеристику субстрата ЛП. Целью нашего исследования было разработать алгоритм оценки степени фиброза по данным высоко-

плотного эндокардиального картирования и изучить влияние степени фиброза ЛП, выявленной с помощью высокоплотного электроанатомического картирования, на результаты катетерного лечения ФП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включено 64 пациента с пароксизмальной или персистирующей формами ФП, которым выполнялось высокоплотное картирование ЛП и катетерное лечение ФП. Мы проанализировали клинические характеристики включенных в исследование пациентов (табл. 1). Всем пациентам на дооперационном этапе выполнялось эхокардиографическое исследование сердца, мультиспиральная компьютерная томография ЛП и легочных вен, чреспищеводная эхокардиография, общий и клинический анализ крови, а также гастроскопия. При наличии факторов риска ишемической болезни сердца и/или клинической картины, характерной для нее, пациентам на дооперационном этапе выполнялась коронароангиография. При выявлении гемодинамически значимых сужений коронарных артерий пациентам выполнялась реваскуляризация миокарда, данные пациенты исключались из исследования.

Критерии включения:

- возраст более 18 лет;
- наличие зафиксированной на электрокардиограмме (ЭКГ) ФП;
- показания для катетерной абляции;
- подписанное информированное согласие пациента на включение в клиническое исследование.

Критерии исключения:

- беременность или планируемая беременность в рамках сроков клинического исследования;
- противопоказания к катетерной процедуре (пациенты в остром и подостром периоде инфаркта миокарда, а также с декомпенсированной сердечной недостаточностью, пациенты с декомпенсированными сопутствующими заболеваниями и т.д.);
- ранее проводившееся интервенционное лечение нарушений ритма сердца или любое хирургическое вмешательство на сердце;
- наличие имплантируемых устройств;
- клапанная патология сердца, требующая хирургической коррекции;
- признаки фрагментированного или флотирующего тромба в ЛП.

Исследование получило одобрение локального этического комитета. Все пациенты подписали информированное согласие перед включением в исследование.

Высокоплотное картирование

Пациентам, включенным в исследование, проводилось картирование ЛП с использованием баскет-катетера, который содержит 8 сплайнов с 8 электродами на каждом (расстояние между электродами составляет 2 мм).

Картирование выполнялось с равномерным распределением аннотированных точек с использованием порога заполнения от 1 до 3 мм, вольтажные карты содержали как минимум 10000 точек. Зоны низкоамплитудной активности были определены как области

с биполярным сигналом менее 0,2 мВ, а переходные зоны - от 0,2 до 0,5 мВ, интактным считался эндокард с биполярным сигналом более 0,5 мВ.

В областях низкоамплитудной активности было аннотировано максимальное количество точек для более точной оценки структурных изменений. Стабильность катетера ограничивалась колебаниями в 3 мм. Чтобы избежать аннотирования некорректных точек картирования ввиду плохого контакта картирующего электрода с тканью, мы установили фильтрацию расстояния между проекцией электрода и геометрической поверхностью модели на 2 мм. При картировании ЛП на синусовом ритме исключались точки, которые не соответствовали морфологии эндограммы предсердия. Сигналы фильтровались с частотой от 30 до 400 Гц. Функция автоматического картирования позволила избежать ручной проверки всех эндограмм на полученных вольтажных картах.

Алгоритм определения степени фиброза ЛП

Оценка степени распространения низкоамплитудной активности проводилась следующим образом. После построения высокоплотной вольтажной карты, содержащей более 10000 точек картирования, выполнялось разделение предсердий одной плоскостью на 2 части с использованием инструмента «Reset Clipping Plane» (рис. 1). Далее проводилось измерение общей площади поверхности. Последовательно измерялась площадь каждой половины предсердия. После чего суммировались полученные результаты. С использованием инструмента «Area measurement» проводилось поочередное измерение площади каждого участка, где

Таблица 1.

