

УДК 616.125

DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov624912>

Электрофизиологические свойства предсердного миокарда и проводящей системы сердца у пациентов с фибрилляцией предсердий и различной коморбидностью

М.В. Горев^{1,2}, Д.В. Фетцер¹, Е.А. Ковалевская¹, Н.Г. Потешкина^{1,3}, И.Л. Уразовская⁴, С.А. Сайганов⁴¹ Городская клиническая больница № 52 Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия;² Акционерное общество «Семейный доктор», Москва, Россия;³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;⁴ Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Фибрилляция предсердий — нарушение предсердного ритма со сложными и не до конца изученными этиологией и патогенезом. Катетерная абляция является наиболее эффективным способом контроля предсердного ритма при данном нарушении. Показатели ее эффективности отличаются у пациентов с различными сопутствующими патологиями сердечно-сосудистой системы.

Цель работы — оценить электрофизиологические свойства предсердного миокарда и проводящей системы сердца при катетерной абляции фибрилляции предсердий у пациентов с различными сопутствующими патологиями сердечно-сосудистой системы.

Материал и методы. Ретроспективно за период с 2016 по 2017 г. проанализированы интраоперационные данные, полученные при первичных катетерных абляциях у 151 отобранного пациента с фибрилляцией предсердий. По наличию или отсутствию коморбидной патологии сердечно-сосудистой системы пациенты были разделены на три группы: в группу 1 включены лица с идиопатической фибрилляцией предсердий, в группу 2 — с сочетанием фибрилляции предсердий и изолированной эссенциальной артериальной гипертензии, в группу 3 — с сочетанием фибрилляции предсердий и ишемической болезни сердца.

Результаты. Частота сокращений желудочков у пациентов с фибрилляцией предсердий была существенно выше, чем частота сердечных сокращений у пациентов с синусовым ритмом ($102,6 \pm 20,8$ и $64,9 \pm 11,9$ в минуту соответственно; $p < 0,001$). Показатели частоты ритма существенно отличались в группах 1, 2 и 3 как при синусовом ритме ($61,2 \pm 10,9$, $60,1 \pm 8,8$ и $57,2 \pm 10,3$ в минуту соответственно; $p < 0,001$), так и при фибрилляции предсердий ($107 \pm 15,8$, $89,9 \pm 14,3$ и $102 \pm 12,5$ в минуту соответственно; $p < 0,001$). У пациентов всех групп, как при синусовом ритме, так и при фибрилляции предсердий, частота сердечных сокращений возрастала после изоляции легочных вен по сравнению с частотой до абляции ($p < 0,001$). Во всех группах после изоляции легочных вен отмечено статистически значимое снижение частоты фибрилляторной активности предсердий по сравнению с исходной величиной: на 72 в минуту ($p < 0,001$) в группе 1, на 49 в минуту ($p < 0,001$) в группе 2 и на 49 в минуту ($p = 0,003$) в группе 3. Значения частоты фибрилляторной активности после изоляции легочных вен были сопоставимы в исследуемых группах ($p = 0,45$) как до операции, так и после нее. У пациентов без ишемической болезни сердца после абляции отмечено значимое снижение амплитуды предсердных электрограмм по сравнению с предоперационными значениями ($p = 0,042$ в группе 1, $p < 0,001$ в группе 2). Эффективные рефрактерные периоды предсердного миокарда не отличались в группах 1, 2 и 3 ($235 \pm 30,3$, $220,6 \pm 25,6$ и $231,2 \pm 39,4$ мс соответственно; $p = 0,359$).

Выводы. У пациентов с фибрилляцией предсердий наличие сопутствующей патологии сердечно-сосудистой системы влияет на электрофизиологические свойства миокарда и проводящей системы сердца, а также их динамику после изоляции легочных вен. Необходимы дополнительные исследования для разработки персонализированного подхода в лечении фибрилляции предсердий у пациентов с сопутствующей патологией сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; катетерная абляция; ишемическая болезнь сердца; артериальная гипертензия.

Как цитировать

Горев М.В., Фетцер Д.В., Ковалевская Е.А., Потешкина Н.Г., Уразовская И.Л., Сайганов С.А. Электрофизиологические свойства предсердного миокарда и проводящей системы сердца у пациентов с фибрилляцией предсердий и различной коморбидностью // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2024. Т. 16. № 1. С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov624912>

Рукопись получена: 23.12.2023

Рукопись одобрена: 22.01.2024

Опубликована: 28.03.2024



DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov624912>

Electrophysiological properties of the atrial myocardium and cardiac conduction system in patients with atrial fibrillation and different comorbidity

Maxim V. Gorev^{1,2}, Denis V. Fettser¹, Elena A. Kovalevskaya¹, Nataliya G. Poteshkina^{1,3}, Irina L. Urazovskaya⁴, Sergey A. Saiganov⁴

¹ Moscow City Clinical Hospital No. 52, Moscow, Russia;

² AO Family Doctor JSC, Moscow, Russia;

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

⁴ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Atrial fibrillation is a rhythm disorder that has a complex and not yet fully understood etiology and pathogenesis. Catheter ablation is the most effective method for rhythm control in atrial fibrillation patients. The effectiveness of catheter ablation differs in patients with various concomitant pathologies of the cardiovascular system.

AIM: To study electrophysiological properties of atrial myocardium and cardiac conduction system during catheter ablation for atrial fibrillation in patients with different cardiovascular comorbidities.

MATERIALS AND METHODS: Intraprocedural data obtained during primary catheter ablations in 151 selected patients with atrial fibrillation were retrospectively analyzed. The patients were divided into 3 groups based on the presence or absence of cardiovascular comorbid pathology: group 1 — patients with idiopathic atrial fibrillation, group 2 — patients with a combination of atrial fibrillation and isolated essential arterial hypertension, group 3 — patients with a combination of atrial fibrillation and ischemic heart disease.

