Анналы Аритмологии

2024 • Т. 21 • № 3

Annaly Aritmologii

2024 • Vol. 21 • No. 3

Основан в 2004 г.
Established in 2004

Рецензируемый научно-практический журнал
Peer-reviewed scientific journal

Выходит один раз в три месяца
Publication frequency: quarterly

Журнал входит в перечень периодических рецензируемых научных изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора медицинских наук

Журнал индексируется в следующих базах данных:
Российский индекс научного цитирования
Ulrich's Periodicals Directory
Directory of Open Access Journals
CiteFactor Academic Scientific Journals

Journal is indexed in the following databases:
Russian Science Citation Index
Ulrich's Periodicals Directory
Directory of Open Access Journals
CiteFactor Academic Scientific Journals

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 2017
0,805

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery
Ministry of Health of the Russian Federation

Учредитель и издатель
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России

www.bakulev.ru

Лицензия на издательскую деятельность
ИД № 03847 от 25.01.2001 г.

Анналы аритмологии

www.arrhythmology.pro

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № 77-1807 от 28.02.2000 г.

Ответственный секретарь
Ле Т.Г.

E-mail: arrhythmology.post@mail.ru

Адрес редакции:
119049, Москва, Ленинский пр-т, 8
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, отдел интеллектуальной собственности

Лит. редакторы, корректоры
Головина Е.В., Измайлова И.Х., Шишкова Э.В.

Техн. редактор электронной версии журнала
Шварц В.А.

Компьютерная верстка и обработка графического материала
Еремина Т.А.

Рисунок для обложки журнала защищен как промышленный образец. Патент RU № 91829

Номер подписан в печать 16.12.2024

Отпечатано в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
119049, Москва, Ленинский пр-т, 8

Формат 60×88 1/8
Печ. л. 9,37
Усл. печ. л. 9,19
Уч.-изд. л. 7,21
Печать офсетная
Тираж 500 экз.

Анналы аритмологии
2024. Т. 21. № 3. 135–210

ISSN 1814-6791 (Print)
ISSN 2307-6313 (Online)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Рубрика: хирургическая аритмология

УДК 616.125.2-073.43-089.843
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ УШКА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ДЛЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА УСТРОЙСТВА ПЕРЕД ИМПЛАНТАЦИЕЙ ОККЛЮДЕРА В УШКО ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

Тип статьи: оригинальная статья

З.З. Халимов, С.Е. Мамчур, И.Н. Мамчур, Н.С. Бохан, Е.А. Хоменко

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бул. им. Академика Леонида Барбараша, 6, Кемерово, 650002, Российская Федерация

Халимов Закир Захирович, аспирант; orcid.org/0000-0002-7785-9230, e-mail: khalimovzakir@yandex.ru

Мамчур Сергей Евгеньевич, д-р мед. наук, заведующий лабораторией нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции; orcid.org/0000-0002-8277-5584

Мамчур Ирина Николаевна, канд. мед. наук, врач отделения функциональной и ультразвуковой диагностики; orcid.org/0000-0001-5244-2976

Бохан Никита Сергеевич, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0002-1135-5144

Хоменко Егор Александрович, канд. мед. наук, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-1933-7768

Цель исследования *– сравнение эффективности эхокардиографических методов измерения устья ушка левого предсердия (УЛП) – двухмерной (2D) чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ) в 4 проекциях, трехмерной (3D) ЧПЭхоКГ и моделирования УЛП.*

Материалы и методы. *Проведено проспективное одноцентровое исследование, в которое были включены 45 пациентов в возрасте 18 лет и старше с фибрилляцией предсердий (ФП) и расчетным высоким риском тромбоэмболических и геморрагических осложнений, имеющих показания для имплантации окклюдера в УЛП. Перед имплантацией пациентам проводили визуализацию и измеряли «посадочную зону» УЛП с помощью методов 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, а также 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования с измерением максимального и минимального диаметра устья УЛП. После имплантации окклюдера проводили сопоставление этих данных с фактическим размером имплантированного устройства.*

Результаты. *Установлено, что методика 3D-ЧПЭхоКГ имеет наиболее сильную прямую корреляционную связь между диаметром УЛП и размером окклюдера. Обнаружено, что наиболее сильная положительная корреляция существует между минимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера ($R = 0,758$, $p < 0,05$). Между максимальным диаметром УЛП, по данным 3D-ЧПЭхоКГ, и фактически выбранным размером окклюдера также обнаружена положительная корреляция, но меньшей силы ($R = 0,647$, $p < 0,05$). Была вычислена формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи 3D-моделирования.*

Заключение. *Сравнение эхокардиографических методов визуализации УЛП демонстрирует наибольшее соответствие фактического размера окклюдера, выбранному по методике 3D-ЧПЭхоКГ, и позволяет по предложенной формуле рассчитать оптимальный размер устройства для каждого пациента индивидуально.*

Ключевые слова: чреспищеводная эхокардиография, фибрилляция предсердий, ушко левого предсердия

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF VARIOUS ECHOCARDIOGRAPHIC METHODS OF LEFT ATRIAL APPENDAGE VISUALIZATION FOR SELECTING THE OPTIMAL DEVICE SIZE BEFORE IMPLANTATION OF THE LEFT ATRIAL APPENDAGE OCCLUDER

Z.Z. Khalimov, S.E. Mamchur, I.N. Mamchur, N.S. Bokhan, E.A. Khomenko

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, 6500026, Russian Federation

Zakir Z. Khalimov, Postgraduate, orcid.org/0000-0002-7785-9230, e-mail: khalimovzakir@yandex.ru
Sergey E. Mamchur, Dr. Med. Sci., Head of the Laboratory of Arrhythmology and Pacing; orcid.org/0000-0002-8277-5584
Irina N. Mamchur, Cand. Med. Sci., Physician of the Functional and Ultrasonic Diagnostics Department; orcid.org/0000-0001-5244-2976
Nikita S. Bokhan, Head of the Department of X-Ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods, Doctor of Endovascular Diagnostics and Treatment; orcid.org/0000-0002-1135-5144
Egor A. Khomenko, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-1933-7768

Objective. *To compare the effectiveness of echocardiographic methods for measuring the left atrial appendage (LAA) ostium – 2D transesophageal echocardiography (TEE) in four projections and 3D TEE with LAA modeling.*

Material and methods. *A prospective single-center study was performed in 45 patients aged ≥ 18 years with atrial fibrillation (AF) and an estimated high risk of thromboembolic and hemorrhagic complications, who had indications for LAA occlusion. Before implantation, the patients underwent visualization and measurement of the LAA "landing zone" using 2D TEE in 4 projections, as well as 3D TEE with modeling and measurement of the maximum and minimum diameter of the LAA ostium. After occluder implantation, these data were compared with the actual size of the implanted device.*

Results. *It was found that the 3D TEE technique has the strongest direct correlation between the LAA diameter and the occluder size. It was found that the strongest positive correlation exists between the minimum LAA diameter according to 3D TEE data and the actually selected occluder size, $R = 0.758$, $p < 0.05$. A positive correlation was also found between the maximum LAA diameter according to 3D TEE data and the actually selected occluder size, but of a lower strength, $R = 0.647$, $p < 0.05$. The correlation formula between the LAA occluder size calculated using 3D modeling have been proposed.*

Conclusion. *Comparison of echocardiographic methods of LAA visualization demonstrates the greatest correspondence between the actual size of the occluder, selected using the 3D TEE method, and allows calculating the optimal size of the device for each patient individually using the proposed formula.*

Keywords: transesophageal echocardiography, atrial fibrillation, left atrial appendage

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенная аритмия, ассоциированная с повышенным риском тромбоэмболических осложнений и смертности от них [1]. Ушко левого предсердия (УЛП) – это самый опасный придаток, в котором образуется до 90% тромбов сердца и эмболов, приводящих к инсультам у пациентов с ФП. Профилактика тромбоэмболических событий традиционно проводится консервативно при помощи антикоагулянтной терапии. Несмотря на доказанную эффективность, длительное применение антикоагулянтов повышает риск кровотечений и геморрагических инсультов, а у некоторых пациентов отмечаются противопоказания для приема антикоагулянтов. Альтернативный метод лечения у пациентов с ФП для профилактики тромбоэмболических и геморрагических осложнений – эндоваскулярная окклюзия УЛП [1–3]. Исключение УЛП методом эндоваскулярной окклюзии позволяет обеспечить постоянную профилактику тромбоэмболических осложнений при одновременном предотвращении риска кровотечения, связанного с длительной антикоагулянтной терапией.

К основным показаниям для имплантации окклюдера в УЛП относят неэффективность антикоагулянтной терапии или противопоказания для нее, высокий риск кровотечений на фоне приема антикоагулянтов (HAS-BLED 3 балла и более) и ишемических событий (CHA_2DS_2-VASc у мужчин более 1 балла, у женщин более 2 баллов), а также кровотечения и повторные инсульты в анамнезе.

Важный и проблематичный аспект, который следует учитывать до того, как будет проведена имплантация окклюдера в УЛП, – правильный расчет диаметра «посадочной зоны» для выбранного устройства, измерение глубины, количество и происхождение дополнительных долей УЛП. По оценкам исследователей, в 80% случаев УЛП имеет многодольчатую анатомию, а увеличение количе-

ства долей УЛП ассоциировано с тромбозом. Морфология УЛП по типу «цветной капусты» чаще всего связана с эмболическими событиями. Также морфология УЛП зависит от пола и возраста [4].

Более того, всегда существует риск остаточного кровотока вокруг устройства, даже после удачной имплантации окклюдера в связи с неполным закрытием УЛП, что напрямую зависит от оптимального размера подобранного устройства. J.F. Viles-Gonzalez et al. в своем исследовании изучали остаточный кровоток вокруг окклюдера УЛП и обнаружили, что кровоток вокруг устройства связан с размером УЛП и неоптимальной техникой имплантации устройства [5]. Именно поэтому перед проведением эндоваскулярной окклюзии УЛП крайне важно правильно оценить размеры устья УЛП для подбора подходящего размера окклюдера.

Традиционно основным эхокардиографическим (ЭхоКГ) методом визуализации является чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ) в 4 стандартных проекциях – 0°, 45°, 90°, 135°, которая позволяет оценить анатомию УЛП и подобрать подходящий по размеру окклюдер, а также выявить анатомические противопоказания для его имплантации. Двухмерная (2D) ЧПЭхоКГ позволяет оценить состояние устья УЛП и диаметр «посадочной зоны» для имплантации устройства.

Появление метода трехмерной (3D) ЧПЭхоКГ и моделирования сердца, вероятно, позволяет более точно оценивать размеры устья УЛП и подбирать более адекватный размер окклюзирующего устройства. Вышеизложенное послужило предпосылками для данного исследования, по сравнительной оценке, эффективности различных методов визуализации устья УЛП с последующим подбором диаметра окклюдера.

Цель исследования – сравнение эффективности эхокардиографических методов измерения устья УЛП – 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования УЛП.

Материал и методы

Было проведено проспективное одноцентровое исследование, одобренное локальным этическим комитетом (протокол ЛЭК № 8 от 10.10.2022). Все пациенты подписали форму информированного согласия на участие в исследовании и проведение диагностического и оперативного вмешательства.

В исследование были включены 45 пациентов, которым была выполнена имплантация окклюдера в УЛП. Медиана возраста пациентов составила 62 (54; 67) года.

Критерии включения: пациенты, подписавшие письменное информированное согласие на участие в исследовании, возраст 18 лет и старше, с документированной ФП, расчетным уровнем по шкале CHA_2DS_2VASc более 1 балла для мужчин и более 2 баллов для женщин, высоким риском кровотечения при пероральном приеме антикоагулянтов (по шкале HAS-BLED 3 балла и более) или противопоказаниями к ним, не имеющие хронической болезни почек (рСКФ 15–29 мл/мин/1,73 м^2 и более), а также имеющие показания для установки окклюдера в УЛП, которым не планируется восстановление синусового ритма в течение всего срока исследования.

Критерии исключения: пациенты, не имеющие абсолютных противопоказаний к применению антикоагулянтных препаратов, тяжелой соматической патологии и неизлечимого заболевания с ожидаемой продолжительностью жизни менее 1 года или заболевания, требующего хронической терапии антикоагулянтами; период острой сердечной недостаточности в течение последних 30 дней; пациенты репродуктивного возраста, отказывающиеся от использования высокоэффективного метода контрацепции; период беременности или лактации.

В процессе обследования у всех пациентов обеих групп был подтвержден высокий риск тромбоэмболических и геморрагических осложнений: медиана риска тромбоэмболических осложнений CHA_2DS_2-VASc – 3 (2; 4) балла; медиана риска кровотечений HAS-BLED – 5 (4; 5) баллов.

У 2 (4,4%) пациентов выявлено в анамнезе не менее 1 случая транзиторной ишемической атаки (ТИА), у 8 (17,8%) – случаи острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), среди которых повторное ОНМК отмечалось у 3 (6,7%) пациентов.

Перед имплантацией окклюдера пациентам проводилась визуализация УЛП методами 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования. Исследование выполняли на ультразвуковой системе Vivid E95 (General Electric, США) при помощи чреспищеводного датчика 6 VT с частотой 2,9–8 МГц. В первую очередь выполняли оценку размеров УЛП в двухмерном режиме по стандартной методике. Производились сканы на уровне 0°, 45°, 90°, 135°, оценивали диаметр «посадочной зоны» и глубину УЛП (рис. 1). В качестве альтернативы проведена трехмерная реконструкция УЛП и определены размеры и форма устья УЛП (рис. 2). Эта же методика использовалась интраоперационно для контроля положения устройства после имплантации.

Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 12.0 (Statsoft) и включала представление абсолютных значений и их долей в процентах, медиан и квартильных размахов (25- и 75-й квартиль). Значимость различий оценивали при сравнении независимых групп по непараметрическому критерию Манна–Уитни и коэффициенту ранговой корреляции Спирмена. На основе данных корреляции Спирмена проводилось составление графиков рассеяния и формулы корреляции. Статистически значимыми различия считались при уровне ошибки первого рода менее 0,05.

Результаты

Среди пациентов было 36 (80%) мужчин и 9 (20%) женщин. Медиана по шкале CHA_2DS_2-VASc составила 3 (2; 4) балла, по шкале HAS-BLED – 5 (4; 5) баллов.

Значимой разницы по медиане показателей CHA_2DS_2-VASc и HAS-BLED среди пациентов мужского и женского пола не было обнаружено. Среди пациентов мужского пола медиана CHA_2DS_2-VASc составила 3 (2; 4) балла, женского пола – 3 (3; 4) балла, $p = 0{,}181$; медиана HAS-BLED среди мужчин – 5 (4; 5) баллов, среди женщин – 5 (4; 5) баллов, $p = 0{,}727$.

В таблице 1 указаны размеры диаметра УЛП по результатам визуализации методами 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ.

При сравнении данных методов визуализации УЛП установлено, что методика 3D-ЧПЭхоКГ имеет наиболее сильную прямую корреляционную связь при определении диаметра УЛП и позволяет наиболее точно подобрать размер окклюдера (табл. 2).

Было обнаружено, что наиболее сильная положительная корреляция существует между минимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера ($R = 0{,}758$, $p < 0{,}05$) (см. табл. 2).

С помощью программы Statistica 12.0 была вычислена формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи минимального (min) 3D-моделирования, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 4{,}1914 + 0{,}9727 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный по min 3D-моделированию (рис. 3).

Данную формулу расчета оптимального размера окклюдера УЛП мы рекомендуем исполь-

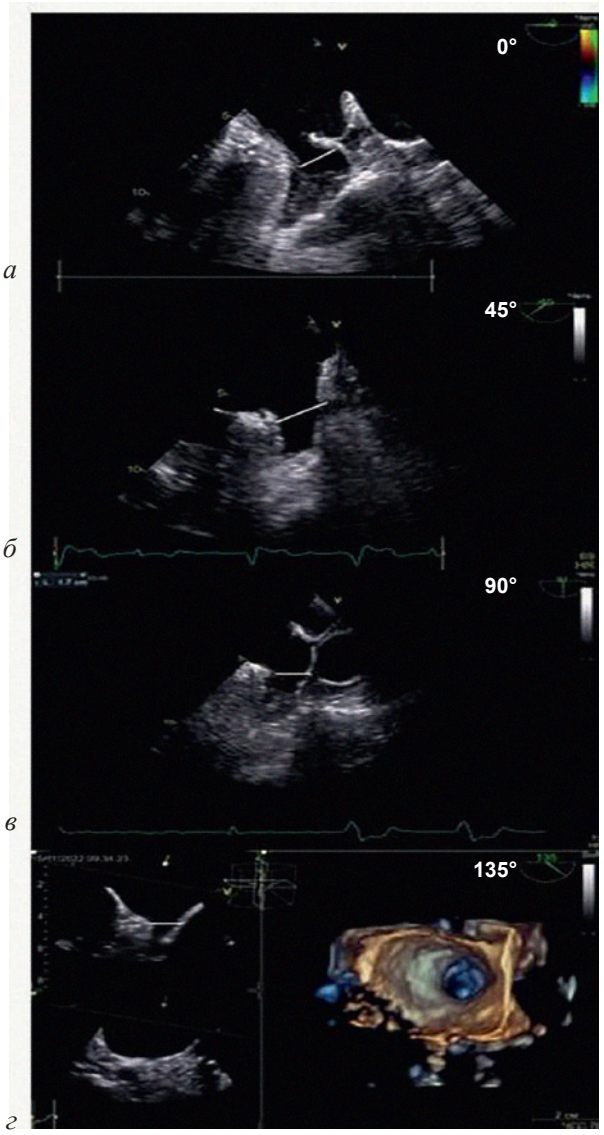


Рис. 1. Измерение диаметра УЛП для имплантации окклюдера в проекции:
а – 0°; *б* – 45°; *в* – 90°; *г* – 135°

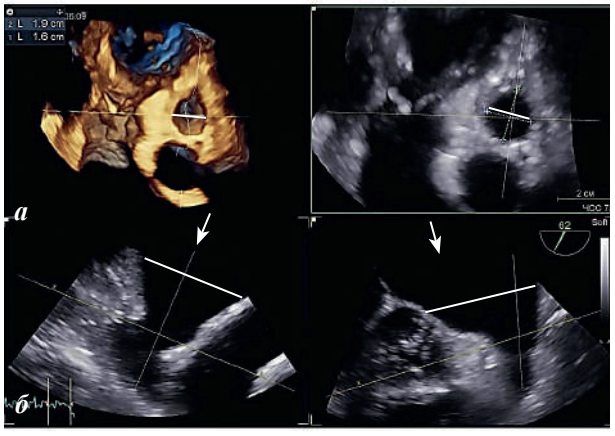


Рис. 2. Трехмерная реконструкция УЛП и измерение минимального (*а*) и максимального (*б*) диаметра его устья

Таблица 1

Размеры диаметра УЛП по данным 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ

2D				3D		Фактический размер окклюдера, мм
0°	45°	90°	135°	Max	Min	
21	19	22	21	24	18	25
23	23	24	22	27	26	28
20	16	18	22	26	25	31
18	17	20	23	20	18	20
19	19	20	19	19	16	20
15	14	16	19	19	17	18
21	19	21	20	19	23	25
14	14	16	15	20	18	21
20	19	18	15	21	19	22
19	19	16	16	22	19	20
17	16	17	18	23	18	20
25	22	22	25	25	22	28
21	17	18	17	20	19	21
16	20	20	16	18	17	18
23	18	20	21	23	19	25
20	23	23	19	21	23	27
15	14	17	17	16	14	16
24	19	17	17	22	18	20
17	15	18	18	19	18	21
15	13	13	13	15	14	16
18	17	18	19	19	20	22
18	17	17	18	20	17	21
15	16	16	17	20	15	21
22	19	22	22	24	19	25
20	20	19	24	21	18	22
19	17	17	18	17	17	20
23	25	26	24	20	27	31
14	14	15	14	18	14	21
23	20	17	17	21	18	20
18	16	18	18	18	18	21
18	17	16	18	20	17	21
15	16	16	17	20	15	21
22	20	22	23	25	19	25
20	20	19	18	21	18	22
23	25	26	24	24	27	31
16	15	16	18	18	14	21
23	18	20	20	24	19	25
20	23	24	23	21	23	27
19	19	16	17	21	19	20
17	15	17	19	21	18	20
25	22	21	22	22	25	28
21	18	22	20	25	18	25
23	22	24	24	27	26	28
20	16	17	20	28	25	31
18	18	20	15	20	19	20

зовать для подбора окклюзирующего устройства перед его имплантацией.

Положительная корреляция меньшей, но высокой, силы выявлена между максимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера, R = 0,647, p < 0,05 (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи максимального (max) 3D-моделирования, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 1{,}6777 + 1{,}0016 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный по max 3D-моделированию (рис. 4).

При использовании методики 2D-ЧПЭхоКГ минимальная корреляция отмечается при определении размера окклюдера в проекциях 45°, R = 0,523, p < 0,05 (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧП ЭхоКГ в проекции 45°, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 7{,}3795 + 0{,}851x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 45°.

При выполнении 2D-ЧПЭхоКГ выявлены средней силы корреляции между фактическим размером окклюдера и размерами по данным, полученным в проекциях 0° (R = 0,649, p < 0,05) и 90° (R = 0,664, p < 0,05) (см. табл. 2).

Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 0°, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 5{,}9409 + 0{,}8748 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 0°.

Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 90°, и фактическим размером окклюдера:

Таблица 2

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при сравнении различных методик визуализации УЛП и его фактического размера

Параметр	2D				3D	
	0°	45°	90°	135°	Max	Min
Фактический размер окклюдера	R = 0,649, p < 0,05	R = 0,523, p < 0,05	R = 0,664, p < 0,05	R = 0,712, p < 0,05	R = 0,647, p < 0,05	R = 0,758, p < 0,05

Фактический размер окклюдера =
= 4,9693 + 0,9421 × x,

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 90°.

Наиболее сильная корреляция при использовании методики 2D-ЧПЭхоКГ отмечается при определении размера окклюдера в проекции 135°, однако сила корреляции меньше, чем по данным min 3D-моделирования ($R = 0,712$, $p < 0,05$) (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 135°, и фактическим размером окклюдера:

Фактический размер окклюдера =
= 4,1586 + 0,979 × x,

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 135°.

Обсуждение

Транскатетерные структурные вмешательства на сердце требуют глубокого перипроцедурального понимания анатомии сердца и взаимодействия устройств.

Двух- и трехмерная ЧПЭхоКГ используются для оценки анатомии УЛП и ее пригодности для чрескожного закрытия, для выбора типа и размера окклюзирующего устройства и контроля перед процедурой его имплантации. Кроме того, обе методики также используются для немедленной оценки эффективности имплантации устройства и при последующем контрольном обследовании [6].

С помощью традиционного эхокардиографического метода визуализации – 2D-ЧПЭхоКГ в 4 стандартных проекциях (0°, 45°, 90°, 135°) выбор оптимального размера окклюдера для УЛП определяется по максимальному размеру в любой из проекций. Однако традиционная 2D-ЧПЭхоКГ имеет некоторые ограничения при визуализационной оценке закрытия УЛП. Трехмерная ЧПЭхоКГ в реальном времени позволяет провести детальную морфологическую оценку УЛП. Адаптация 3D-ЧПЭхоКГ в клинической практике и планировании процедур продемонстрировала сокращение обучения специалистов на ранних стадиях транскатетерных вмешательств и лучшие результаты [7].

Согласно исследованию S. Marchandise et al., 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование сердца позволяют наиболее точно оценить анатомию УЛП и определить, подходит ли она для имплантации устройства, а также позволяет непрерывно визуализировать все внутрисердечные устройства и катетеры во время процедуры и четко определять расположение устройств внутри УЛП [8]. Авторы считают, что 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование сердца в реальном времени являются мощными дополнительными инструментами, которые помогают повысить безопасность транскатетерных вмешательств.

S.S. Abdelmoneim et. al. также полагают, что 3D-ЧПЭхоКГ повышает эффективность и достоверность оценки и имеет преимущества по сравнению с другими неинвазивными методами визуализации [9].

В недавно проведенном исследовании по оценке роли 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования сердца перед проведением окклюзии УЛП было доказано, что у пациентов, перенесших окклюзию УЛП, выбор размера устройства в соответствии с размером, полученным на основе 3D-печатной модели, связан с высокой безопасностью и эффективностью. В группе пациентов с 3D-моделированием были достигнуты более высокие результаты успешности

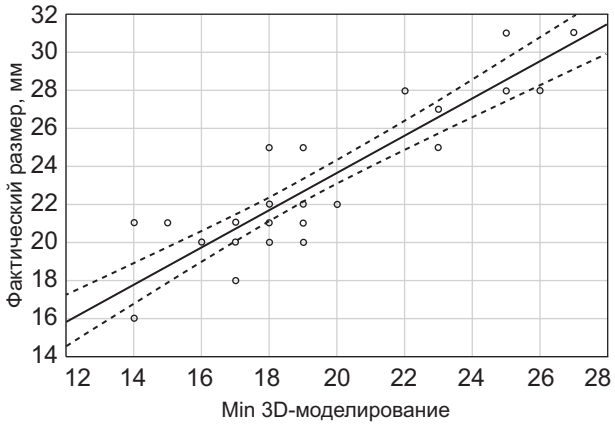


Рис. 3. Диаграмма рассеяния между размером окклюдера, рассчитанным по min 3D-моделированию, и фактическим размером окклюдера УЛП

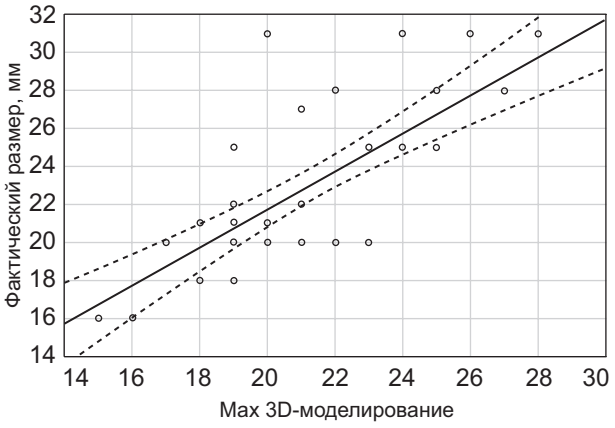


Рис. 4. Диаграмма рассеяния между размером окклюдера, рассчитанным по max 3D-моделированию, и фактическим размером окклюдера УЛП

имплантации с сокращением времени процедуры без осложнений [10].