Клиническая характеристика пациентов

	I группа (n=20)	II группа (n=19)	III группа (n=8)	IV группа (n=17)
Возраст, лет	63 [50,5-68,5]	60 [51-64]	56 [42-62,5]	66 [56-70]
Персистирующая форма ФП, n (%)	6 (30,0)	7 (36,8)	3 (37,5)	9 (52,9)
Пароксизмальная форма ФП, n (%)	14 (70,0)	12 (63,2)	5 (62,5)	8 (47,1)
Длительность АА, лет	3 [2-5]	5 [3-12]	6,5 [4,5-10,5]	6 [2-7]
Объем левого предсердия, мл	133,9±25,7	139,8±29,7	144,2±37,3	161,1±56,1
Фракция выброса левого желудочка, %	64,3±6,5	61,2±7,2	60,4±4,9	56,9±5,8
Рецидивирование ФП, n (%)	2 (10)	4 (21)	2 (25)	10 (59)
Распространенность ЗНА, %	6,6±2,4	13,6±2,7	24,0±2,2	54,5±16,9
Длительность Р-зубца, мс	84,2±8,1	85,4±8,4	91,4±6,7	106,2±9,3
Сахарный диабет, n (%)	3 (15)	5 (26)	1 (13)	4 (24)
Артериальная гипертензия, n (%)	13 (65)	10 (53)	5 (63)	11 (65)
Перенесенная НКИ, n (%)	6 (30)	6 (32)	4 (50)	8 (47)
Радиочастотная абляция, n (%)	15 (75)	14 (74)	8 (100)	16 (94)
Криоабляция, n (%)	5 (25)	5 (26)	0	1 (6)
Соталол + лаптаконитина гидробромид, n (%)	4 (20,0)	3 (15,8)	2 (25,0)	3 (17,6)
Амиодарон, n (%)	7 (35,0)	6 (31,6)	3 (37,5)	4 (23,6)
Пропафенон, n (%)	3 (15,0)	3 (15,8)	0	1 (5,9)
Бета-адреноблокаторы, n (%)	6 (30,0)	7(36,8)	3 (37,5)	9 (52,9)

Примечание: здесь и далее АА - аритмологический анамнез; ЗНА - зоны низкоамплитудной активности; НКИ - новая коронавирусная инфекция

амплитуда сигнала была менее 0,2 мВ, результаты суммировались (рис. 2).

По формуле: $(S \text{ низкоамплитудных участков} / S \text{ общая площадь}) * 100\%$, где S - это площадь, проводилось измерение площади распространения низкоамплитудной активности. В дальнейшем пациенты разделились на 4 группы.

По аналогии со шкалой оценки степени фиброза по данным МРТ с гадолиний-содержащим контрастным препаратом Utah, используемой в исследовании DECAAF, в своей работе мы разделили степени фиброза схожим образом:

- 1 степень фиброза - при общей площади областей низкоамплитудной активности менее 10%;
- 2 степень фиброза - при общей площади областей низкоамплитудной активности 10-20%;
- 3 степень фиброза - при общей площади областей низкоамплитудной активности 20-30%;
- 4 степень фиброза - при общей площади областей низкоамплитудной активности более 30%.

Катетерное лечение

Катетерная абляция проводилась под внутривенной седацией. Процедуре абляции предшествовала чреспищеводная эхокардиография, проводимая с целью исключения тромбоза ушка ЛП.

Далее в условиях рентгеноперационной выполнялись пункции бедренных и подключичной вен по методике Сельдингера. В коронарном синусе через интродьюсер позиционировался 10-полюсный диагностический электрод. Всем пациентам выполнялась трансseptальная пункция под флюороскопическим контролем. Пациентам выполнялась катетерная изоляция легочных вен методами криобаллонной абляции или методом радиочастотной абляции.

Радиочастотные воздействия проводились точка за точкой. Радиочастотная энергия во время абляции была ограничена 34 Вт и 44 °С, орошение кончика катетера во время воздействия составляло 30 мл/мин. При абляции на задней стенке ЛП, мощность не превышала 32 Вт, длительность воздействия не превышала 10 секунд в каждой точке.

При выполнении крио-воздействия крио-баллон позиционировался в каждую легочную вену последовательно до полной окклюзии, далее выполнялось крио-воздействие длительностью 180 секунд при температуре не ниже -60 °С, но не выше -40 °С. Воздействия проводились до полного электрического отключения антрального отдела легочных вен от ЛП, когда не удавалось регистрировать потенциалы легочных вен вдоль антрального отдела или внутри вен с помощью картирующего катетера. Интраоперационно пациентам внутривенно вводился гепарин в расчетной дозировке 100 Ед / кг массы тела. В процессе картирования и интервенционного лече-

ния проводился мониторинг активированного времени свертывания крови, целевые значения которого составляли от 250 до 300 секунд.