RESULTS: The ventricular rate in the patients with atrial fibrillation was significantly higher than the heart rate in the patients with sinus rhythm (102.6 ± 20.8 beats/min and 64.9 ± 11.9 beats/min, respectively; $p < 0.001$). The rhythm frequency differed significantly in Group 1, Group 2 and Group 3 in sinus rhythm (61.2 ± 10.9 beats/min, 60.1 ± 8.8 beats/min and 57.2 ± 10.3 beats/min, respectively; $p < 0.001$), and in atrial fibrillation (107 ± 15.8 beats/min, 89.9 ± 14.3 beats/min and 102 ± 12.5 beats/min, respectively; $p < 0.001$). In the patients of all groups both in sinus rhythm and in atrial fibrillation, the heart rate increased after pulmonary vein isolation compared with the rate before ablation ($p < 0.001$). In all groups, after isolation of the pulmonary veins, a statistically significant decrease in the frequency of atrial fibrillatory activity was noted compared to the baseline: by 72 imp/min ($p < 0.001$) in group 1, by 49 imp/min ($p < 0.001$) in group 2, and by 49 imp/min ($p = 0.003$) in patients of group 3. The frequency of fibrillatory activity after pulmonary vein isolation was comparable in the study groups ($p = 0.45$), both before and after surgery. In the patients without coronary artery disease, there was a significant decrease in the amplitude of atrial electrograms after ablation compared to preoperative values ($p = 0.042$ in group 1; $p < 0.001$ in group 2). The effective refractory period of the atrial myocardium did not differ between the groups (235 ± 30.3 ms, 220.6 ± 25.6 ms and 231.2 ± 39.4 ms, respectively; $p = 0.359$).

CONCLUSIONS: In the patients with atrial fibrillation, the presence of concomitant pathology of the cardiovascular system affects the electrophysiological properties of the myocardium and conduction system of the heart and their changes after pulmonary vein isolation. Additional research is needed to develop a personalized approach to the treatment of atrial fibrillation in patients with concomitant pathology of the cardiovascular system.

Keywords: atrial fibrillation; catheter ablation; coronary heart disease; arterial hypertension.

To cite this article

Gorev MV, Fettser DV, Kovalevskaya EA, Poteshkina NG, Urazovskaya IL, Saiganov SA. Electrophysiological properties of the atrial myocardium and cardiac conduction system in patients with atrial fibrillation and different comorbidity. *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. 2024;16(1):31–40. DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov624912>

Received: 23.12.2023

Accepted: 22.01.2024

Published: 28.03.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Фибрилляция предсердий (ФП) — это самая распространенная устойчивая аритмия. Ее этиология и патогенез сложны и до конца не изучены [1].

Ряд исследований продемонстрировал зависимость результатов катетерного лечения ФП от некоторых клинических и анатомических параметров, таких как линейные размеры и сократимость левого предсердия, наличие и распространенность фиброза в предсердном миокарде, возраст, сопутствующая патология и др. [3–5]. Чтобы одновременно учесть многочисленные факторы и спрогнозировать исход аблации разработаны шкалы риска рецидива аритмии после нее, но эффективность этих инструментов также не абсолютна [24].

В настоящей работе выдвинуто предположение, что оценка результатов лечения у пациентов с различными коморбидными патологиями может объединить отдельные факторы риска в их естественном сочетании. Правомочность данного подхода ранее подтверждена показателями эффективности катетерного лечения ФП у пациентов с идиопатической ФП, а также ФП, сочетающейся с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца [8]. Авторы оценили электрофизиологические особенности миокарда у пациентов с ФП в этих клинических группах.

Цель работы — оценить электрофизиологические свойства предсердного миокарда и проводящей системы сердца при катетерной аблации ФП у пациентов с различными сопутствующими патологиями сердечно-сосудистой системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Данная работа проведена как ретроспективное одноцентровое исследование.

Исследуемая группа пациентов

В 2016–2017 гг. выполнены первичные операции катетерной аблации по поводу ФП у 151 пациента в возрасте от 18 до 80 лет. На основании отсутствия сопутствующей патологии сердечно-сосудистой системы, а также наличия эссенциальной первичной артериальной гипертензии или ишемической болезни сердца пациенты разделены на три группы: группу 1 — с идиопатической ФП, группу 2 — с ФП в сочетании с артериальной гипертензией, группу 3 — с ФП в сочетании с ишемической болезнью сердца (рис. 1).

Клинико-демографические характеристики пациентов, включенных в исследование, представлены в табл. 1.