Было обнаружено, что 2D-ЧПЭхоКГ значительно занижала максимальный диаметр отверстия УЛП по сравнению с 3D-ЧПЭхоКГ. Более того, измерения, полученные с помощью 3D-ЧПЭхоКГ, связаны с меньшей вариабельностью, ассоциированной с наблюдателем, и более высокой точностью и лучшим соответствием с имплантированным устройством, чем 2D-ЧПЭхоКГ [11–13].

Размеры «посадочной зоны» окклюдера, измеренные при помощи 3D-ЧПЭхоКГ, лучше коррелировали с размером устройства, используемого для окклюзии (R = 0,90), чем при 2D-ЧПЭхоКГ (R = 0,88) [14].

G. Italiano et. al. также указывают на высокую корреляцию с отличным соответствием размеров «посадочной зоны» при методике 3D-ЧПЭхоКГ (диаметр «посадочной зоны» R = 0,87; глубина УЛП R = 0,91, p < 0,001) [15].

L. Zhang et. al. обнаружили наибольшую корреляцию между максимальным диаметром «посадочной зоны» и диаметром сжатого окклюдера при проведении 3D-ЧПЭхоКГ во время операции (R = 0,90), тогда как диаметр «посадочной зоны» (R = 0,80), измеренный с помощью 2D-ЧПЭхоКГ, коррелировал меньше. Более того, авторы обнаружили, что 3D-ЧПЭхоКГ имеет большое значение для распознавания формы отверстия УЛП, позволяя дифференцировать морфологию УЛП и идентифицировать количество долей [16].

B. Al-Kassou et. al. описали, что самая высокая корреляция между измерениями и размером устройства для окклюзии УЛП была обнаружена для периметра и площади, полученных с помощью 3D-ЧПЭхоКГ (R = 0,97), а выбор размера на основе периметра, измеренного с помощью 3D-ЧПЭхоКГ, привел только к 4% уменьшению размера имплантированного устройства [17].

M.M. Hell et al. установили, что прогнозируемый размер устройства, основанный на 3D-моделировании, был равен окончательно имплантированному устройству в 95% случаев, а при 2D-ЧПЭхоКГ размеры устройства были занижены в 45% случаев, что указывает на большую точность методики 3D-ЧПЭхоКГ [18].

D.G. Della Rocca et. al. также установили, что соответствие между размером устройства на основе 3D-ЧПЭхоКГ и окончательным размером устройства составило 96,3% (p = 0,005) [19].

Наши результаты согласуются с данными литературы, согласно которым также установлена максимальная корреляция и соответствие оптимального размера окклюдера и его расчетного диаметра по методике 3D-ЧПЭхоКГ [14–17].

По нашим данным, 2D-ЧПЭхоКГ меньше коррелирует с фактическим размером окклюдера УЛП по сравнению с методикой 3D-ЧПЭхоКГ (при 3D min ЧПЭхоКГ R = 0,758), по сравнению со всеми 4 проекциями 2D-ЧПЭхоКГ (0° – R = 0,649; 45° – R = 0,523; 90° – R = 0,664; 135° – R = 0,712).

Наши результаты указывают на наибольшую корреляцию между минимальным диаметром по данным 3D-ЧПЭхоКГ и меньшую корреляцию между максимальным диаметром по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным окклюдером (R = 0,758, R = 0,647). Полученные нами коэффициенты корреляции оказались ниже коэффициентов, указанных в литературе. Предположительно, такая разница возникла в связи с тем, что перед выполнением диагностических процедур проводились регидратация пациентов и изменение объема циркулирующей крови, которые могли повлиять на показатели определяемых размеров УЛП.

Также ряд авторов провели исследование по согласованности между 3D-моделированием и компьютерной томографией (КТ) сердца. Обнаружено, что 3D-моделирование обеспечивает наилучшую корреляцию и согласованность между измеренным диаметром отверстия УЛП и размером окклюдера, а корреляция морфологической классификации УЛП на основе 3D-моделей и КТ сердца была высокой и составила 0,92 (P < 0,01) [20–22]. Метод 3D-моделирования более точен, чем 2D-ЧПЭхоКГ, для оценки максимального диаметра отверстия УЛП, а измерения УЛП с помощью 3D-моделирования статистически не отличаются от КТ сердца.

Таким образом, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование может облегчить процедуру закрытия УЛП и максимально точно выбрать соответствующий размер устройства [23]. Оценка морфологии УЛП с помощью 3D-ЧПЭхоКГ дает возможность более точно подобрать устройство для закрытия и является надежным методом визуализации, позволяющим контролировать работу устройства и оценивать закрытие на месте.

Заключение

Сравнение эхокардиографических методов визуализации УЛП – 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ – демонстрирует наибольшее соответствие фактического размера окклюдера размеру устройства, выбранному по методике 3D-ЧПЭхоКГ, и позволяет по предложенной формуле рассчитать оптимальный размер

устройства для каждого пациента индивидуально, что может быть применимо в реальной клинической практике для повышения успешности транскатетерных вмешательств на УЛП.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований РАН по теме № 0419-2022-0002 «Разработка инновационных моделей управления риском развития болезней системы кровообращения с учетом коморбидности на основе изучения фундаментальных, клинических, эпидемиологических механизмов и организационных технологий медицинской помощи в условиях промышленного региона Сибири»; № госрегистрации 122012000364-5 от 20.01.2022; утверждена решением Ученого совета НИИ КПССЗ № 15 от 24.12.2021.

Библиографический список/References

1. Vizzardi E., Curnis A., Latini M. et al. Risk factors for atrial fibrillation recurrence: a literature review. *J. Cardiovasc. Med. (Hagerstown).* 2014; 15 (3): 235–253. DOI: 10.2459/JCM.0b013e328358554b.
2. Осадчий А.М., Агарков М.В., Власенко С.В. и др. Имплантация окклюдера ушка левого предсердия для профилактики системных эмболий. Первый опыт в Северо-Западном регионе. *Трансляционная медицина*. 2016; 3 (3): 59–66. DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-3-59-66
   Osadchy A.M., Agarkov M.V., Vlasenko S.V. et al. Left atrial appendage occluder implantation for prevention of systemic embolism. First experience in the North-West region. *Translational Medicine*. 2016; 3 (3): 59–66 (in Russ.). DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-3-59-66
3. Meier B., Blaauw Y., Khattab A.A. et al. EHRA/ EAPCI expert consensus statement on catheter-based left atrial appendage occlusion. *EuroIntervention*. 2014; 10 (9): 1109–1125. DOI: 10.4244/EIJY14M08_18
4. Gorczyca-Michta I., Wożakowska-Kapłon B. Percutaneous left atrial appendage occlusion: New perspectives for the method. *Cardiol. J.* 2017; 24 (5): 554–562. DOI: 10.5603/CJ.a2017.0029
5. Viles-Gonzalez J.F., Kar S., Douglas P. et al. The clinical impact of incomplete left atrial appendage closure with the Watchman Device in patients with atrial fibrillation: a PROTECT AF (Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage Versus Warfarin Therapy for Prevention of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation) substudy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2012; 59 (10): 923–929. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.11.028
6. Wunderlich N.C., Beigel R., Swaans M.J. et al. Percutaneous interventions for left atrial appendage exclusion: options, assessment, and imaging using 2D and 3D echocardiography. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2015; 8 (4): 472–488. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.02.002
7. Wang D.D., Qian Z., Vukicevic M. et al. 3D printing, computational modeling, and artificial intelligence for structural heart disease. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2021; 14 (1): 41–60. DOI: 10.1016/j.jcmg.2019.12.022
8. Marchandise S., Kefer J., le Polain de Waroux J.B. et al. Role of cardiac imaging for catheter-based left atrial appendage closure. *J. Atr. Fibrillation*. 2013; 6 (1): 702. DOI: 10.4022/jafib.702
9. Abdelmoneim S.S., Mulvagh S.L. Techniques to improve left atrial appendage imaging. *J. Atr. Fibrillation.* 2014; 7 (1): 1059. DOI: 10.4022/jafib.1059
10. Fan Y., Yang F., Cheung G.S. et al. Device sizing guided by echocardiography-based three-dimensional printing is associated with superior outcome after percutaneous left atrial appendage occlusion. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019; 32 (6): 708–719.e1. DOI: 10.1016/j.echo.2019.02.003
11. Goebel B., Wieg S., Hamadanchi A. et al. Interventional left atrial appendage occlusion: added value of 3D transesophageal echocardiography for device sizing. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 32 (9): 1363–1370. DOI: 10.1007/s10554-016-0923-z
12. Streb W., Mitręga K., Podolecki T. et al. Two-dimensional versus three-dimensional transesophageal echocardiography in percutaneous left atrial appendage occlusion. *Cardiol. J.* 2019; 26 (6): 687–695. DOI: 10.5603/CJ.a2018.0019
13. Nucifora G., Faletra F.F., Regoli F. et al. Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2011; 4 (5): 514–523. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.111.963892
14. Zhou Q., Song H., Zhang L. et al. Roles of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in peri-operation of transcatheter left atrial appendage closure. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (4): e5637. DOI: 10.1097/MD.0000000000005637
15. Italiano G., Maltagliati A., Mantegazza V. et al. Multimodality approach for endovascular left atrial appendage closure: head-to-head comparison among 2D and 3D echocardiography, angiography, and computer tomography. *Diagnostics (Basel).* 2020; 10 (12): 1103. DOI: 10.3390/diagnostics10121103
16. Zhang L., Cong T., Liu A. Percutaneous closure of the left atrial appendage: the value of real time 3D transesophageal echocardiography and the intraoperative change in the size of the left atrial appendage. *Echocardiography*. 2019; 36 (3): 537–545. DOI: 10.1111/echo.14262
17. Al-Kassou B., Tzikas A., Stock F. et al. A comparison of two-dimensional and real-time 3D transoesophageal echocardiography and angiography for assessing the left atrial appendage anatomy for sizing a left atrial appendage occlusion system: impact of volume loading. *EuroIntervention*. 2017; 12 (17): 2083–2091. DOI: 10.4244/EIJ-D-15-00543
18. Hell M.M., Achenbach S., Yoo I.S. et al. 3D printing for sizing left atrial appendage closure device: head-to-head comparison with computed tomography and transoesophageal echocardiography. *EuroIntervention*. 2017; 13 (10): 1234–1241. DOI: 10.4244/EIJ-D-17-00359
19. Della Rocca D.G., Magnocavallo M., Gianni C. et al. Three-dimensional intracardiac echocardiography for left atrial appendage sizing and percutaneous occlusion guidance. *Europace*. 2023; 26 (1): euae010. DOI: 10.1093/europace/euae010
20. Zhang K., Zhou J., Zhang T. et al. Comparison of multiple imaging modalities for measuring ostium diameter and selecting occluder size in patients undergoing left atrial appendage closure. *Clin. Cardiol*. 2022; 45 (8): 864–872. DOI: 10.1002/clc.23869
21. Song H., Zhou Q., Zhang L. et al. Evaluating the morphology of the left atrial appendage by a transesophageal echocardiographic 3-dimensional printed model. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (38): e7865. DOI: 10.1097/MD.0000000000007865
22. Shah S.J., Bardo D.M., Sugeng L. et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2008; 21 (12): 1362–1368. DOI: 10.1016/j.echo.2008.09.024
23. Yosefy C., Laish-Farkash A., Azhibekov Y. et al. A new method for direct three-dimensional measurement of left atrial appendage dimensions during transesophageal echocardiography. *Echocardiography*. 2016; 33 (1): 69–76. DOI: 10.1111/echo.12983

Поступила 05.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

Рубрика: эксперимент

УДК 616.125.2-089
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.2

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КЛИПИРОВАНИЯ УШКА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРИЯ ПРОЕКТА «BCATRIUM»: РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ

Тип статьи: оригинальная статья

Е.З. Голухова[1], М.Б. Биниашвили[1], А.С. Сатюкова[1], К.Г. Потловский[2], Т.Г. Ле[1], Д.Р. Тевосов[1], Л.А. Бокерия[1]

[1] ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация
[2] ООО «ТЕХНО ПОРТНОЙ», ул. Днепропетровская, 3, корп. 5, Москва, 117525, Российская Федерация

Голухова Елена Зеликовна, д-р мед. наук, академик РАН, директор; orcid.org/0000-0002-6252-0322
Биниашвили Михаил Борисович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., заместитель директора, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0003-2988-309X, e-mail: mbbiniashvili@bakulev.ru
Сатюкова Анна Сергеевна, заведующий отделом, врач-кардиолог; orcid.org/0000-0001-5948-1193
Потловский Кирилл Геннадьевич, канд. техн. наук, генеральный директор
Ле Татьяна Георгиевна, мл. науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-9523-0172
Тевосов Давид Рафаилович, мл. науч. сотр., врач-патологоанатом; orcid.org/0000-0003-3345-0430
Бокерия Лео Антонович, д-р мед. наук, профессор, академик РАН; orcid.org/0000-0002-6180-2619

Введение. *Хирургическая изоляция ушка левого предсердия (УЛП) – эффективная процедура профилактики тромбэмболических осложнений и ишемического инсульта у пациентов высокого риска и с фибрилляцией предсердий, в том числе имеющих противопоказания для длительной антикоагулянтной терапии.*

Цель исследования *– оценка результатов хирургической изоляции УЛП с помощью нового инновационного отечественного устройства для клипирования УЛП.*