Ревизия вен выполнялась с помощью многополюсного циркулярного катетера, для верификации остаточных потенциалов легочных вен, при необходимости была выполнена дальнейшая абляция для их устранения. Дополнительные внелегочные линии абляции не проводились.

С целью выявления рецидивов ФП пациенты были приглашены на контрольные осмотры через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного лечения. На контрольном осмотре проводилась регистрация ЭКГ и суточного мониторирования ЭКГ. Также при появлении симптомов вне контрольных осмотров рекомендовалось проведение ЭКГ или суточного мониторирования ЭКГ. Регистрация пароксизма ФП длительностью более 30 секунд учитывалась как рецидив ФП в послеоперационном периоде.

Статистическая обработка данных

Анализ статистических данных выполнялся с использованием программного обеспечения STATISTICA 10. Все непрерывные переменные проверены на нормальность распределения по критерию Шапиро-Уилка. Непрерывные переменные, имеющие нормальное распределение, представлены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение. Непрерывные переменные, имеющие распределение отличное от нормального, представлены как медиана [межквартильный диапазон]. Для качественных переменных показаны абсолютные частоты и процентное отношение к общему. Сравнения между группами проводились с помощью критерия Манна-Уитни. Для иллюстрации достоверности различий между группами представлены диаграммы размаха. С целью выявления предикторов и значимости бинарной модели классификации проведен логистический регрессионный анализ, где R^2 McF - коэффициент детерминации МакФаддена, иллюстрирующий качество бинарной модели. Для всех статистических тестов использовался двусторонний уровень значимости $p=0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Низкоамплитудные зоны в ЛП по данным высокоплотного картирования наблюдались у всех паци-

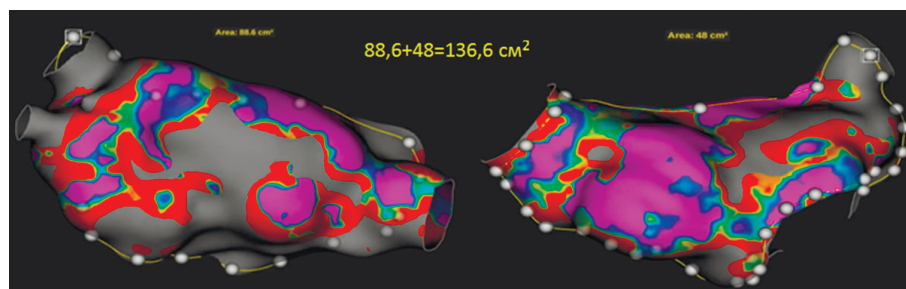


Рис. 1. Электроанатомическая вольтажная карта ЛП. Использование инструмента «Reset Clipping Plane». Рассчитана площадь поверхности двух половин предсердия и определена общая площадь, равная 136,6 см². Фиолетовым цветом окрашены зоны, где амплитуда сигнала выше 0,5 мВ; красным - амплитуда сигнала от 0,5 до 0,2 мВ; серым - амплитуда сигнала менее 0,2 мВ.

ентов в диапазоне от 4 до 88%. Сравнение исходных клинических характеристик показано в табл. 1. Все непрерывные переменные кроме переменных «возраст» и «длительность аритмологического анамнеза» имеют нормальное распределение ($p>0,05$). Непрерывные переменные «возраст» и «длительность аритмологического анамнеза» имеют распределение отличное от нормального ($p<0,05$) и представлены как медиана [межквартильный диапазон].

При анализе полученных результатов пациенты распределились на 4 группы согласно распространенности областей низкоамплитудной активности. В первую группу вошли 20 пациентов со средней площадью распространения зон низкоамплитудной активности - $6,6\pm 2,4\%$, во второй группе - 19 пациентов, распространенность зон низкоамплитудной активности - $13,6\pm 2,7\%$, в третьей группе - 8 пациентов, распространенность зон низкоамплитудной активности - $24,0\pm 2,2\%$, в четвертую группу вошло 17 пациентов, распространенность зон низкоамплитудной активности - $54,5\pm 16,9\%$.