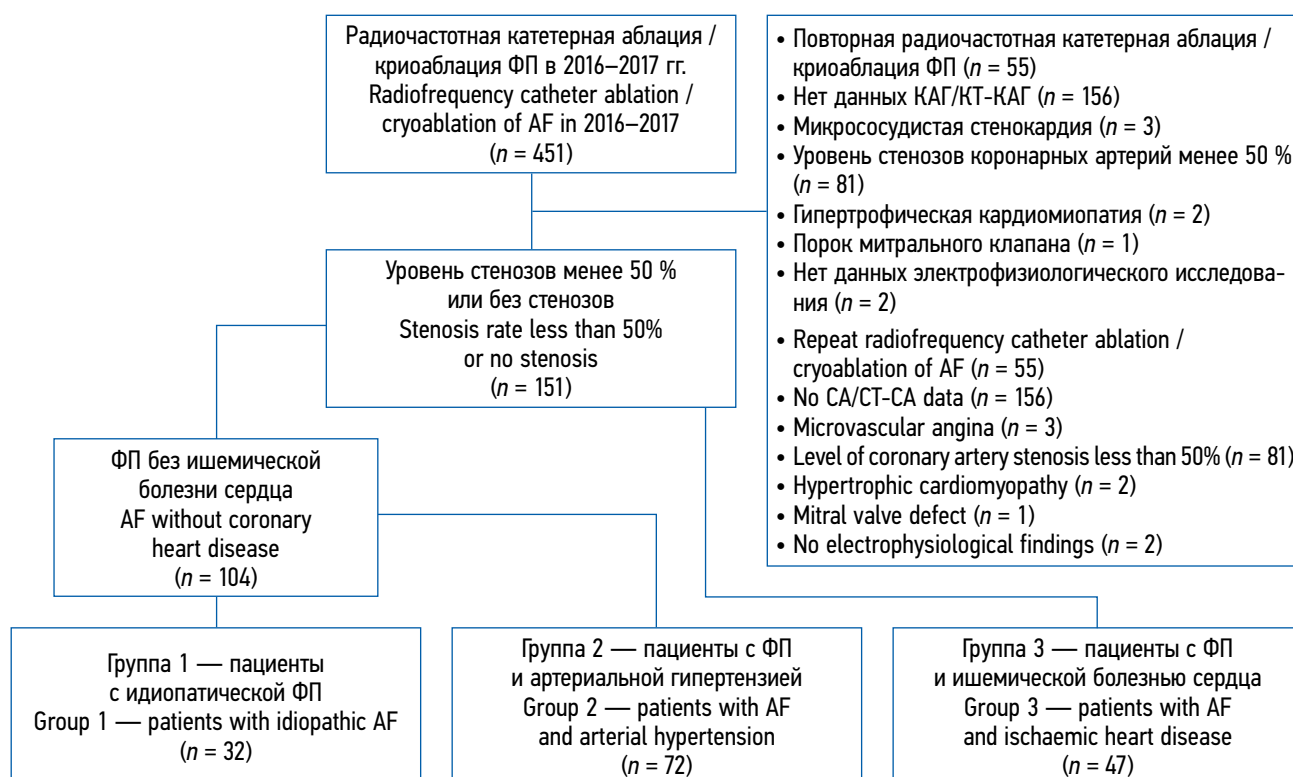


Рис. 1. Алгоритм отбора пациентов для исследования. ФП — фибрилляция предсердий; КАГ — коронарная ангиография; КТ-КАГ — компьютерная томографическая коронарная ангиография

Fig. 1. Algorithm for patient selection. AF — atrial fibrillation; CA — coronary angiography; CT-CA — computed tomography coronary angiography

Таблица 1. Демографические, эхокардиографические и интраоперационные данные**Table 1.** Demographic, echocardiography and intraprocedural data

Параметр		Группа 1 (n = 32)	Группа 2 (n = 72)	Группа 3 (n = 48)	Статистическая значимость
Женский пол, n (%)		10 (31,2)	44 (61,6)	18 (37,5)	$p_{1-2} = 0,004$ $p_{2-3} = 0,009$
Возраст, М ± SD, лет		48,6 ± 11,9	59,6 ± 9,2	66 ± 6,9	$p < 0,001$
Артериальная гипертензия, n (%)		0 (0)	72 (100)	48 (100)	Нет данных
Пароксизмальная фибрилляция предсердий, n (%)		25 (78,1)	62 (84,9)	44 (91,7)	Нет данных
Фракция выброса левого желудочка, %		64,4 ± 2,3	62,3 ± 4,5	61,2 ± 7,4	$p_{1-2} = 0,002$ $p_{1-3} = 0,008$
Размер левого предсердия, мм		39,4 ± 4,0	42 ± 4,4	44,3 ± 4,8	$p_{1-2} = 0,004$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,011$
Источник энергии для изоляции легочных вен	РЧА, n (%)	19 (59,4)	55 (76,4)	38 (79,2)	Нет данных
	КБА, n (%)	13 (40,6)	17 (23,6)	10 (20,8)	

Примечание. M $\pm$ SD — среднее значение и стандартное отклонение; РЧА — радиочастотная абляция; КБА — криобаллонная абляция.

Диагностика ишемической болезни сердца

Ишемическую болезнь сердца диагностировали согласно действующим рекомендациям [2]. Заключение о наличии атеросклероза коронарных артерий делали на основании данных коронарографии у 59 пациентов или компьютерно-томографической коронарографии (с определением индекса коронарного кальция) — у 89. В исследование включены только пациенты без признаков коронарного атеросклероза (в группы 1 и 2) и с диагностированной ишемической болезнью сердца (в группу 3). Пациенты с нестенозирующим (уровнем стенозов менее 50 %) атеросклерозом коронарных артерий без ишемической болезни сердца исключены из исследования.

Медикаментозная терапия

Всем пациентам, включенным в исследование, терапию назначали согласно существующим рекомендациям по каждой нозологии. Выбор конкретных препаратов, их сочетание и режимы дозирования определял лечащий врач.

Антиаритмическую терапию проводили без перерыва до и после операции без отличий между исследуемыми

группами. В табл. 2 представлены антиаритмические препараты, использованные в периоперационном периоде.

Катетерная абляция и электрофизиологическое исследование

Перед операцией фиксировали тип предсердного ритма [ФП или синусовый ритм (СР)] и частоту сердечных сокращений (или частоту желудочковых сокращений при ФП).

Изоляцию устьев легочных вен выполняли с помощью радиочастотной или криобаллонной абляции под внутривенной седацией и анальгезией растворами пропофола и фентанила или эндотрахеальным наркозом. Конечной целью абляции было достижение двунаправленной блокады электрических импульсов между мышечными муфтами всех легочных вен и миокардом левого предсердия при СР.

После окончания всех воздействий выполняли программную и учащающую стимуляцию предсердий. При программной стимуляции определяли эффективный рефрактерный период предсердного миокарда.

Таблица 2. Антиаритмическая терапия в периоперационном периоде**Table 2.** Periprocedural antiarrhythmic therapy

Препарат	Группа 1, %	Группа 2, %	Группа 3, %
Отсутствует	7,7	6,5	10,9
Пропафенон	7,7	8,1	6,5
Аллапинин	11,5	12,9	4,3
Соталол и Аллапинин	3,8	8,1	2,2
Соталол	46,2	40,3	52,2
Амиодарон	23,1	24,2	23,9

Примечание. Общие статистически значимые отличия между группами отсутствуют.