Материал и методы*. Исследование было выполнено в экспериментальном отделе НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева в 2024 г. в хроническом эксперименте на свиньях (n = 2) с массой 24 и 25 кг. Хирургическую изоляцию УЛП выполняли с помощью устройства, разработанного на базе НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева (патент РФ на полезную модель № 226704 от 19 июня 2024 г.), состоящего из упруго деформируемого монолитного титанового каркаса, имеющего нормально закрытое состояние, помещенного в защитную плетеную оболочку из политетрафторэтилена для предотвращения травмирования окружающих тканей и дополнительной эпителиальной фиксации в послеоперационный период. Зажим разработан в 4-размерных вариантах длин губок (35, 40, 45 и 50 мм), что позволяет охватить весь диапазон поперечных размеров основания УЛП и использовать при толщине тканей УЛП в диапазоне 1–6 мм для каждой длины губок. Зажим обеспечивает сдавливающее усилие при толщине тканей ушка в 4 мм на уровне 0,3 кгс/см^2, что является достаточным для полного и атравматического перекрытия прохода между ушком и предсердием, при этом обеспечивается надежная фиксация клипсы, исключающая его миграцию. Операцию проводили в условиях открытого пневмоторакса, тотального внутривенного наркоза (пропофол + фентанил + ардуан) и искусственной вентиляции легких. Эффективность хирургической и электрической изоляции оценивали интраоперационно и через 5 мес после операции по данным эхокардиографии, рентгеноскопии, электрофизиологического и патоморфологического исследования.*

Результаты. *Оперативный доступ к УЛП выполняли из левосторонней мини-торакотомии. Перикард линейно рассекали на протяжении от корня аорты до боковой стенки левого желудочка, на 2 см медиальнее левого диафрагмального нерва. Визуализировалось УЛП, которое захватывали с помощью зажима и отводили в медиальном направлении. Во всех случаях клипса устанавливалась на основание УЛП. Общая продолжительность процедуры составила около 15 мин. Кровотечений и хирургических осложнений не было. Центральная гемодинамика была стабильной. Полная хирургическая изоляция была подтверждена во всех случаях по данным эхокардиографии интраоперационно и через 5 мес после операции. По данным патологоморфологического исследования была документирована полная анатомическая изоляция основания УЛП от полости ЛП, с образованием гладкой эндокардиальной линии хирургической изоляции.*

Заключение. *Новое инновационное отечественное устройство для клипирования УЛП позволяет безопасно выполнять его полную хирургическую изоляцию. Устройство выгодно отличается от уже существующих изделий конструкцией, в которой реализован принцип нормально закрытого зажима с контролируемой и постоянной силой сжатия, обеспечивающей отсутствие гофрирования тканей ушка, тромбообразования, возникновения микрокровотечений по линии наложения изделия, очагов микронекрозов и микротромбов. Для получения достоверных результатов необходимы продолжение доклинических исследований, подготовка условий для клинического применения.*

Ключевые слова: клипирование ушка левого предсердия, фибрилляция предсердий, хронический эксперимент

LEFT ATRIAL APPENDAGE CLIPPING DEVICE “BCATRIUM”: DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL TESTING

E.Z. Golukhova[1], M.B. Biniashvili[1], A.S. Satyukova[1], K.G. Potlovsky[2], T.G. Le[1], D.R. Tevosov[1], L.A. Bockeria[1]

[1] Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation
[2] Limited liability company «Techno Portnoy», Moscow, 117525, Russian Federation

Elena Z. Golukhova, Dr. Med. Sci., Academician of RAS, Director; orcid.org/0000-0002-6252-0322
Mikhail B. Biniashvili, Cand. Med. Sci., Leading Research Associate, Deputy Director, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-2988-309X, e-mail: mbbiniashvili@bakulev.ru
Anna S. Satyukova, Head of Department, Cardiologist; orcid.org/0000-0001-5948-1193
Kirill G. Potlovsky, Cand. Tech. Sci., General Director
Tatyana G. Le, Junior Research Associate, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-9523-0172
David R. Tevosov, Junior Research Associate, Pathologist; orcid.org/0000-0003-3345-0430
Leo A. Bockeria, Dr. Med. Sci., Professor, Academician of RAS; orcid.org/0000-0002-6180-2619

Surgical isolation of the left atrial appendage (LAA) is an effective procedure for the prevention of thromboembolic complications and ischemic stroke in high-risk patients with atrial fibrillation, including those with contraindications for long-term anticoagulant therapy.

Objective. *To evaluate the results of surgical isolation of LAA using a new innovative domestic clipping device.*

Material and methods. *The study was performed in the experimental department of Bakulev Center for cardiovascular surgery in 2024 in a porcine model (n = 2) with weight of 24 and 25 kg. Surgical isolation of LAA was performed using a device (patent No. 226704 dated June 19, 2024), consisting of an elastically deformable monolithic titanium frame having a normally closed state, placed in a protective braided shell made of polytetrafluoroethylene to prevent injury to surrounding tissues and additional epithelial fixation in the postoperative period. The clamp is designed in four dimensional versions of sponge lengths: 35, 40, 45 and 50 mm, which allows to cover the entire range of transverse dimensions of the base of the LAA and use it with a thickness of LAA tissues in the range of 1–6 mm for each length of sponges. The clamp provides a compressive force with the LAA tissue thickness of 4 mm at the level of 0.3 kgf/cm², which is sufficient for complete and atraumatic overlap of the passage between the LAA and the atrium, while ensuring reliable fixation of the clip, eliminating its migration. The operations were performed under conditions of open pneumothorax, total intravenous anesthesia (propofol + fentanyl + arduan) and ventilation. The effectiveness of surgical and electrical isolation was evaluated intraoperatively and 5 months after surgery according to echocardiography, X-ray, electrophysiological and pathomorphological studies.*

Results. *Operative access to LAA was performed from a left-sided mini-thoracotomy. The pericardium was linearly dissected from the root of the aorta to the lateral wall of the left ventricle, 2 cm medial to the left diaphragmatic nerve. The LAA was visualized, which was gripped with a and retracted in the medial direction. In all cases, the clip was installed on the base of the LAA. The total duration of the procedure was about 15 minutes. There were no bleeding or surgical complications. The central hemodynamics was stable. Complete surgical isolation was confirmed in all cases according to echocardiography data intraoperatively and 5 months after surgery. According to the pathomorphological study, a complete anatomical isolation of the base of the LAA from the left atrial cavity was documented, with the formation of a smooth endocardial line of surgical isolation.*

Conclusion. *A new innovative domestic device for the LAA clipping makes it possible to safely perform its complete surgical isolation. The device compares favorably with existing products by a design that implements the principle of a normally closed clamp, with a controlled and constant compression force, ensuring the absence of corrugation of the LAA tissues, thrombosis, the occurrence of micro-bleedings along the product overlay line, foci of micronecrosis and microthrombs. To obtain reliable results, it is necessary to continue preclinical studies and prepare conditions for clinical use.*

Keywords: left atrial appendage clipping, angina pectoris, atrial fibrillation, chronic experiment

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенная аритмия, которая наблюдается у более чем 50 млн чел. во всем мире [1]. В настоящее время распространенность ФП составляет 2–4%, но ожидается, что она будет увеличиваться, в том числе из-за увеличения продолжительности жизни населения [2]. Это существенный независимый фактор риска развития инсульта, а тромбоэмболические инсульты у пациентов с ФП являются особенно частыми и тяжелыми, что приводит к высокой медицинской, социальной и экономической нагрузке [3].

Ушко левого предсердия (УЛП) – основной источник внутрисердечных тромбов у пациентов с ФП, и процесс тромбообразования в нем связан с локальными нарушениями гемостаза, функции эндотелия, застоем крови и ремоделированием ЛП [4]. Методы предупреждения и профилактики инсульта у пациентов с ФП имеют важное клиническое значение в современной кардиологии и кардиохирургии [1]. При оценке риска инсульта и кровотечений у пациентов с ФП существует несколько взаимосвязанных переменных, и интересно, что самый высокий риск инсульта часто ассоциируется с особенно высоким риском кровотечения [5]. Пероральные антикоагулянты (ОАК) сегодня являются основой терапии для профилактики инсульта при ФП, но разработка эффективных методов интервенционных и хирургических методов закрытия УЛП – быстро развивающаяся область в этом отношении.

Традиционные методы хирургической изоляции УЛП, такие как перевязка, ушивание и резекция сегодня ограниченно выполняют при открытых вмешательствах на сердце по причине высокого риска неполной изоляции и риска хирургических кровотечений [6, 7]. С похожими результатами по эффективности применяются методы перевязки и лигирования доступом из мини-торакотомии и торакоскопии [8, 9]. В 2002 г. был предложен метод эндоваскулярной окклюзии УЛП с использованием специальных окклюдеров [10]. С тех пор было разработано несколько чрескожных устройств, которые в настоящее время применяются в клинической практике для изоляции УЛП. Некоторые из них позволяют получить многообещающие результаты, тем не менее их применение может сопровождаться осложнениями, такими как перикардиальный выпот, воздушная эмболия, миграция устройства, формирование псевдоаневризм, инфекция и образование тромбоза имплантируемого устройства. Существуют также некоторые ограничения в разработке и применении новых хирургических и эндоваскулярных методов изоляции УЛП, к которым относятся большие размеры ушка, вариабельность его анатомии и изменение архитектоники ткани [11, 12].

В настоящее время широкое распространение получили эпикардиальные устройства для изоляции УЛП, при использовании которых инородное тело в полость сердца не попадает и потенциально низок риск тромбозов, инфекций и эмболизации. К наиболее применяемым относятся зарубежные аналоги, такие как устройство AtriClip (AtriCure Corp., США) и LARIAT (SentreHEART, Inc., США) [13, 14]. Широкое применение таких устройств в клинической практике ограничено сложностью их использования, пограничным характером ответной воспалительной реакции при установке, и высокой себестоимостью (более 2500 долл. США).

Начиная с 2020 г. в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева были разработаны и апробированы первые отечественные устройства для клипирования УЛП, под рабочим названием «ЛП-Эпиклип»*. Это были простые и сложные модели клипс различных модификаций. Несмотря на хорошие результаты доклинического применения в хроническом эксперименте на животных, к недостаткам первых моделей можно было отнести: невозможность контролируемой силы сжатия ушка (риск разрыва); наличие выступающих частей фиксации для смыкания прямых элементов конструкций (риск травматизации окружающих тканей); сложную конструкцию, требующую ручной сборки; рабочие части, выполненные из полых трубок (могут заполняться застойной жидкостью); необходимость фиксации УЛП для установки (технически задействованы не менее 2 хирургов); рабочие части клипсы находятся в нормально раскрытом состоянии (исходно клипса стремиться раскрыться); технические трудности в использовании при малоинвазивных вмешательствах [15].

В 2024 г. на базе НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева представлена новая модель эпикардиального устройства для клипирования УЛП проекта «BCatrium», которая призвана разрешить все существующие недостатки указанных выше оте-

*Патент № 226704 U1. Российская Федерация, МПК A61B17/122. Зажим для изоляции ушка левого предсердия: № 2024111789: заявл. 27.04.2024 : опубл. 19.06.2024 / Голухова Е.З., Биниашвили М.Б, Потловский К.Б., Сатюкова А.С.; заявитель НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева. https://patents.google.com/patent/RU226704U1/ru (дата обращения 26.08.2024)

чественных и зарубежных моделей**. Статья посвящена описанию технических характеристик нового устройства, а также результатам его испытания в хроническом эксперименте.

Технические характеристики клипсы проекта «BCatrium»

Разработанное устройство состоит из упруго деформируемого каркаса, помещенного в защитную оболочку с противовоспалительными свойствами для предотвращения травмирования окружающих тканей, чрезмерной воспалительной реакции и дополнительной эпителиальной фиксации в послеоперационном периоде.

Каркас зажима, показанный на рисунке 1, представляет собой монолитную конструкцию из титанового сплава, разработанную и оптимизированную для вырезания на электроэрозионном проволочном станке. К основным элементам конструкции относятся губки (1), которые передают сжимающее усилие на ткань УЛП, помещаемые в рабочий зазор (2) между ними, увеличивающийся при принудительном раскрытии зажима.

Элементы сведения (3) и соединительный С-образный сегмент (4) являются упруго деформируемыми элементами, воспринимающими прикладываемое внешнее усилие для раскрытия зажима. При его раскрытии зазор между дистальными концами губок увеличивается и зажим раскрывается в виде буквы V с углом между губок примерно в 30°, что позволяет завести его на основание УЛП сбоку. В закрывающемся зажиме деформированные элементы сведения (3) стремятся восстановить свою форму, передавая сжимающее усилие на губки (1) и через них на ткани УЛП. Геометрия каркаса обеспечивает параллельное сведение губок в диапазоне 6–1 мм при условии равномерного распределения тканей УЛП по их длине.

Моделирование геометрии раскрытия, закрытия зажима и развиваемых при этом усилий выполнялось методом конечных элементов (МКЭ). На рисунке 2 показаны результаты моделирования геометрии раскрытого зажима.

Зажим разработан в 4-размерных вариантах длин губок (35, 40, 45 и 50 мм), что позволяет охватить весь диапазон поперечных размеров основания УЛП и использовать при толщине тканей УЛП в диапазоне 1–6 мм для каждой длины губок.