Во всех группах были пациенты с персистирующей и пароксизмальной формой ФП. В первой группе - 6 пациентов с персистирующей формой ФП и 14 с пароксизмальной, во II группе - 7 пациентов наблюдались с диагнозом персистирующая форма ФП и 12 пациентов наблюдались с диагнозом пароксизмальная форма ФП, в III группе было 3 пациента с персистирующей формой ФП и 5 пациентов с пароксизмальной формой ФП, в IV группе большая часть пациентов имела персистирующую форму ФП - это 9 человек, и у 8 пациентов наблюдалась пароксизмальная форма ФП.

В дооперационном и послеоперационном периодах пациенты принимали антиаритмическую терапию (табл. 1). Все пациенты с пароксизмальной формой ФП продолжили принимать аналогичную антиаритмическую терапию после оперативного лечения. Пациенты с персистирующей формой ФП в дооперационном периоде получали препараты группы бета-блокаторов, после оперативного лечения в качестве антиаритмической терапии пациентам был назначен амиодарон.

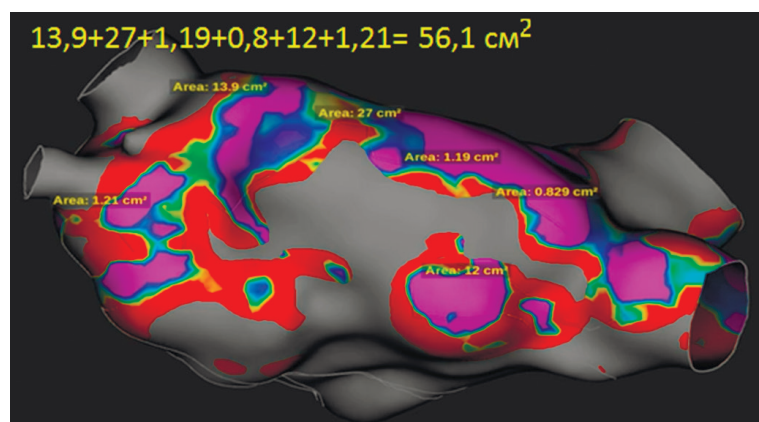


Рис. 2. Электроанатомическая вольтажная карта ЛП. Использование инструмента «Area measurement». Определена общая площадь областей низкоамплитудной активности, равная $56,1 \text{ см}^2$. Фиолетовым цветом окрашены зоны, где амплитуда сигнала выше $0,5 \text{ мВ}$; красным - амплитуда сигнала от $0,5$ до $0,2 \text{ мВ}$; серым - амплитуда сигнала менее $0,2 \text{ мВ}$.

У пациентов I и II групп наблюдалась тенденция к меньшему объему ЛП и более высокой фракции выброса, чем у пациентов III и IV групп. У пациентов с площадью низкоамплитудных зон менее 10% объем ЛП, определенный по данным мультиспиральной компьютерной томографии ЛП, составил - $133,9\pm 25,7 \text{ мл}$, у пациентов II группы - $139,8\pm 29,7 \text{ мл}$, у пациентов с III группы - $144,2\pm 37,3 \text{ мл}$, у пациентов IV группы - $161,1\pm 56,1 \text{ мл}$.

Фракция выброса динамически снижалась в соответствии с площадью распространенности зон низкоамплитудной активности. Таким образом, у пациентов с площадью низкоамплитудных зон менее 10% фракция выброса левого желудочка, определенная по данным трансторакальной эхокардиографии, составила - $64,3\pm 6,5 \%$, у пациентов II группы - $61,2\pm 7,2 \%$, у пациентов с III группы - $60,4\pm 4,9 \%$, у пациентов IV группы - $56,9\pm 5,8 \%$.

Также проанализированы сопутствующие заболевания включенных в исследование пациентов. Сахарным диабетом страдали 3 (15%) пациента из I группы, 5 (26%) пациентов из II группы, 1 (13%) пациент из III группы и 4 (24%) пациента из IV группы. Артериальная гипертензия наблюдалась более чем у половины пациентов в каждой из групп. В I группе повышением артериального давления страдали 13 (65%) пациентов, во II группе - 10 (53%) пациентов, в III группе - 5 (63%) пациентов, в IV группе - 11 (65%) пациентов. Новой коронавирусной инфекцией переболели 24 (37,5%) пациента, их распределение по группам представлено в табл. 1.