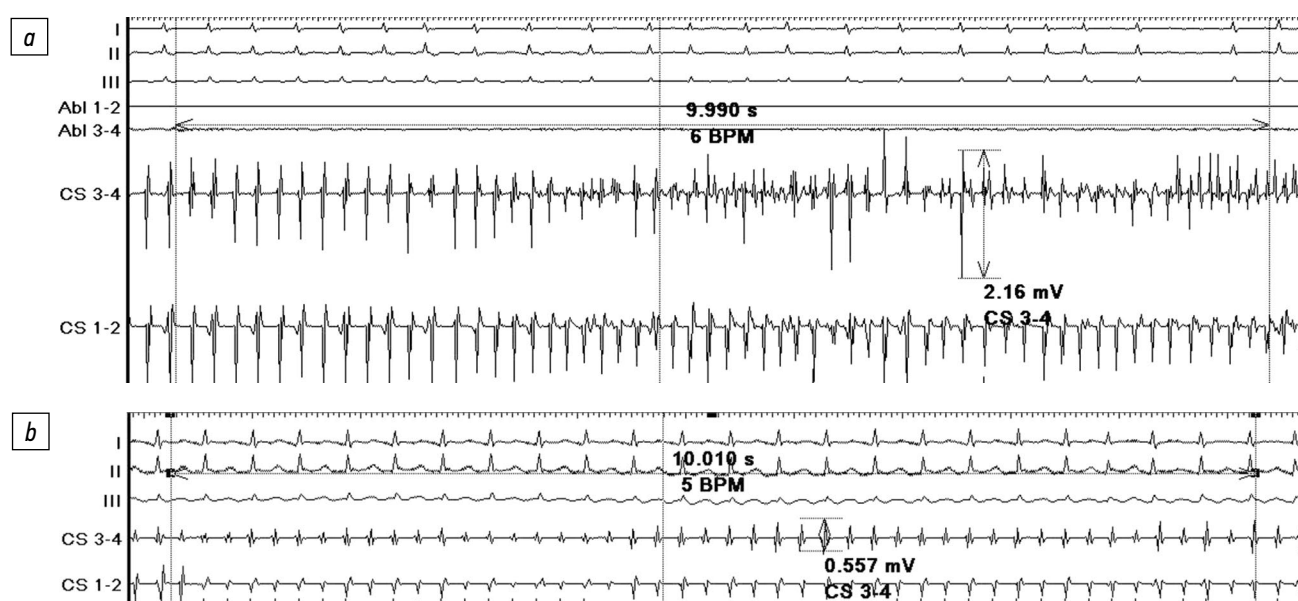


Рис. 2. Поверхностная электрокардиограмма и внутриполостные электрограммы с абляционного и электрофизиологического электродов в коронарном синусе у пациента с фибрилляцией предсердий. *a* — до абляции, измерения амплитуды (2,16 мВ) и частоты ($74 \cdot 6 = 396$ в минуту) фибрилляторной активности в коронарном синусе; *b* — после абляции, отмечено снижение амплитуды (до 0,56 мВ) и частоты (до $46 \cdot 6 = 276$ в минуту) фибрилляторной активности в коронарном синусе

Fig. 2. Surface electrocardiogram and endocardial electrograms from ablation and diagnostic catheters in the coronary sinus in the atrial fibrillation patient. *a*, prior to ablation, measurements of atrial amplitude (2,16 mV) and atrial fibrillation rate ($74 \cdot 6 = 396$ beats per minute) in the coronary sinus are presented; *b*, after ablation, decrease in atrial amplitude (0,56 mV) and atrial fibrillation rate ($46 \cdot 6 = 276$ beats per minute) in the coronary sinus are presented

Изменение амплитуды и частоты фибрилляторной активности в коронарном синусе

У пациентов, поступивших в операционную с устойчивым пароксизмом ФП, измеряли амплитуду и частоту фибрилляторной активности на основании записи с электрофизиологического электрода в коронарном синусе (рис. 2). Первое измерение производили в начале операции (если пациент поступал в операционную с ФП) или в начале пароксизма ФП (при его спонтанной индукции во время операции). Второе измерение выполняли перед восстановлением СР (спонтанным на фоне абляции или перед электрической кардиоверсией).

Для определения частоты фибрилляторной активности подсчитывали количество отдельных предсердных сигналов в течение 10 с, и затем вычисляли частоту предсердных сигналов (ЧПС, в минуту) по формуле: $\text{ЧПС} = \text{ЧПС}_{10 \text{ сек}} \times 6$.

Статистический анализ

Статистическая обработка результатов произведена с использованием лицензионного программного обеспечения SPSS Statistics версии 26.0 (IBM, США). Описательные статистические данные для количественных переменных представлены средним арифметическим и стандартным отклонением. Номинальные данные описывали количеством пациентов и его валидной долей в процентах. Нормальность распределения количественных и порядковых данных определяли с помощью теста

Колмогорова – Смирнова. Сравнительный анализ переменных с нормальным распределением выполняли с помощью *t*-теста Стьюдента. При распределении, отличном от нормального, данные сравнивали с помощью теста Краскела – Уоллиса. Сравнение номинальных данных выполняли с помощью критерия χ^2 или теста Фишера в зависимости от минимального значения в ячейке таблицы сопряженности. В качестве уровня статистической значимости использовано значение $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Частота сердечных сокращений до и после операции

В связи с тем, что часть пациентов поступала в операционную с пароксизмом ФП, а часть — с СР, и показатели частоты сокращений желудочков существенно отличались у пациентов с разным ритмом ($64,9 \pm 11,9$ в минуту при СР и $102,6 \pm 20,8$ в минуту при ФП; $p < 0,001$), анализ данных показателей до и после изоляции легочных вен проводили отдельно для пациентов с СР и ФП (табл. 3).

Частота СР до абляции в группе 3 ($57,2 \pm 10,3$ в минуту) была ниже, чем в группах 1 ($61,2 \pm 10,9$ в минуту) и 2 ($60,1 \pm 8,8$ в минуту) ($p < 0,001$).

Среди пациентов, поступивших в операционную с ФП, частота сокращений желудочков была существенно выше у пациентов в группе 1 ($107 \pm 15,8$ в минуту) по сравнению с показателями в группах 2 ($89,9 \pm 14,3$ в минуту) и 3 ($102 \pm 12,5$ в минуту) ($p < 0,001$).

Таблица 3. Данные о предсердном ритме и частоте сердечных сокращений у пациентов разных клинических групп до и после катетерной изоляции легочных вен

Table 3. Atrial rhythm and heart rate data of the patients from different clinical groups before and after pulmonary vein isolation

Параметр	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Статистическая значимость отличий между группами		
				1 и 2	1 и 3	2 и 3
Частота синусового ритма до ИЛВ	61,2 ± 10,9	60,1 ± 8,9	57,2 ± 10,3	$p = 0,56$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
Частота синусового ритма после ИЛВ	92,8 ± 28,3	77,4 ± 8,8	75,5 ± 11,3	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,124$
Статистическая значимость отличий показателей до и после ИЛВ	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$			
Частота сокращений желудочков при фибрилляции предсердий до ИЛВ	107 ± 15,8	89,9 ± 14,3	102 ± 12,5	$p < 0,001$	$p = 0,924$	$p = 0,005$
Частота сокращений желудочков при фибрилляции предсердий после ИЛВ	123 ± 15,5	111 ± 13,6	108 ± 12,5	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,567$
Статистическая значимость отличий показателей до и после ИЛВ	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,001$			

Примечание. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения (в минуту). ИЛВ — изоляция легочных вен.