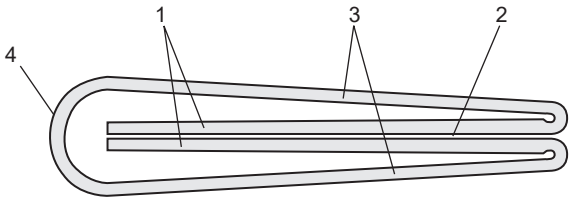


Рис. 1. Каркас зажима: 1 – губки; 2 – рабочий зазор; 3 – элементы сведения; 4 – соединительный С-образный сегмент

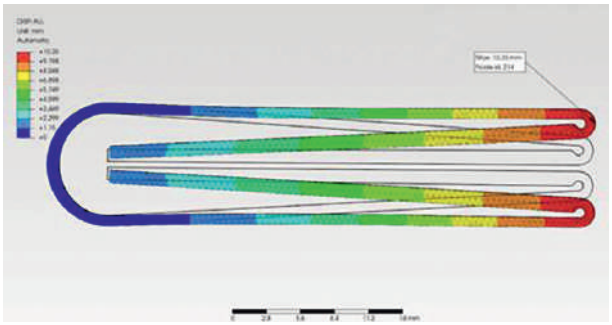


Рис. 2. Геометрия раскрытого зажима

Зажим обеспечивает сдавливающее усилие при разведении губок на 4 мм на уровне 0,3 кгс/см^2, что является достаточным для полного и атравматического перекрытия прохода между ушком и предсердием, при этом обеспечивается надежная фиксация, исключающая миграцию зажима.

На рисунке 3, *а* показан каркас клипсы после электроэрозионной резки, помещенный в трубчатую защитную оболочку, в качестве которой был использован фрагмент сосудистого протеза из политетрафторэтилена с усиленной обработкой ципрофлоксацином и метронидазолом. Для обеспечения установки клипсы на основании УЛП оно фиксировалось с помощью лавсановой лигатуры в устройство доставки в виде обратного хирургического зажима (рис. 3, *б, в*).

Материал и методы

В апреле 2024 г. были выполнены 2 операции по хирургической изоляции УЛП с помощью клипсы проекта «BCatrium» в хроническом эксперименте на свиньях женского пола с массой тела 24 и 25 кг.

Животные содержались, были оперированы и умерщвлены в соответствии с санитарными правилами и положениями о работе с лабораторными животными. Операции проводили в условиях искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и внутривенного наркоза. Управляемая ИВЛ осу-

**Патент № 226704 U1. Российская Федерация, МПК A61B17/122. Зажим для изоляции ушка левого предсердия: № 2024111789: заявл. 27.04.2024 : опубл. 19.06.2024 / Голухова Е.З., Биниашвили М.Б, Потловский К.Б., Сатюкова А.С.; заявитель НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева. https://patents.google.com/patent/RU226704U1/ru (дата обращения 26.08.2024)

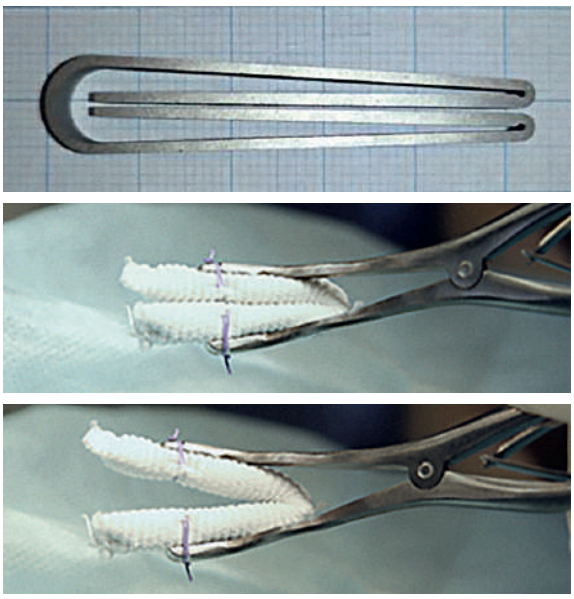


Рис. 3. Зажим для изоляции УЛП:

а – каркас зажима имеет монолитную конструкцию из титанового сплава; *б, в* – клипса, помещенная в трубчатую защитную оболочку, фиксированная с помощью лавсановой нити в устройство доставки в закрытом и раскрытом состоянии

ществлялась аппаратом ARTEC ABV-A (Stephan GmbH Medizintechnic, Германия) в режиме нормальной вентиляции и с возможностью динамического (по давлению выдоха) изменения дыхательного объема от 18 до 32 мл/кг/мин, частоты дыхания 16–22 в минуту с подачей O_2 во вдыхаемую смесь до 50%. Тотальный внутривенный наркоз проводили с помощью пропофола (из расчета 2–3 мг/кг/ч), фентанила (из расчета 2–3 мг/кг/ч) и ардуана (из расчета 0,08 мг/кг).

Для изучения центральной гемодинамики в бедренную артерию устанавливали катетер для инвазивного мониторирования артериального давления (АД), в правую наружную яремную вену – центральный венозный катетер. На язык животного надевали датчик пульсоксиметра. Во время операции испытуемых согревали с помощью электроматраса.

Во время эксперимента контролировали показатели жизнедеятельности и физиологические параметры с помощью аппарата Omni Care 24c (HP, США). Прибор предусматривал интегральную оперативную схему оценки гемодинамических показателей в режиме онлайн с цифровой индикацией показателей на мониторе. Для измерения давления в крупных кровеносных сосудах использовались высокочувствительные датчики давления Spectramed P-23-HL (США). Катетеризацию бедренной артерии осуществляли катетерами фирмы B. Braun Melsungen A.G. (Германия).

В исследовании регистрировались следующие параметры:

– частота сердечных сокращений (ЧСС) определялась по электрокардиограмме в II стандартном отведении;

– АД с помощью катетера, проведенного в бедренную артерию;

– центральное венозное давление (ЦВД) определялось с помощью центрального венозного катетера, проведенного в верхнюю полую вену через левую наружную яремную вену;

– парциальное насыщение капиллярной крови кислородом определялось на языке с помощью датчика пульсоксиметра.

Измеряемые и расчетные параметры: ЧСС (уд/мин); АД (мм рт. ст.); ЦВД (мм рт. ст.); длительность операции (мин); объем интраоперационной кровопотери (мл).

Сравнение средних производили с помощью стандартных методов вариационной статистики медико-биологического профиля для малых выборок. Для выявления существенных различий между средними значениями применялся t-критерий Стьюдента. Данные считались статистически достоверными при значении $p < 0,05$.

Хирургическая техника операции

Оперативный доступ к УЛП выполняли из левосторонней мини-торакотомии в четвертом межреберье по средней подмышечной линии. Перикард линейно рассекали на протяжении от корня аорты до боковой стенки левого желудочка (ЛЖ). Визуализировалось УЛП, которое захватывали с помощью зажима и отводили в медиальном направлении. От УЛП отводили доли левого легкого, обеспечивая оперативный доступ к основанию УЛП в полном объеме.

Во всех случаях клипсу «BCatrium» устанавливали на основание УЛП. Далее оценивали адекватность экспозиции устройства на УЛП, положение окружающих мягких тканей, долей левого легкого, а также расположение огибающей ветви левой коронарной артерии (рис. 4). После экспозиции фиксирующие клипсу нити в зажиме для доставки срезали с помощью ножниц, что обеспечивало устойчивую фиксацию непосредственно клипсы на основании УЛП. Для чистоты эксперимента полость УЛП вскрывалась, подтверждая отсутствие кровотока и надежной интраоперационной хирургической изоляции (рис. 5).

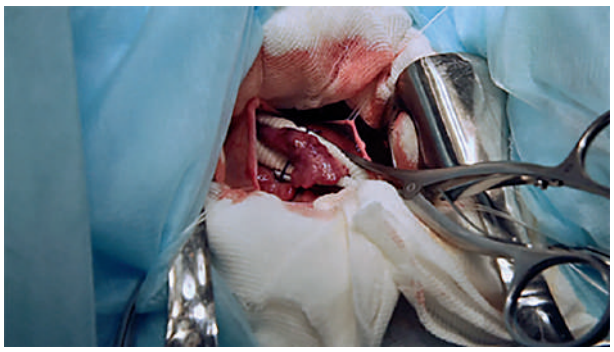


Рис 4. Установка клипсы «BCatrium» на основании УЛП доступом из левосторонней мини-торакотомии

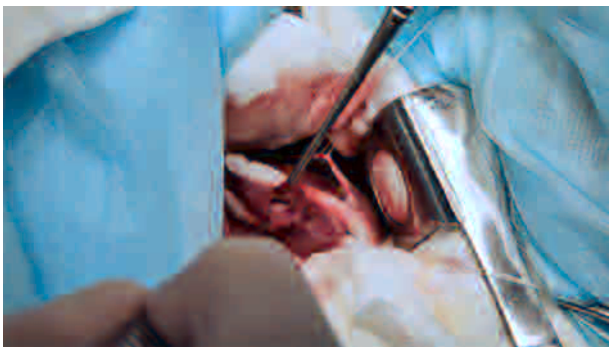


Рис. 5. Отсутствие кровотока при вскрытии УЛП в условиях работающего сердца

Результаты

Общая продолжительность процедуры составила около 20 мин. Кровотечений и хирургических осложнений не было. Центральная гемодинамика оставалась стабильной во время манипуляций с УЛП.

Параметры гемодинамики характеризовались постоянством и на протяжении эксперимента практически не менялись. Среднее давление в аорте на основных этапах выполнения оперативных манипуляций варьировало от 68,1 ± 3,2 (перед установкой клипсы) до 71,0 ± 3,4 мм рт. ст. (через 10 мин после установки клипсы), ЧСС – 119 ± 9,2 и 121 ± 7,4 соответственно ($p < 0,05$).

Полная хирургическая изоляция основания УЛП была подтверждена также по данным эхокардиографии интраоперационно и через 5 мес после операции, перед выведением животных из эксперимента. Электрическая изоляция УЛП была подтверждена отсутствием ответа на стимуляцию с помощью временной электрокардиостимуляции спустя 3 ч после имплантации. По результатам рентгеноскопии были получены данные об отсутствии миграции клипсы, а также равномерного анатомического ее раскрытия в грудной клетке (рис. 6).

При анализе макропрепаратов сердца через 5 мес после установки можно отметить полное закрытие и эндотелизацию стенок ЛП в области расположения УЛП с формированием гладкой линейной фиброзно-эластической ткани, без признаков формирования тромбов, признаков разрыва ушка (рис. 7).

На эпикардиальной поверхности в области наложения клипсы отмечается умеренно выраженный спаечный процесс. При продольном разрезе выявлены полная редукция УЛП с развитием атрофии его стенок и прорастание окружающими тканями трубчатой защитной оболочки клипсы (рис. 8).

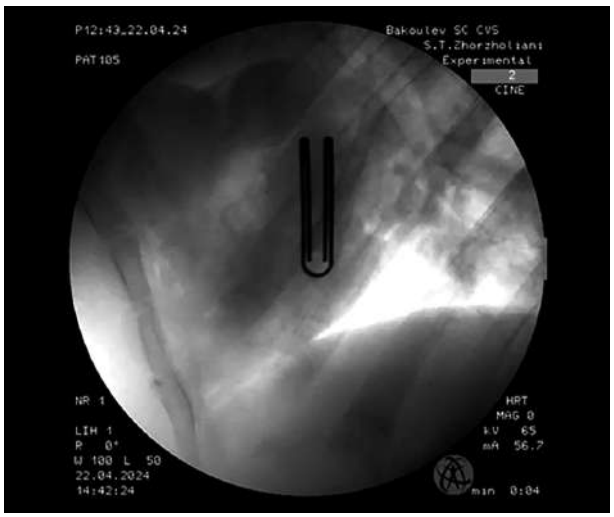


Рис. 6. Отсутствие миграции клипсы по данным рентгеноскопии через 3 мес после операции и равномерное ее анатомическое раскрытие в грудной клетке

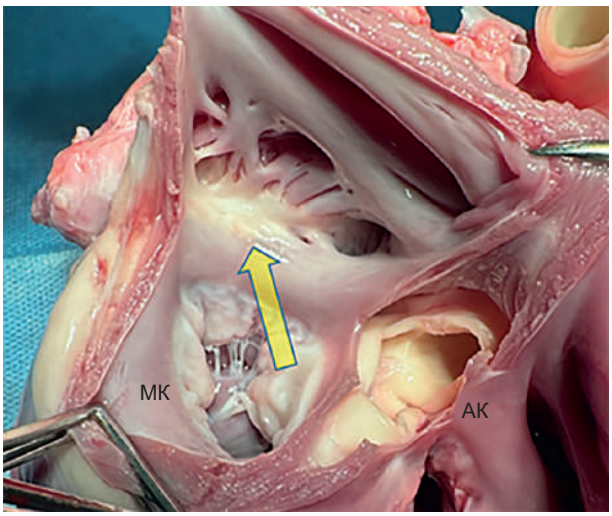


Рис. 7. Образование фиброзной пластины с ее эндотелизацией (указана стрелкой) в месте установки клипсы, вид из ЛП.