Выбор методики аблации производился после оценки данных компьютерной томографии ЛП и легочных вен. Изоляция легочных вен достигнута у всех пациентов. Никаких осложнений, связанных с процедурами аблации, не было зарегистрировано. До и после катетерной изоляции устьев легочных вен у всех пациентов была построена вольтажная карта ЛП. Количество точек картирования в среднем составило 14190 ± 6179 , время картирования составило в среднем - $19,7\pm 7,8$ минут.

В течение всего периода наблюдения $14,5\pm 6,7$ месяцев, рецидив ФП развился у 18 (28,1%) пациентов после процедуры аблации. Частота рецидивов ФП после аблации была ниже у пациентов I и II групп, чем у пациентов III и IV групп. У 6 (15,4%) пациентов из I, II групп и у 12 (48%) пациентов из III, IV групп зафиксирован рецидив фибрилляции предсердий после катетерного лечения ($p=0,02$).

Для получения статистической достоверности пациенты сгруппированы, анализировались I, II степень фиброза и III, IV степень фиброза. Результаты сравнительной оценки представлены в табл. 2. Значимые статистические различия получены в показателях фракции выброса и длительности P-зубца. У пациентов с распространенными зонами низкоамплитудной активности более низкая фракция выброса левого

желудочка ($62,8 \pm 6,9\%$ против $58,1 \pm 5,7\%$, $p=0,01$) (рис. 3а), а длительность Р-зубца больше ($84,7 \pm 8,2$ мс против $101,5 \pm 11,0$ мс, $p=0,01$) (рис. 3б).

Для выявления предикторов рецидива ФП в послеоперационном периоде был проведен логистический регрессионный анализ. В результате только распространенные зоны низкоамплитудной активности являлись независимым предиктором рецидива ФП после изоляции устьев легочных вен, такая прогностическая модель была значимой ($p=0,026$). Коэффициент детерминации R^2 McF= 0,162.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Это первое отечественное исследование, в котором применялось высокоплотное картирование (>10000 точек) с целью оценки степени фиброза у пациентов с пароксизмальной и персистирующей ФП. Исследования прошлых лет характеризовали субстрат ЛП по данным электроанатомического картирования, но только с 54-158 точками картирования [5, 6].

В 2005 году в исследовании A. Verma et al. описано влияние наличия участков фиброза в левом предсердии на результаты первичной антральной изоляции легочных вен у пациентов с ФП [7]. С этой целью были проанализированы результаты амплитудного картирования 700 пациентов. Низкоамплитудные зоны определялись там, где биполярный сигнал был менее 0,5 мВ, как было описано в ранее проведенных исследованиях [8, 9]. Площадь фиброзных зон в этом исследовании рассчитывалась вручную путем суммирования площади участков прямоугольной формы с низкоамплитудной активностью. Картирование выполнялось 20-полюсным циркулярным катетером, большая часть точек картирования аннотировались вручную. В результате данного исследования наличие зон низкоамплитудной активности в ЛП явилось независимым предиктором неэффективности радиочастотной антральной изоляции легочных вен. В нашем исследовании мы использовали автоматическое картирование, позволяющее аннотировать точки, соответствующие критериям отбора, а также мы использовали многополюсный basket-катетер, позволяющий сократить время картирования и аннотировать большее количество точек (более 10000).

В исследовании, проведенном с использованием

высокоплотного картирования, также была выявлена прямая зависимость между распространенностью областей низкоамплитудной активностью и рецидивом ФП в послеоперационном периоде. В исследовании M. Masuda et al. продемонстрирована прямая зависимость индукции ФП после изоляции легочных вен у пациентов с распространенными зонами низкоамплитудной активности. Всего было проанализировано 147 пациентов. У большей части пациентов с областями низкоамплитудной активности были индуцированы предсердные тахикардии после антральной изоляции легочных вен, а именно: ФП индуцирована у 70% пациентов с распространенными зонами низкоамплитудной активности против 16% пациентов без областей низкоамплитудной активности ($p=0,0001$); перимитральная макро re-entry предсердная тахикардия - у 18% против 0% ($p=0,0001$) [10]. Это исследование доказывает важность построения вольтажной карты до катетерного лечения ФП. Мы оценивали возникновение ФП в отдаленном и послеоперационном периоде. Также было выявлено, что у пациентов с распространенными зонами низкоамплитудной активности (III и IV группы пациентов) чаще возникают пароксизмы ФП в отдаленном периоде.

На сегодняшний день нет единого мнения о пороговых значениях биполярной амплитуды участков

Таблица 2.