Таблица 4. Данные о частоте и амплитуде предсердного ритма у пациентов изучаемых клинических групп до и после катетерной изоляции легочных вен

Table 4. Atrial fibrillation rate and amplitude in different clinical groups before and after pulmonary vein isolation

Параметр	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Статистическая значимость отличий между группами		
				1 и 2	1 и 3	2 и 3
Частота КС до ИЛВ, в минуту	420,7 ± 77	382,2 ± 29,7	380,9 ± 122,6		$p = 0,238$	
Частота КС после ИЛВ, в минуту	356,5 ± 19,4	334,3 ± 79,7	321,5 ± 84		$p = 0,450$	
Изменение частоты КС, в минуту	-72 ± 71,4	-49,3 ± 87,8	-49,1 ± 78,7		$p = 0,599$	
Статистическая значимость отличий в изменениях частоты КС	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,003$			
Амплитуда КС до ИЛВ, мВ	1,38 ± 0,8	1,62 ± 0,7	1,53 ± 1,28		$p = 0,3$	
Амплитуда КС после ИЛВ, мВ	1,3 ± 0,9	0,96 ± 0,6	1,3 ± 1,49	$p = 0,214$	$p = 0,433$	$p = 0,973$
Изменение амплитуды КС, мВ	-0,1 ± 0,9	-0,7 ± 0,6	-0,3 ± 0,8	$p = 0,004$	$p = 0,309$	$p = 0,058$
Статистическая значимость отличий в изменениях амплитуды КС	$p = 0,042$	$p < 0,001$	$p = 0,123$			

Примечание. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения. ИЛВ — изоляции легочных вен, КС — коронарный синус.

У пациентов всех групп как при СР, так и при ФП частота сердечных сокращений возрасала после изоляции легочных вен по сравнению с частотой до аблации ($p < 0,001$). После операции в группе 1 отмечена более высокая частота как при СР, так и при ФП по сравнению с аналогичными показателями в группах 2 и 3 ($p < 0,001$).

Показатели степени нарастания частоты сердечных сокращений при СР и частоты сокращений желудочков при ФП не отличались между группами ($p = 0,34$ и $p = 0,29$ соответственно).

Амплитуда электрической активности и частота возбуждения коронарного синуса при фибрилляции предсердий

Средние величины частоты фибрилляторной активности коронарного синуса и амплитуда предсердных

электрограмм в нем до изоляции легочных вен не отличались между пациентами разных клинических групп (табл. 4). Во всех группах после изоляции легочных вен отмечено статистически значимое снижение частоты активности по сравнению с исходной величиной: в среднем на 72 в минуту ($p < 0,001$) в группе 1, на 49 в минуту ($p < 0,001$) в группе 2 и на 49 в минуту ($p = 0,003$) у пациентов группы 3. Значения степени снижения частоты возбуждения коронарного синуса не отличались между группами ($p = 0,599$). Частота фибрилляторной активности после изоляции легочных вен осталась сопоставимой в исследуемых группах ($p = 0,45$).

У пациентов без ишемической болезни сердца после аблации отмечено значимое снижение амплитуды предсердных электрограмм по сравнению с предоперационными значениями ($p = 0,042$ в группе 1 и $p < 0,001$ в группе 2).

Эффективный рефрактерный период при синусовом ритме

Определяемые при попытке индукции ФП в конце операции эффективные рефрактерные периоды предсердного миокарда в группах 1 ($235 \pm 30,3$ мс), 2 ($220,6 \pm 25,6$ мс) и 3 ($231,2 \pm 39,4$ мс) не отличались ($p = 0,359$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Частота сердечных сокращений до и после операции

Во всех группах вне зависимости от характера предсердного ритма отмечено статистически значимое увеличение частоты сердечных сокращений после операции по сравнению с предоперационными значениями ($p < 0,001$). При этом пациенты в группе 1 вне зависимости от ритма в предсердиях (СР или ФП) демонстрировали значимо большую частоту сердечных сокращений, чем в других группах. Повышение автоматизма синусового узла при СР и улучшение атриовентрикулярной проводимости во время ФП на фоне изоляции легочных вен описано ранее [21]. Этот феномен может быть связан с изменением вегетативных влияний на сердце из-за непреднамеренного воздействия на интрамуральные нервные сплетения. Катетерную абляцию вегетативных ганглиев в левом предсердии ранее рассматривали как самостоятельную методику лечения ФП, альтернативную изоляции легочных вен, но она не показала достаточно высокую эффективность [18]. В настоящее время методику абляции ганглионарных сплетений используют как дополнение к изоляции легочных вен для лечения ФП [3] или у пациентов с брадикардиями и нейрокардиогенными обмороками [15], так как она позволяет устранить патологический парасимпатический тонус, обладающий аритмогенным эффектом, у некоторых пациентов [14].

Амплитуда электрической активности и частота возбуждения коронарного синуса при фибрилляции предсердий

Поиск интраоперационных предикторов эффективности абляции ФП для определения объема вмешательства остается актуальной проблемой. В настоящем исследовании оценена фибрилляторная активность у пациентов с длительным пароксизмом ФП, зарегистрированным в процессе абляции. Между пациентами разных клинических групп не установлено существенных отличий в частотной или амплитудной характеристиках фибрилляторной активности предсердий до абляции. В то же время у пациентов всех изучаемых клинических групп отмечено значимое снижение частоты фибрилляторной активности в среднем на 49–72 в минуту (увеличение длительности предсердного цикла) к концу операции по сравнению

с предоперационными значениями. L. Di Marco и соавт. показали, что частотные характеристики предсердного ритма при ФП могут служить предикторами купирования этого нарушения во время абляции и долгосрочной эффективности данного лечения [13]. K. Heist и соавт., а также F. Holmquist и соавт. показали положительную корреляцию между длиной цикла ФП в начале операции и купированием ФП с помощью абляции [9, 10]. P. Pascale и соавт. продемонстрировали взаимосвязь восстановления СР в процессе абляции с соотношением длительностей цикла ФП в легочных венах и ушке левого предсердия. Более короткий цикл в легочных венах по сравнению с циклом в левом предсердии указывал на их триггерную роль в патогенезе ФП у конкретного пациента и возможность устранения причины аритмии путем изоляции легочных вен [16].

Результаты экспериментальных [5] и клинических [17] работ говорят также о важной роли парасимпатической нервной системы в регуляции активности эктопических триггерных очагов в левом предсердии и легочных венах. Абляция ганглионарных сплетений или изоляция очагов в легочных венах от предсердного миокарда могут снижать частоту фибрилляторной активности в предсердиях и позволяют предсказывать купирование ФП в процессе абляции, а также долгосрочную эффективность операции [7].