МК – митральный клапан, АК – аортальный клапан

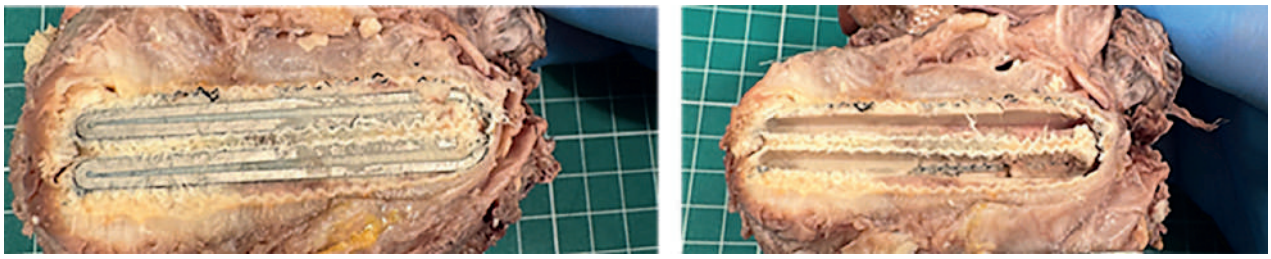


Рис. 8. Продольный срез ЛП в месте установки клипсы (клипса фиксирована в основании УЛП). Отмечается полная редукция УЛП (указано стрелкой) с развитием атрофии его стенок

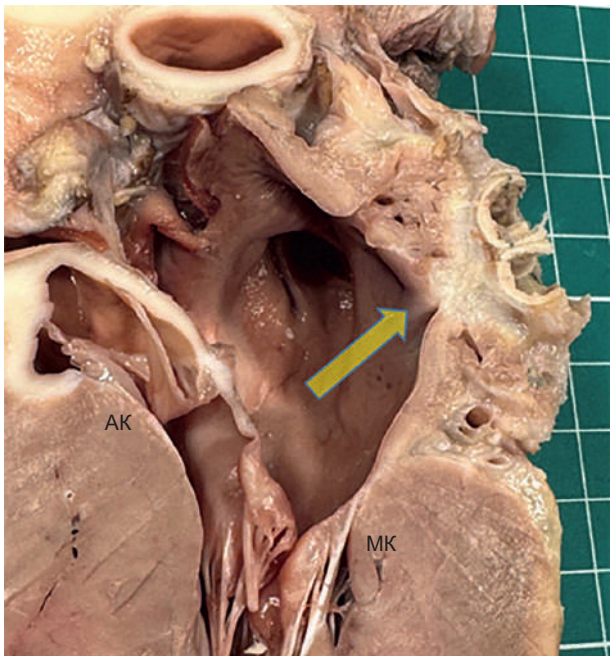
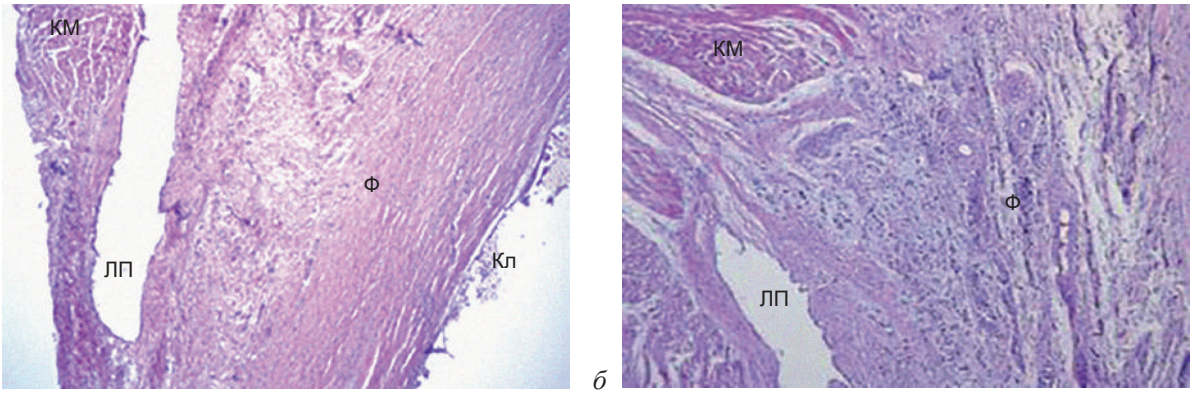


Рис. 9. Поперечный срез ЛП в месте установки клипсы (клипса удалена из трубчатой оболочки). Отмечается окклюзия выхода в УЛП (указано стрелкой) с развитием атрофии его стенок и полной редукцией

При поперечном разрезе макропрепарата в проекции установки клипсы также выявлена вновь образованная соединительнотканная пластина в области входа в УЛП с окклюзией его просвета, развитием атрофии его стенок и полной редукцией, без разрыва и тромбообразования (рис. 9).

По результатам гистологического исследования в месте установки клипсы через 5 мес просвет УЛП полностью закрыт с формированием в данной области фиброзной пластинки с умеренным количеством клеток фибробластического ряда и сосудами разного калибра, участками остаточного миокарда ЛП и воспалительной инфильтрацией слабой степени выраженности, представленной преимущественно лимфоцитами и гистиоцитами (рис. 10).

Таким образом, можно сделать предварительные выводы, исходя из полученных результатов: устройство клипирования «BCatrium» имеет нормально закрытое состояние, не требующее введения в конструкцию специальных замковых элементов, что исключает ее раскрытие и миграцию в послеоперационном периоде; зажим в раскрытом состоянии имеет V-образную форму, что позволяет



а *б*

Рис. 10. Микрофотография. Гистологическая картина в области установки клипсы через 5 мес после операции (окраска гемотоксилином и эозином, *а* – ув. ×50, *б* – ув. ×100). Со стороны эпикарда в месте установки клипсы имеется сформированная тонкая фиброзная пластинка с умеренным количеством клеток фибробластического ряда и воспалительная инфильтрация небольшой степени выраженности, представленная преимущественно лимфоцитами и гистиоцитами (*а*). Место сращения 2 стенок предсердия под клипсами представлено рыхлой базофильной соединительнотканной клетчаткой с кровеносными сосудами разного калибра. Местами в ткани, окружающей клипсы, встречаются скопления пучков кардиомиоцитов (*б*).

КМ – пучки кардиомиоцитов, Ф – фиброзная ткань, Кл – место наложения клипсы, ЛП – полость левого предсердия

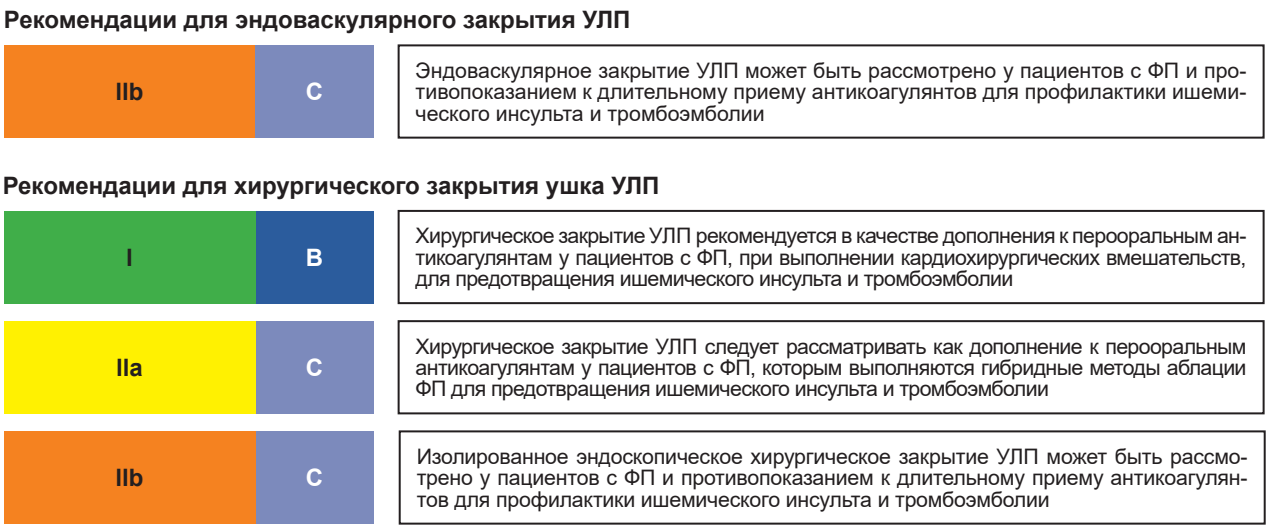


Рис. 11. Клинические рекомендации 2024 г. Европейской ассоциации кардиологов (ESC) совместно с Европейской ассоциацией кардиоторакальных хирургов (EACTS) по эндоваскулярной и хирургической изоляции УЛП [1]

завести зажим сбоку, непосредственно на основание УЛП, а также обладает контролируемой силой сжатия, что снижает вероятность травмирования его стенок и в перспективе позволит изолировать УЛП, даже в случае наличия в нем тромбов; использование титана, являющегося парамагнетиком, обеспечивает МР-совместимость зажима.

Обсуждение

У каждого третьего пациента, перенесшего операцию на сердце, в анамнезе отмечается документально подтвержденная ФП, связанная с повышенным риском инсульта и смертности [16]. У 80–90% таких пациентов есть абсолютные показания к назначению ОАК, но приверженность к данной терапии ограничена, а 10–20% пациентов не подходят для длительной антикоагулянтной терапии [17, 18]. Кроме того, у некоторых сохраняется высокий риск инсульта, несмотря на прием ОАК [19]. Хирургические методы изоляции УЛП сегодня применяют как во время открытых операций, в сочетании с выполнением кардиохирургических вмешательств, так и с использованием минимально инвазивных, в том числе эндоскопических технологий. Ушивание УЛП со стороны эндокардиальной поверхности предсердия – инвазивная процедура, с использованием искусственного кровообращения (ИК), связанная с высоким риском кровотечения и неполнотой окклюзии в 10–30% случаев [20, 21]. Хирургическая изоляция УЛП со стороны эпикарда может быть выполнена путем его ушивания или перевязки лигатурой без ИК с успехом полного закрытия, зависящим от хирурга и технических аспектов, в 23–100% случаев [22, 23]. Хирургический способ закрытия УЛП имеет несомненные преимущества у пациентов во время выполнения кардиохирургических вмешательств, что подтверждается недавними рандомизированными клиническими исследованиями ATLAS и LAAOS III [24, 25].

Современные рекомендации по лечению ФП предлагают рассматривать окклюзию УЛП в качестве стратегии профилактики инсульта у пациентов, перенесших кровоизлияние в мозг или другие кровотечения, связанные с длительной антикоагулянтной терапией, и/или у пациентов с ФП, перенесших операцию на сердце (рис. 11) [1].

В дополнение к этому сегодня проводятся большие клинические рандомизированные исследования по оценке эффективности использования современных устройств для изоляции УЛП, по сравнению с антикоагулянтной терапией (рис. 12) [26]. Очевидно, что вопрос о том, следует ли хирургически изолировать УЛП, должен обсуждаться в том числе в рамках междисциплинарного подхода командой специалистов по лучевой диагностике, кардиологов и кардиохирургов, с анализом анатомических и морфологических особенностей ушка, равно также всесторонней оценке клинического статуса пациента в каждом конкретном случае. Стратификация риска, руководствуясь шкалами риска системной тромбоэмболии CHA_2DS_2-VASc и кровотечений HAS-BLED, здесь становится

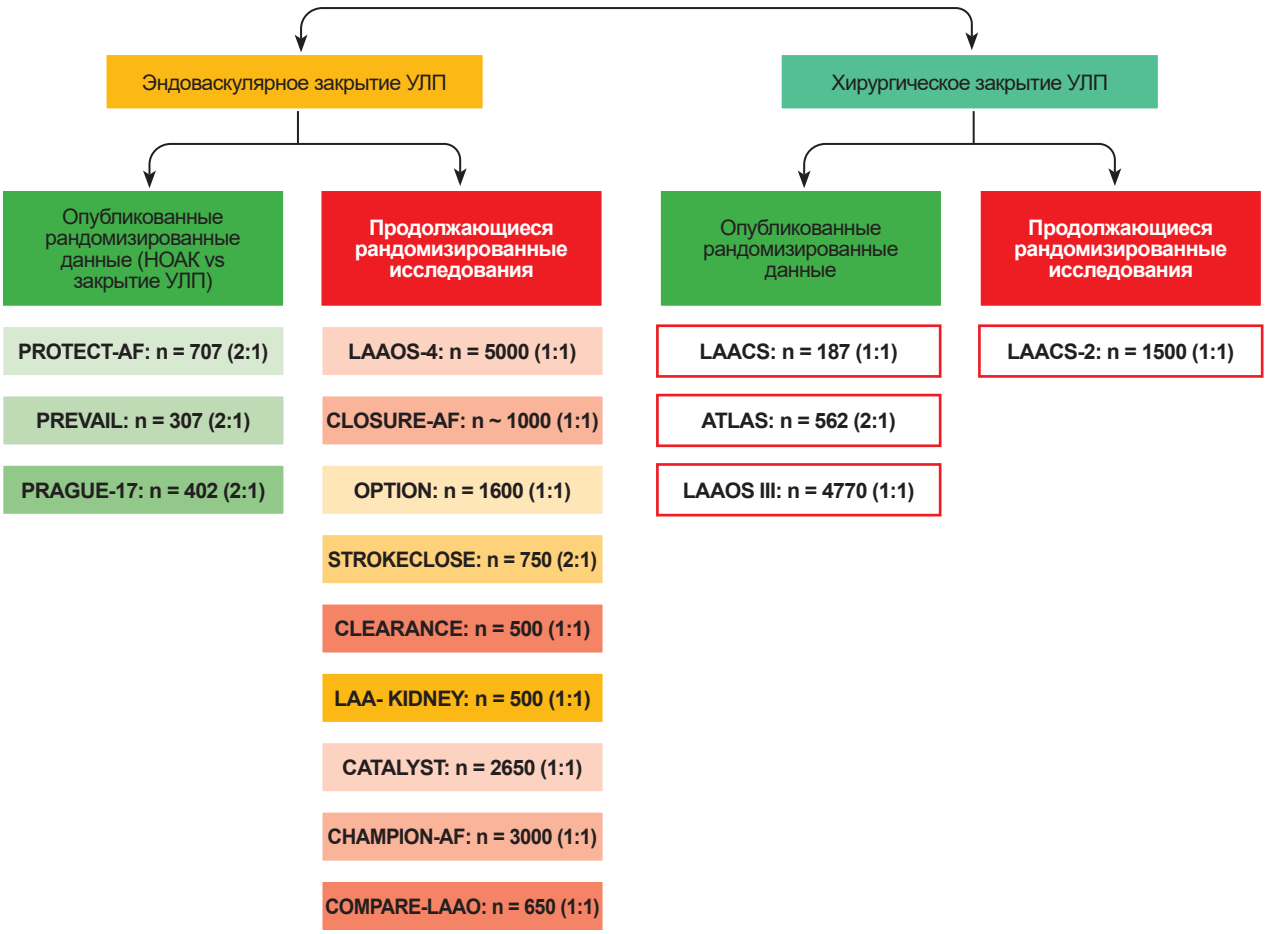


Рис. 12. Клинические доказательства необходимости закрытия УЛП. Опубликованные и продолжающиеся рандомизированные исследования по эндоваскулярному и хирургическому закрытию УЛП [26]

важным звеном для определения показаний к операции и индивидуального подхода.