Сравнительная таблица пациентов в зависимости от распространенности зон низкоамплитудной активности

Показатель	I, II группа	III, IV группа	p
Возраст, лет	61 [51-67]	63 [51-68]	0,57
Женщины / мужчины	16 / 23	10 / 15	0,94
Индекс массы тела, кг/м ²	$28,8 \pm 5,1$	$28,2 \pm 3,5$	0,93
Длительность АА, лет	4 [2-6]	6 [3-8]	0,16
Фракция выброса левого желудочка, %	$62,8 \pm 6,9$	$58,1 \pm 5,7$	0,01
Объем левого предсердия, мл	$138,9 \pm 31,9$	$154,3 \pm 49,5$	0,35
Длительность Р-зубца, мс	$84,7 \pm 8,2$	$101,5 \pm 11,0$	0,01
Сахарный диабет, n (%)	8 (21)	5 (20)	0,97
Артериальная гипертензия, n (%)	23 (59)	16 (64)	0,69
Перенесенная НКИ, n (%)	12 (31)	12 (48)	0,17

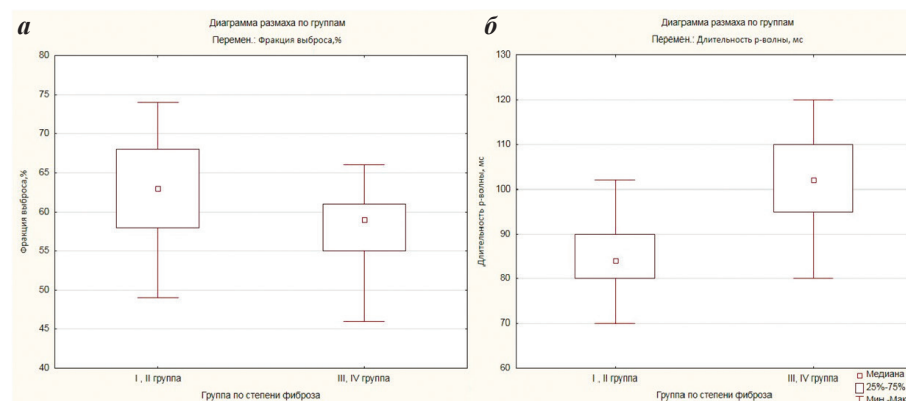


Рис. 3. Диаграммы размаха, иллюстрирующие фракцию выброса ЛЖ (а) и длительность Р-зубца (б) в группах с распространенностью зон низкоамплитудной активности менее 20% (I и II группы) и более 20% (III и IV группы).

фиброза. S.Kara et al. предложили ограничения по напряжению 0,2-0,45 мВ для «аномальных» тканей [11]. J.L.Harrison et al. на основании гистологических данных, результатах МРТ с гадолинийсодержащим контрастным препаратом и данных амплитудного картирования ЛП свиней сообщили о средних значениях биполярного сигнала 0,3-0,6 мВ [12]. A.S.Jadidi et al. продемонстрировали, что электрограммы в областях накопления гадолиний-содержащего контрастного препарата имеют среднее биполярное значение 0,63-0,8 мВ [13]. Учитывая несоответствие результатов современных исследований, мы решили использовать наиболее распространенные в литературе пороговые значения от 0,2 до 0,5 мВ.

В 2019 году в Испании проведено исследование, оценивающее эффективность высокоплотного картирования в прогнозировании рецидива ФП после катетерной абляции. Было проанализировано 98 пациентов, 40,8% из которых имели персистирующую форму ФП. Рецидив аритмии после года наблюдения развился у 29 (29,6%) пациентов. При проведении регрессионного анализа в данном исследовании также получен единственный наиболее значимый предиктор рецидива аритмии после катетерного лечения ФП - это структурное ремоделирование миокарда ЛП. В данном исследовании оно оценивалось с использованием программного обеспечения MATLAB [14]. Однако в это исследование были включены пациенты, которым ранее выполнялось катетерное лечение ФП, что также могло влиять на рецидив ФП или его отсутствие в отдаленном периоде. В нашем исследовании катетерная

абляция устьев легочных вен всем пациентам выполнялась впервые. Также в представленном исследовании не производилась количественная оценка фиброза ЛП, анализ проводился на основании данных, полученных в программном обеспечении MATLAB, оценивались среднее значение биполярного сигнала (V_m) и наклон диаграммы рассеяния (V_{slope}). В нашем исследовании проводилась количественная оценка распространенности областей низкоамплитудной активности с использованием разработанного нами алгоритма.