Еще одной находкой настоящего исследования было снижение амплитуды электрической активности в коронарном синусе у пациентов в группах 1 и 2. Данное наблюдение может быть связано с отеком стенки левого предсердия или снижением количества жизнеспособного миокарда в левом предсердии в процессе абляции [25]. В отличие от настоящих данных Т.-С. Tuan и соавт. показали снижение амплитуды электрической активности левого предсердия с возрастом [23].

Эффективный рефрактерный период при синусовом ритме

Укорочение рефрактерности предсердного миокарда при ФП по сравнению с ее величиной у здоровых пациентов без ФП хорошо известно [4, 6, 11, 12]. Значение этого показателя увеличивается с возрастом [20], зависит от расположения точки стимуляции предсердий [6]. Острое повышение давления в левом предсердии и его дилатация приводят к значимому укорочению эффективного рефрактерного периода предсердий и повышению склонности к ФП [19]. С другой стороны, у пациентов с синдромом слабости синусового узла длительность предсердного рефрактерного периода не отличается от этого показателя у пациентов контрольной группы, несмотря на больший возраст, а также наличие структурной патологии сердца и сопутствующей экстракардиальной патологии [22]. Отсутствие отличий между исследуемыми группами по этому показателю в настоящей работе могло

быть обусловлено выбором точки стимуляции или разнонаправленным влиянием различных факторов (возраста, ишемической болезни сердца, изменений вегетативной иннервации и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациенты с ФП, возникающей на фоне различных сопутствующих заболеваний сердечно-сосудистой системы, показывают различные электрофизиологические свойства синусового и атриовентрикулярного узлов, а также предсердного миокарда (амплитуду и частоту фибрилляторной активности). Это подтверждает обоснованность разработки и применения персонализированного подхода в лечении ФП у пациентов с сопутствующей патологией сердечно-сосудистой системы, и должно быть учтено в критериях отбора на вмешательство и при определении объема вмешательства. Необходимы дополнительные исследования для изучения изменений электрофизиологии сердца у пациентов в различных клинических ситуациях и оценки влияния этих изменений на эффективность лечения ФП.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование было проведено без привлечения дополнительного финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Наибольший вклад распределен следующим образом: *М.В. Горев* — концепция и дизайн исследования, сбор и обра-

ботка материала, участие в выполнении операций, участие в написании первой версии рукописи; *Д.В. Фетцер* — участие в разработке дизайна исследования, обсуждение результатов работы, правка текста; *Е.А. Ковалевская* — обсуждение результатов работы, участие в написании первой версии рукописи; *Н.Г. Потешкина, С.А. Сайганов* — коррекция протокола исследования, обсуждение результатов работы, коррекция первой версии рукописи; *И.А. Уразовская* — коррекция протокола исследования, анализ полученных данных, участие в статистической обработке, обзор литературы, внесение окончательной правки.

Этическое утверждение. Исследование одобрено локальным этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова (протокол № 12 от 06.12.2023 г.).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The study had no external funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author contribution. All the authors have made a significant contribution to the development of the concept, research, and preparation of the article as well as read and approved the final version before its publication.

Personal contribution of each author: *M.V. Gorev* — study concept and design, data collection and analysis, participating in the pulmonary vein isolation procedures, text writing; *D.V. Fettser* — study concept and design, discussion of the study results, text edits; *E.A. Kovalevskaya* — discussion of the study results, text edits; *N.G. Poteshkina, S.A. Saiganov* — study protocol corrections, discussion of the study results, text edits; *I.A. Urazovskaya* — data analysis, literature review, making final text edits.

Ethics approval. The study was approved by the local Ethics Committee of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (protocol No. 12 dated 06.12.2023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 26, № 7. С. 190–260. EDN: FUZAAD doi: 10.15829/1560-4071-2021-4594
2. Winkle R.A., Jarman J.W.E., Mead R.H., et al. Predicting atrial fibrillation ablation outcome: The CAAP-AF score // Heart Rhythm. 2016. Vol. 13, N. 11. P. 2119–2125. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.07.018
3. Gorev M.V., Urazovskaya I.L. Atrial fibrillation recurrence rate in different clinical groups: Coronary artery disease and age matter // Cardiac Arrhythmias. 2023. Vol. 3, No. 1. P. 31–40. doi: 10.17816/cardar305725
4. Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Кашталап В.В., и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25, № 11. С. 201–250. EDN: THCMQS doi: 10.15829/1560-4071-2020-4083
5. Sikorska A., Pilichowska-Paszkiel E., Zuk A., et al. Acceleration of sinus rhythm following ablation for atrial fibrillation: A simple parameter predicting ablation efficacy // Kardiologia Pol. 2019. Vol. 77, N. 10. P. 960–965. doi: 10.33963/KP.14950
6. Pokushalov E., Romanov A., Artyomenko S., et al. Left atrial ablation at the anatomic areas of ganglionated plexi for paroxysmal atrial fibrillation // Pacing Clin Electrophysiol. 2010. Vol. 33, N. 10. P. 1231–1238. doi: 10.1111/j.1540-8159.2010.02800.x
7. Calkins H., Hindricks G., Cappato R., et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation // Heart Rhythm. 2017. Vol. 14, N. 10. P. e275–444. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.05.012
8. Pachon J.C., Pachon E.I., Pachon J.C., et al. "Cardioneuroablation" — new treatment for neurocardiogenic syncope, functional AV block and sinus dysfunction using catheter RF-ablation // Europace. 2005. Vol. 7, N. 1. P. 1–13. doi: 10.1016/j.eupc.2004.10.003
9. Oral H., Chugh A., Scharf C., et al. Pulmonary vein isolation for vagotonic, adrenergic, and random episodes of paroxysmal atrial fibrillation // J Cardiovasc Electrophysiol. 2004. Vol. 15, N. 4. P. 402–406. doi: 10.1046/j.1540-8167.2004.03432.x
10. Di Marco L.Y., Raine D., Bourke J.P., Langley P. Characteristics of atrial fibrillation cycle length predict restoration of sinus rhythm by

catheter ablation // *Heart Rhythm*. 2013. Vol. 10, N. 9. P. 1303–1310. doi: 10.1016/j.hrthm.2013.06.007