Главный вопрос о том, с помощью каких устройств и техники их имплантации можно добиться полной, безопасно воспроизводимой и экономически наиболее выгодной процедуры хирургической изоляции УЛП, остается открытым и широко дискутабельным. Пока что нет однозначного ответа относительно способности чрескожных систем для эндокардиальной окклюзии УЛП, в сочетании с ОАК, обеспечивать аналогичные или даже бóльшие преимущества у пациентов с ФП высокого риска. В связи с этим необходимо учитывать возможные преимущества хирургических методов закрытия УЛП с применением специальных устройств для клипирования со стороны эпикардиальной поверхности работающего сердца, без контакта с циркулирующей кровью и отсутствием инородного материала внутри полости сердца, с низким риском реканализации, инфицирования и эмболизации [27].

К применяемым в клинической практике устройствам для хирургической изоляции относятся зарубежные аналоги, такие как устройства AtriClip (AtriCure Corp., США), LARIAT (SentreHEART, Inc., США) и появившаяся недавно на рынке Penditure™ LAA exclusion system (Medtronic, США) [13, 14]. Широкое применение таких устройств в клинической практике ограничено сложностью их использования, пограничным характером ответной воспалительной реакции при установке и высокой себестоимостью [27].

В настоящей работе представлены результаты доклинического применения инновационного отечественного устройства для клипирования УЛП под проектным названием «BCatrium». Разработанное устройство (патент на полезную модель № 226704 от 19 июня 2024 г.) состоит из упруго деформируемого каркаса, помещенного в защитную оболочку с противовоспалительными свойствами для предотвращения травмирования окружающих тканей, чрезмер-

ной воспалительной реакции, и дополнительной эпителиальной фиксации в послеоперационном периоде**. Его отличительной особенностью является возможность строго параллельного смыкания рабочих элементов (губок), которые обладают плоским профилем, что позволяет добиться равномерного сжатия тканей УЛП по всей его длине, непосредственно после имплантации зажима.

По результатам проведенных исследований, в хроническом эксперименте были получены убедительные доказательства полной хирургической изоляции УЛП при использовании устройства «BCatrium» как интраоперационно, так и спустя 5 мес после операции. По результатам рентгеноскопии получены данные об отсутствии миграции клипсы, а также равномерного анатомического его раскрытия в грудной клетке. По данным макроскопического и гистологического исследования отмечены признаки формирования со стороны ЛП гладкой соединительнотканной пластины с ее эндотелизацией, слабо выраженной воспалительной реакцией, без признаков разрыва и тромбообразования.

Заключение

В результате проведенной работы разработана модель устройства для клипирования УЛП нового поколения проекта «BCatrium» с учетом возможности хирургической изоляции УЛП как при сочетанных вмешательствах, так и в качестве отдельной процедуры с использованием малоинвазивных технологий. Новое инновационное отечественное устройство, на наш взгляд, наиболее отвечает требованиям безопасности и эффективности из всех представленных ранее отечественных устройств. Дальнейшее развитие научно-исследовательской работы заключается в продолжении опытно-конструкторских и экспериментальных работ, накоплении материала по доклиническим исследованиям, регистрации устройства как медицинского изделия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Патент № 226704 U1. Российская Федерация, МПК A61B17/122. Зажим для изоляции ушка левого предсердия: № 2024111789: заявл. 27.04.2024 : опубл. 19.06.2024 / Голухова Е.З., Биниашвили М.Б, Потловский К.Б., Сатюкова А.С.; заявитель НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева. https://patents.google.com/patent/RU226704U1/ru (дата обращения 26.08.2024)

Библиографический список/References

1. Van Gelder I.C., Rienstra M., Bunting K.V., Casado-Arroyo R., Caso V., Crijns H.J.G.M. et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): Developed by the task force for the management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC), with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. Endorsed by the European Stroke Organisation (ESO). *Eur. Heart J.* 2024; 45 (36): 3314–3414. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae176
2. Benjamin E.J., Muntner P., Alonso A., Bittencourt M.S., Callaway C.W., Carson A.P. et al. Heart Disease and Stroke Statistics – 2019 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2019; 139: e56–528. DOI: 10.1161/CIR.00000 00000000659
3. Holmes D.R. Atrial fibrillation and stroke management: present and future. *Semin. Neurol*. 2010; 30: 528–536. DOI: 10.1055/s-0030-1268861
4. Blackshear J.L., Odell J.A. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg*. 1996; 61: 755–759. DOI: 10.1016/ 0003-4975(95)00887-X
5. Friberg L., Rosenqvist M., Lip G.Y. Evaluation of risk stratification schemes for ischaemic stroke and bleeding in 182 678 patients with atrial fibrillation: the Swedish atrial fibrillation cohort study. *Eur. Heart J*. 2012; 33: 1500–1510. DOI: 10.1093/eurheartj/ehr488
6. Turagam M.K., Kawamura I., Neuzil P., Nair D., Doshi S., Valderrabano M. et al. Severity of ischemic stroke after left atrial appendage closure vs nonwarfarin oral anticoagulants. *JACC Clin. Electrophysiol*. 2024; 10: 270–283. DOI: 10.1016/j.jacep.2023.10.012
7. Katz E.S., Tsiamtsiouris T., Applebaum R.M., Schwartzbard A., Tunick P.A., Kronzon I. Surgical left atrial appendage ligation is frequently incomplete: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2000; 36: 468–471. DOI: 10.1016/S0735-1097(00)00765-8
8. Kanderian A.S., Gillinov A.M., Pettersson G.B., Blackstone E., Klein A.L. Success of surgical left atrial appendage closure: assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2008; 52: 924–929. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.03.067
9. Жигалкович А.С. Хирургическая изоляция ушка левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий: анализ проблемы. *Анналы аритмологии*. 2018; 15 (2): 76–83. DOI: 10.15275/annaritmol.2018.2.1 Zhigalkovich A.S. Surgical isolation of the left atrial appendage in patients with atrial fibrillation: the analysis of the problem. *Annaly Aritmologii*. 2018; 15 (2): 76–83 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2018.2.1
10. Holmes D.R., Reddy V.Y., Turi Z.G., Doshi S.K., Sievert H., Buchbinder M. et al. Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomised non-inferiority trial. *Lancet*. 2009; 374: 534–542. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61343-X
11. Cochet H., Iriart X., Sridi S., Camaioni C., Corneloup O., Montaudon M. et al. Left atrial appendage patency and device-related thrombus after percutaneous left atrial appendage occlusion: a computed tomography study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018; 19: 1351–1361. DOI: 10.1093/ehjci/jey010
12. Jaguszewski M., Manes C., Puippe G., Salzberg S., Muller M., Falk V. et al. Cardiac CT and echocardiographic evaluation of peri-device flow after percutaneous left atrial appendage closure using

the AMPLATZER cardiac plug device. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2015; 85: 306–312. DOI: 10.1002/ccd.25667

13. Chatterjee S., Herrmann H.C., Wilensky R.L., Hirshfeld J., McCormick D., Frankel D.S. et al. Safety and procedural success of left atrial appendage exclusion with the Lariat device: a systematic review of published reports and analytic review of the FDAMAUDE database. *JAMA Internal Medicine*. 2015; 175: 1104–1109. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.1513
14. Ellis C.R., Aznaurov S.G., Patel N.J., Williams J.R., Sandler K.L., Hoff S.J. et al. Angiographic efficacy of the atriclip left atrial appendage exclusion device placed by minimally invasive thoracoscopic approach. *J. Am. Coll. Cardiol. EP*. 2017; 3: 1356–1365. DOI: 10.1016/j.jacep.2017.03.008
15. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Биниашвили М.Б., Ле Т.Г. Электрическая изоляция ушка левого предсердия в хирургическом лечении фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2021; 18 (1): 4–14. DOI: 10.15275/annaritmol.2021.1.1
Bockeria L.A., Bockeria O.L., Biniashvili M.B., Le T.G. Electrical isolation of the left atrial appendage in the surgical treatment of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii*. 2021; 18 (1): 4–14 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2021.1.1
16. Yao X., Gersh B.J., Holmes D.R. Jr, Melduni R.M., Johnsrud D.O., Sangaralingham L.R. et al. Association of surgical left atrial appendage occlusion with subsequent stroke and mortality among patients undergoing cardiac surgery. *JAMA*. 2018; 319: 2116–2126. DOI: 10.1001/jama.2018.6024
17. Yao X., Abraham N.S., Alexander G.C., Crown W., Montori V.M., Sangaralingham L.R. et al. Effect of adherence to oral anticoagulants on risk of stroke and major bleeding among patients with atrial fibrillation. *J. Am. Heart Assoc*. 2016; 5: e003074. DOI: 10. 1161/JAHA.115.003074
18. O'Brien E.C., Holmes D.N., Ansell J.E., Allen L.A., Hylek E., Kowey P.R. et al. Physician practices regarding contraindications to oral anticoagulation in atrial fibrillation: findings from the Outcomes Registry for Better Informed Treatment of Atrial Fibrillation (ORBIT-AF) registry. *Am. Heart J*. 2014; 167: 601–609.e1. DOI: 10.1016/j.ahj.2013.12.014
19. Piccini J.P., Sievert H., Patel M.R. Left atrial appendage occlusion: rationale, evidence, devices, and patient selection. *Eur. Heart J*. 2017; 38: 869–76. DOI: 10.1093/ eurheartj/ehw330
20. Katz E.S., Tsiamtsiouris T., Applebaum R.M., Schwartzbard A., Tunick P.A., Kronzon I. Surgical left atrial appendage ligation is frequently incomplete: a transesophageal echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2000; 36: 468–471. DOI: 10.1016/S0735-1097(00)00765-8
21. Apostolakis E., Papakonstantinou N.A., Baikoussis N.G., Koniari I., Papadopoulos G. Surgical strategies and devices for surgical exclusion of the left atrial appendage: a word of caution. *J. Card. Surg*. 2013; 28: 199–206. DOI: 10.1111/jocs.12055
22. Kanderian A.S., Gillinov A.M., Pettersson G.B., Blackstone E., Klein A.L. Success of surgical left atrial appendage closure: assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2008; 52: 924–929. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.03.067
23. Bakhtiary F., Kleine P., Martens S., Dzemali O., Dogan S., Keller H. et al. Simplified technique for surgical ligation of the left atrial appendage in high-risk patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2008; 135: 430–431. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2007.08.057.
24. Gerdisch M.W., Garrett H.E. Jr, Mumtaz M.A., Grehan J.F., Castillo-Sang M., Miller J.S. et al. Prophylactic left atrial appendage exclusion in cardiac surgery patients with elevated CHA(2)DS(2)-VASc score: results of the randomized *ATLAS trial. Innovations (Phila)*. 2022; 17: 463–70. DOI: 10.1177/15569845221123796
25. Whitlock R.P., Belley-Cote E.P., Paparella D., Healey J.S., Brady K., Sharma M. et al. Left atrial appendage occlusion during cardiac surgery to prevent stroke. *N. Engl. J. Med*. 2021; 384: 2081–91. DOI: 10.1056/NEJMoa2101897
26. Landmesser U., Skurk C., Tzikas A., Falk V., Reddy V.Y., Windecker S. Left atrial appendage closure for stroke prevention in atrial fibrillation: current status and perspectives. *Eur. Heart J.* 2024; 45 (32): 2914–2932. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae398
27. Биниашвили М.Б., Ле Т.Г., Бокерия Л.А. Хирургическое закрытие ушка левого предсердия: прошлое, настоящее, будущее. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (3): 178–189. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.3.7
Biniashvili M.B., Le T.G., Bockeria L.A. Surgical closure of the left atrium auricle: past, present, future. *Annaly Aritmologii*. 2022; 19 (3): 178–189 (in Russ). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.3.7

Поступила 30.07.2024
Принята к печати 16.12.2024

Рубрика: клиническая электрофизиология

УДК 616.12-008.313.2-089
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.3

ПРОСПЕКТИВНОЕ РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КРИОБАЛЛОННОЙ ИЗОЛЯЦИИ УСТЬЕВ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН У ПАЦИЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ И КОМОРБИДНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ. ЧАСТЬ 1