Ограничения исследования

Исследование относительно невелико и проводится в одном центре, однако оно обладает достаточной мощностью, чтобы продемонстрировать первичный результат. Область ушка левого предсердия не всегда была откартирована в полном объеме ввиду величины картирующего катетера и опасности перфорации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокоплотное картирование левого предсердия перед интервенционным лечением фибрилляции предсердий позволяет определить степень распространенности зон низкоамплитудной активности. При проведении регрессионного анализа доказано, что распространенные зоны низкоамплитудной активности являются независимым предиктором рецидива фибрилляции предсердий после изоляции легочных вен. У пациентов с распространением зон низкоамплитудной активности более 20% - большая длительность Р-зубца и более низкая фракция выброса левого желудочка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Calkins H, Kuck KH, Cappato R, et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design. *Europace*. 2012;14(4): 528-606. <https://doi.org/10.1093/europace/eus027>.
2. Allesie M, Ausma J, Schotten U. Electrical, contractile and structural remodeling during atrial fibrillation. *Cardiovasc Res*. 2002;54(2): 230-246. [https://doi.org/10.1016/s0008-6363\(02\)00258-4](https://doi.org/10.1016/s0008-6363(02)00258-4).
3. Frustaci A, Chimenti C, Bellocci F, et al. Histological substrate of atrial biopsies in patients with lone atrial fibrillation. *Circulation*. 1997;96(4): 1180-1184. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.4.1180>.
4. Marrouche NF, Wilber D, Hindricks G, et al. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study. *JAMA*. 2014;311(5): 498-506. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3>.
5. Spragg DD, Khurram I, Zimmerman SL, et al. Initial experience with magnetic resonance imaging of atrial scar and co-registration with electroanatomic voltage mapping during atrial fibrillation: success and limitations. *Heart Rhythm*. 2012;9(12): 2003-2009. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2012.08.039>.
6. Malcolm-Lawes LC, Juli C, Karim R, et al. Automated analysis of atrial late gadolinium enhancement imaging that correlates with endocardial voltage and clinical outcomes: a 2-center study. *Heart Rhythm*. 2013;10(8):1184-1191. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.04.030>
7. Verma A, Wazni OM, Marrouche NF, et al. Pre-existent left atrial scarring in patients undergoing pulmonary vein antrum isolation: an independent predictor of procedural failure. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(2): 285-292. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.10.035>.
8. Sanders P, Morton JB, Davidson NC, et al. Electrical remodeling of the atria in congestive heart failure: electrophysiological and electroanatomic mapping in humans. *Circulation*. 2003;108(12): 1461-1468. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000090688.49283.67>.
9. Sanders P, Morton JB, Kistler PM, et al. Electrophysiological and electroanatomic characterization of the atria in sinus node disease: evidence of diffuse atrial remodeling. *Circulation*. 2004;109(12): 1514-1522. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000121734.47409.AA>.
10. Masuda M, Fujita M, Iida O, et al. Left atrial low-voltage areas predict atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Int J Cardiol*. 2018;257:97-101. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.12.089>.
11. Kapa S, Desjardins B, Callans DJ, et al. Contact electroanatomic mapping derived voltage criteria for characterizing left atrial scar in patients undergoing ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014;25(10): 1044-1052. <https://doi.org/10.1111/jce.12452>.

12. Harrison JL, Jensen HK, Peel SA, et al. Cardiac magnetic resonance and electroanatomical mapping of acute and chronic atrial ablation injury: a histological validation study. *Eur Heart J*. 2014;35(22): 1486-1495. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu560>.
13. Jadidi AS, Cochet H, Shah AJ, et al. Inverse relationship between fractionated electrograms and atrial fibrosis in persistent atrial fibrillation: combined magnetic resonance imaging and high-density mapping. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(9): 802-812. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.03.081>.
14. Ballesteros G, Ravassa S, Bragard J, et al. Association of left atrium voltage amplitude and distribution with the risk of atrial fibrillation recurrence and evolution after pulmonary vein isolation: An ultrahigh-density mapping study. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30(8): 1231-1240. <https://doi.org/10.1111/jce.13972>.