11. Heist E.K., Chalhoub F., Barrett C., et al. Predictors of atrial fibrillation termination and clinical success of catheter ablation of persistent atrial fibrillation // *Am J Cardiol*. 2012. Vol. 110, N. 4. P. 545–551. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.04.028

12. Holmqvist F., Stridh M., Waktare J.E.P., et al. Atrial fibrillation signal organization predicts sinus rhythm maintenance in patients undergoing cardioversion of atrial fibrillation // *Europace*. 2006. Vol. 8, N. 8. P. 559–565. doi: 10.1093/europace/eul072

13. Pascale P., Shah A.J., Roten L., et al. Pulmonary veins to left atrium cycle length gradient predicts procedural and clinical outcomes of persistent atrial fibrillation ablation // *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2014. Vol. 7, N. 3. P. 473–482. doi: 10.1161/CIRCEP.113.001264

14. Chou C.C., Nguyen B.L., Tan A.Y., et al. Intracellular calcium dynamics and acetylcholine-induced triggered activity in the pulmonary veins of dogs with pacing-induced heart failure // *Heart Rhythm*. 2008. Vol. 5, N. 8. P. 1170–1177. doi: 10.1016/j.hrthm.2008.04.009

15. Pokushalov E., Romanov A., Shugayev P., et al. Selective ganglionated plexi ablation for paroxysmal atrial fibrillation // *Heart Rhythm*. 2009. Vol. 6, N. 9. P. 1257–1264. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.05.018

16. Forclaz A., Narayan S.M., Scherr D., et al. Early temporal and spatial regularization of persistent atrial fibrillation predicts termination and arrhythmia-free outcome // *Heart Rhythm*. 2011. Vol. 8, N. 9. P. 1374–1382. doi: 10.1016/j.hrthm.2011.05.008

17. Zghaib T., Malayeri A.A., Ipek E.G., et al. Visualization of acute edema in the left atrial myocardium after radiofrequency ablation: Application of a novel high-resolution 3-dimensional magnetic resonance imaging sequence // *Heart Rhythm*. 2018. Vol. 15, N. 8. P. 1189–1197. doi: 10.1016/j.hrthm.2018.03.010

18. Tuan T.C., Chang S.L., Tsao H.M., et al. The impact of age on the electroanatomical characteristics and outcome of catheter ablation in patients with atrial fibrillation // *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2010. Vol. 21, N. 9. P. 966–972. doi: 10.1111/j.1540-8167.2010.01755.x

19. Lee S., Yu W., Cheng J., et al. Effect of verapamil on long-term tachycardia-induced atrial remodeling // *Circulation*. 2000. Vol. 101, N. 2. P. 200–207. doi: 10.1161/01.cir.101.2.200

20. Kouakam C., Guédon-Moreau L., Lucas C., et al. Long-term evaluation of autonomic tone in patients below 50 years of age with unexplained cerebral infarction: Relation to atrial vulnerability // *Europace*. 2000. Vol. 2, N. 4. P. 297–303. doi: 10.1053/eupc.2000.0120

21. Everett T.H., Li H., Mangrum J.M., et al. The effects of atrial electrical remodeling on atrial defibrillation thresholds // *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001. Vol. 24, N. 8 Pt 1. P. 1208–1215. doi: 10.1046/j.1460-9592.2001.01208.x

22. Centurion O.A., Isomoto S., Shimizu A. Electrophysiological changes of the atrium in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation // *J Atr Fibrillation*. 2010. Vol. 3, N. 1. P. 232. doi: 10.4022/jafib.232

23. Sakabe K., Fukuda N., Nada T., et al. Age-related changes in the electrophysiologic properties of the atrium in patients with no history of atrial fibrillation // *Jpn Heart J*. 2003. Vol. 44, N. 3. P. 385–393. doi: 10.1536/jhj.44.385

24. Ravelli F., Alessie M. Effects of atrial dilatation on refractory period and vulnerability to atrial fibrillation in the isolated langendorff-perfused rabbit heart // *Circulation*. 1997. Vol. 96, N. 5. P. 1686–1695. doi: 10.1161/01.CIR.96.5.1686

25. De Sisti A., Attuel P., Manot S., et al. Electrophysiological characteristics of the atrium in sinus node dysfunction with and without postpacing atrial fibrillation // *Pacing Clin Electrophysiol*. 2000. Vol. 23, N. 3. P. 303–308. doi: 10.1111/j.1540-8159.2000.tb06753.x

REFERENCES

1. Arakelyan MG, Bockeria LA, Vasilieva EY, et al. 2020 Clinical guidelines for Atrial fibrillation and atrial flutter. *Russ J Cardiol*. 2021;26(7):190–260. EDN: FUZAAD doi: 10.15829/1560-4071-2021-4594

2. Winkle RA, Jarman JWE, Mead RH, et al. Predicting atrial fibrillation ablation outcome: The CAAP-AF score. *Heart Rhythm*. 2016;13(11):2119–2125. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.07.018

3. Gorev MV., Urazovskaya IL. Atrial fibrillation recurrence rate in different clinical groups: Coronary artery disease and age matter. *Cardiac Arrhythmias*. 2023;3(1):31–40. doi: 10.17816/cardar305725

4. Barbarash OL, Karpov YA, Kashtalap VV, et al. 2020 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. *Russ J Cardiol*. 2020;25(11):201–250. EDN: THCMQS doi: 10.15829/1560-4071-2020-4083

5. Sikorska A, Pilichowska-Paszkiel E, Zuk A, et al. Acceleration of sinus rhythm following ablation for atrial fibrillation: A simple parameter predicting ablation efficacy. *Kardiologia Pol*. 2019;77(10):960–965. doi: 10.33963/KP.14950

6. Pokushalov E, Romanov A, Artyomenko S, et al. Left atrial ablation at the anatomic areas of ganglionated plexi for paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010;33(10):1231–1238. doi: 10.1111/j.1540-8159.2010.02800.x

7. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2017;14(10):e275–444. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.05.012

8. Pachon JC, Pachon EI, Pachon JC, et al. “Cardioneuroablation” – new treatment for neurocardiogenic syncope, functional AV block and sinus dysfunction using catheter RF-ablation. *Europace*. 2005;7(1):1–13. doi: 10.1016/j.eupc.2004.10.003

9. Oral H, Chugh A, Scharf C, et al. Pulmonary vein isolation for vagotonic, adrenergic, and random episodes of paroxysmal atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004;15(4):402–406. doi: 10.1046/j.1540-8167.2004.03432.x

10. Di Marco LY, Raine D, Bourke JP, Langley P. Characteristics of atrial fibrillation cycle length predict restoration of sinus rhythm by catheter ablation. *Heart Rhythm*. 2013;10(9):1303–1310. doi: 10.1016/j.hrthm.2013.06.007

11. Heist EK, Chalhoub F, Barrett C, et al. Predictors of atrial fibrillation termination and clinical success of catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2012;110(4):545–551. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.04.028

12. Holmqvist F, Stridh M, Waktare JEP, et al. Atrial fibrillation signal organization predicts sinus rhythm maintenance in patients undergoing cardioversion of atrial fibrillation. *Europace*. 2006;8(8):559–565. doi: 10.1093/europace/eul072

13. Pascale P, Shah AJ, Roten L, et al. Pulmonary veins to left atrium cycle length gradient predicts procedural and clinical outcomes of persistent atrial fibrillation ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2014;7(3):473–482. doi: 10.1161/CIRCEP.113.001264

14. Chou CC, Nguyen BL, Tan AY, et al. Intracellular calcium dynamics and acetylcholine-induced triggered activity in the pulmo-

nary veins of dogs with pacing-induced heart failure. *Heart Rhythm*. 2008;5(8):1170–1177. doi: 10.1016/j.hrthm.2008.04.009

15. Pokushalov E, Romanov A, Shugayev P, et al. Selective ganglionated plexi ablation for paroxysmal atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2009;6(9):1257–1264. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.05.018

16. Forclaz A, Narayan SM, Scherr D, et al. Early temporal and spatial regularization of persistent atrial fibrillation predicts termination and arrhythmia-free outcome. *Heart Rhythm*. 2011;8(9):1374–1382. doi: 10.1016/j.hrthm.2011.05.008

17. Zghaib T, Malayeri AA, Ipek EG, et al. Visualization of acute edema in the left atrial myocardium after radiofrequency ablation: Application of a novel high-resolution 3-dimensional magnetic resonance imaging sequence. *Heart Rhythm*. 2018;15(8):1189–1197. doi: 10.1016/j.hrthm.2018.03.010

18. Tuan TC, Chang SL, Tsao HM, et al. The impact of age on the electroanatomical characteristics and outcome of catheter ablation in patients with atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2010;21(9):966–972. doi: 10.1111/j.1540-8167.2010.01755.x

19. Lee S, Yu W, Cheng J, et al. Effect of verapamil on long-term tachycardia-induced atrial remodeling. *Circulation*. 2000;101(2):200–207. doi: 10.1161/01.cir.101.2.200

20. Kouakam C, Guédon-Moreau L, Lucas C, et al. Long-term evaluation of autonomic tone in patients below 50 years of age with unexplained cerebral infarction: Relation to atrial vulnerability. *Europace*. 2000;2(4):297–303. doi: 10.1053/eupc.2000.0120

21. Everett TH, Li H, Mangrum JM, et al. The effects of atrial electrical remodeling on atrial defibrillation thresholds. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001;24(8 Pt 1):1208–1215. doi: 10.1046/j.1460-9592.2001.01208.x

22. Centurion OA, Isomoto S, Shimizu A. Electrophysiological changes of the atrium in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation. *J Atr Fibrillation*. 2010;3(1):232. doi: 10.4022/jafib.232

23. Sakabe K, Fukuda N, Nada T, et al. Age-related changes in the electrophysiologic properties of the atrium in patients with no history of atrial fibrillation. *Jpn Heart J*. 2003;44(3):385–393. doi: 10.1536/jhj.44.385

24. Ravelli F, Allesie M. Effects of atrial dilatation on refractory period and vulnerability to atrial fibrillation in the isolated langendorff-perfused rabbit heart. *Circulation*. 1997;96(5):1686–1695. doi: 10.1161/01.CIR.96.5.1686

25. De Sisti A, Attuel P, Manot S, et al. Electrophysiological characteristics of the atrium in sinus node dysfunction with and without postpacing atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2000;23(3):303–308. doi: 10.1111/j.1540-8159.2000.tb06753.x

ОБ АВТОРАХ

*** Максим Васильевич Горев;**

адрес: Россия, 123242, Москва, ул. Баррикадная, д. 19, стр. 3;
ORCID: 0000-0003-1300-4986;
eLibrary SPIN: 3572-2389;
e-mail: Drgorevmv@gmail.com

Денис Витальевич Фетцер, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-4143-8899;
eLibrary SPIN: 4191-6337;
e-mail: fettser@gmail.com

Елена Анатольевна Ковалевская, канд. мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-0787-4347;
eLibrary SPIN 8853-2700;
e-mail: tolyaaa@mail.ru

Наталия Георгиевна Потешкина, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-9803-2139;
eLibrary SPIN: 2863-4840;
e-mail: nat-pa@yandex.ru

Ирина Леонидовна Уразовская, канд. мед. наук,

ассистент кафедры;
ORCID: 0000-0003-4165-4599;
eLibrary SPIN: 9263-4316;
e-mail: langelova@yandex.ru

Сергей Анатольевич Сайганов, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-8325-1937;
eLibrary SPIN: 2174-6400;
e-mail: sergey.sayganov@szgmu.ru

AUTHORS INFO

*** Maxim V. Gorev,** MD;

address: 3-19 Barrikadnaya St., Moscow, 123242, Russia;
ORCID: 0000-0003-1300-4986;
eLibrary SPIN: 3572-2389;
e-mail: Drgorevmv@gmail.com

Denis V. Fettser, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-4143-8899;
eLibrary SPIN: 4191-6337;
e-mail: fettser@gmail.com

Elena A. Kovalevskaya, MD, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor;

ORCID: 0000-0002-0787-4347;
eLibrary SPIN 8853-2700;
e-mail: tolyaaa@mail.ru

Nataliya G. Poteshkina, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0001-9803-2139;
eLibrary SPIN: 2863-4840;
e-mail: nat-pa@yandex.ru

Irina L. Urazovskaya, MD, Cand. Sci. (Med.),

Department Assistant;
ORCID: 0000-0003-4165-4599;
eLibrary SPIN: 9263-4316;
e-mail: langelova@yandex.ru

Sergey A. Saiganov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0001-8325-1937;
eLibrary SPIN: 2174-6400;
e-mail: sergey.sayganov@szgmu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author