Тип статьи: оригинальная статья

Р.З. Шалов, А.Г. Филатов, Г.А. Аванесян

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Шалов Руслан Замирович, канд. мед. наук, мл. науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-4403-2536
Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Аванесян Грайр Араратович, канд. мед. наук, науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Цель *– оценить клинико-анамнестические, диагностические и интраоперационные данные до и во время выполнения криобаллоной изоляции устьев легочных вен у пациентов с различными формами фибрилляции предсердий (ФП) и коморбидной патологией.*

Материал и методы*. Всего в исследование были включены 284 пациента, соответствовавших критериям отбора. Средний период наблюдения составил 18,4 ± 1,8 мес. В зависимости от формы и длительности пароксизмов ФП, документированных по данным электрокардиограммы и холтеровского мониторирования, пациенты были распределены на две группы: 1-я – 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой, 2-я – 114 (40,2 %) пациентов с персистирующей формой ФП. Статистически значимое различие было выявлено при анализе аритмологического анамнеза ФП: у пациентов с пароксизмальной формой ФП – 12,3 ± 2,2 нед, с персистирующей – 25,7 ± 3,28 нед (p = 0,001).*

Результаты. *При анализе дооперационных данных по эхокардиографии было выявлено значимое различие парастернального (передне-заднего) размера левого предсердия (ЛП) между пациентами с пароксизмальной и персистирующей формами ФП – 44 [43–46] и 46 [44–47] соответственно (p < 0,001); пиковой предсердной продольной деформации (PALS) ЛП – у пациентов с пароксизмальной формой PALS ЛП составил 29,8 [28,6–32,3], а у пациентов с персистирующей формой – 18,85 [14,9–26,12] (p < 0,001). По данным мультиспиральной компьютерной томографии наиболее значимое различие было выявлено при оценке объема ЛП с учетом ушка (в 1-й группе – 110 [102–118], во 2-й группе – 140 [130–155] (p < 0,001)) и индексированного объема ЛП (в 1-й группе – 54,3 [51,5–58,7], во 2-й группе – 67,8 [63,7–72,1] (p < 0,001)). Во время выполнения криобаллонной изоляции (КБИ) устьев легочных вен (ЛВ) было изолировано 1101 (96,9%) из 1136 легочных вен, при этом в 14 (2,8%) ЛВ не удалось позиционировать криобаллон в ЛВ, что, в свою очередь, было связано с анатомическими особенностями расположения ЛВ в ЛП.*

При анализе данных, полученных при выполнении КБИ устьев ЛВ, были установлены достоверные различия у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП между следующими показателями: средней длительностью операции – 90 [85–100] и 105 [90–110] мин, а также средней длительностью основного этапа операции (левопредсердный этап) – 35 [30–40] и 40 [35–40] мин (p = 0,001 и p = 0,001 соответственно).

Заключение. *Проведение данного исследования позволяет проанализировать механизм развития более стойких форм ФП. В частности на развитие более стойкой персистенции влияет увеличение объема (анатомическое ремоделирование), снижение сократительной способности (механическое ремоделирование) и увеличение фиброзно-измененного миокарда предсердий (электрическое ремоделирование).*

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, лечение, криобаллоная аблация, криоизоляция устьев легочных вен, внутрисердечное ультразвуковое исследование

A PROSPECTIVE RANDOMIZED CONTROLLED STUDY TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF CRYOBALLOON ISOLATION OF PULMONARY VEIN ORIFICES IN PATIENTS WITH VARIOUS FORMS OF ATRIAL FIBRILLATION AND COMORBID PATHOLOGY. PART 1

R.Z. Shalov, A.G. Filatov, G.A. Avanesyan

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Ruslan Z. Shalov, Cand. Med. Sci., Junior Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-4403-2536
Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Professor, Head of the Department; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Grayr A. Avanesyan, Cand. Med. Sci., Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Objective. *To evaluate clinical, anamnestic, diagnostic and intraoperative data before and during cryoballoon isolation of the pulmonary vein orifices of the left atrium in patients with various forms of atrial fibrillation (AF) and comorbid pathology.*

Material and methods*. A total of 284 patients who met the selection criteria were included in the study. The average follow-up period was 18.4 ± 1.8 months. Depending on the form and duration of AF paroxysms, documented by electrocardiogram and Holter monitoring, the patients were divided into two groups. Group 1 included 170 (59.8%) patients with paroxysmal AF, and group 2 included 114 (40.2%) patients with persistent AF. A statistically significant difference was revealed when analyzing the arrhythmological history of AF: 12.3 ± 2.2 weeks in patients with paroxysmal AF and 25.7 ± 3.28 weeks in those with persistent AF (p = 0.001).*

Results. *When analyzing preoperative echocardiographic data, a significant difference was found in the parasternal (anteroposterior) size of the left atrium (LA) between patients with paroxysmal and persistent forms of AF 44 [43–46] and 46 [44–47], respectively (p < 0.001), peak atrial longitudinal strain (PALS) of LA – in patients with the paroxysmal form was 29.8 [28.6–32.3], and with the persistent form 18.85 [14.9–26.12] (p < 0.001). According to multispiral computed tomography data, the most significant difference was found when assessing the volume of the LA taking into account the appendage 110 [102–118] in group 1 and 140 [130–155] in group 2 (p < 0.001) and indexed LA volume 54.3 [51.5–58.7] in the paroxysmal form and 67.8 [63.7–72.1] in the persistent form (p < 0.001).*

During cryoballoon isolation (CBI) of the pulmonary vein (PV) orifices, 1101 (96.9%) of 1136 pulmonary veins were isolated, while in 14 PVs (2.8%) it was not possible to position the cryoballoon in the PV, which in turn was associated with the anatomical features of the location of the PV in the LA. When analyzing the data obtained during the performance of CBI of the PV orifices, reliable differences were established in patients with paroxysmal and persistent forms of AF between the following parameters: the average duration of the operation of 90 [85–100] and 105 [90–110] min, as well as the average duration of the main stage of the operation (left atrial stage) of 35 [30–40] and 40 [35–40] min (p = 0.001 and p = 0.001, respectively).

Conclusion. *Conducting this analysis allows us to analyze the mechanism of development of more persistent forms of atrial fibrillation. In particular, the development of more stable persistence is influenced by an increase in volume (anatomical remodeling), a decrease in contractility (mechanical) and an increase in fibrously altered atrial myocardium (electrical).*

Keywords: atrial fibrillation, treatment, cryoballoon ablation, cryoisolation of the pulmonary vein orifices, intracardiac ultrasound

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – самое распространенное нарушение ритма сердца у взрослого населения. Течение ФП зачастую ассоциируется с развитием тяжелых осложнений, таких как ишемический инсульт, и при неправильном лечении способно привести к развитию летального исхода. Несмотря на то что современные технологии позволяют своевременно предупредить прогрессирование данной аритмии путем раннего выявления и оказания высокоспециализированной помощи, число пациентов продолжает стремительно расти и по предварительным расчетам к концу 2030 г. составит порядка 50 млн чел. во всем мире. Растущее бремя ФП является многофакторным и включает в себя старение населения, рост ожирения, распространение алкоголизма и других вредных привычек, помимо этого сказывается и влияние внешних стрессовых факторов, таких как пандемия, экономические кризисы и т. д. [1].

Около 2% общей популяции населения Европы страдает ФП, что составляет, по имеющимся данным, 6–7 млн чел. Стоит отметить, что с увеличением возраста отмечается увеличение не только распространенности аритмии, но и тяжести ее течения, встречаются более устойчивые формы ФП.

Зачастую на развитие более стойких форм ФП (персистирующей, длительно персистирующей и постоянной) оказывает влияние коморбидной фон пациента [2].

Согласно данным, опубликованным в аналитическом сборнике «Аритмология» за 2022 г., в Российской Федерации было выполнено 38 289 деструкций проводящих путей и аритмогенных зон [3].

Самую многочисленную подгруппу больных с тахиаритмиями представляют пациенты с ФП и трепетанием предсердий (ТП), их число в 2022 г. составило 17 565 и 6 806 соответственно. Радиочастотная аблация была выполнена 14 096 (80,2%) пациентам, а криобаллонная аблация (КБА) – 3 469 (19,8 %) [3].

У большинства пациентов с ФП – проявление ремоделирования предсердий, вызванное широким спектром сопутствующих заболеваний и факторов риска, многие из которых также могут быть субклиническими. Так, артериальная гипертензия, пожилой возраст, сердечная недостаточность и пороки клапанов сердца (в частности дисфункция митрального клапана) являются установленными факторами риска, способствующими развитию ФП [4].

Данное исследование выполнено в рамках реализации поисково-научно-исследовательской работы № 122041100167-1, УДК 616-089; 617.5 на тему: «Изучение эффективности и безопасности интервенционного лечения фибрилляции предсердий у пациентов с различной коморбидной патологией».

В связи с большим объемом исследованного материала авторы разделили исследование на 2 части: в первой части будет отражен анализ клинико-анамнестических и интраоперационных данных, во второй – проанализирована группа рецидива аритмии и факторы, влияющие на рецидив.

Цель первой части исследования – оценка клинико-анамнестических, диагностических и интраоперационных данных до и во время выполнения криобаллоной изоляции устьев легочных вен (ЛВ) у пациентов с различными формами ФП и коморбидной патологией.

Материал и методы

В период с 2021 по 2024 г. в одноцентровое проспективное контролируемое исследование были включены 284 пациента с различными формами ФП, которым выполнена криобаллонная изоляция устьев ЛВ. Диагноз ФП был верифицирован по наличию клинической симптоматики и документированной ФП при выполнении электрокардиографического (ЭКГ) исследования и/или суточного холтеровского мониторирования. Показания к выполнению КБА ЛВ были определены согласно современным клиническим рекомендациям Минздрава России [4].

Критерии включения в исследование: пациенты старше 18 лет с документированной ФП, отсутствием кардиальной патологии, требующей хирургического лечения, а также с адекватной антикоагулянтной и антиаритмической терапией.

Критерии исключения: наличие явных противопоказаний к выполнению криоаблации (пациенты в остром и подостром периоде инфаркта миокарда, а также с декомпенсированной сердечной недостаточностью, пациенты с декомпенсированными сопутствующими заболеваниями и т. д.), раннее выполненные хирургические вмешательства на сердце, неадекватный прием антикоагулянтной терапии и наличие признаков фрагментированного или флотирующего тромба в левом предсердии (ЛП) [4].

Конечные точки:

– первичные: частота развития инсульта/транзиторной ишемической атаки/острого нарушения мозгового кровообращения у пациентов в течение 24 мес после операции;

– вторичные: частота нелетальных госпитальных осложнений (кровотечение, тампонада, перфорация стенок сердца, повреждение пищевода); развитие рецидива ФП в течение 12 мес после операции; повторная аблация по поводу рецидива ФП у пациентов в течение 24 мес после операции.

Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.28.0.1 (разработчик – IBM Corporation). Собранный материал исследования был подвержен параметрическому и непараметрическому анализу. С помощью описательных статистик количественные данные были проанализированы на соответствие нормального распределения. Были созданы вариационные ряды, которые объединили полученные в результате исследования данные, после чего в них был проведен расчет на среднее ± стандартное отклонение (M ± SD), границ 95% доверительного интервала (ДИ). Распределения, которые отличались от нормального, были описаны с использованием критерия Краскела–Уоллиса для непараметрических выборок, медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3).

Оценка функции выживаемости пациентов проводилась по методу Каплана–Мейера. График оценки функции выживаемости представляет собой убывающую ступенчатую линию, значения функ-

ции выживаемости между точками наблюдений считаются константными. Метод Каплана–Мейера позволяет выполнять анализ цензурированных данных, то есть оценивать выживаемость с учетом того, что пациенты могут выбывать в ходе эксперимента или иметь разные сроки наблюдения.

Анализ выживаемости пациентов проводился по методу регрессии Кокса, подразумевающему прогнозирование риска наступления события для рассматриваемого объекта и оценку влияния заранее определенных независимых переменных (предикторов) на этот риск. Риск рассматривается как функция, зависящая от времени.

Период наблюдения составил 10–24 мес (средний период наблюдения 18,4 ± 1,8 мес). Согласно всем современным рекомендациям, трехмесячный период после выполнения КБА, во время которого не учитывался рецидив аритмии, являлся слепым периодом. Данный промежуток был рекомендован для исключения оценки раннего рецидива аритмий, связанных с возникновением воспалительной реакции и образованием отека миокарда в области выполнения деструкции ткани ЛП.

Рецидив аритмии верифицировался по результатам ЭКГ в 12 отведениях и/или холтеровского мониторирования ЭКГ. Учитывался только первый случай рецидива аритмии в течение периода наблюдения.

Всего в исследование включены 284 пациента, соответствовавших критериям отбора. В зависимости от формы и длительности пароксизмов ФП, документированных по данным ЭКГ и холтеровского мониторирования, пациенты были распределены на две группы. В 1-ю группу были включены 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой ФП, а во 2-ю – 114 (40,2 %) пациентов с персистирующей формой ФП. Статистически значимое различие было выявлено при анализе аритмологического анамнеза ФП: у пациентов с пароксизмальной формой – 12,3 ± 2,2 нед, с персистирующей – 25,7 ± 3,28 нед (p = 0,001). Кроме того, в группе с персистирующей формой ФП отмечается больше пациентов с сопутствующей артериальной гипертензией в процентном соотношении по отношению к группе с пароксизмальной формой ФП – 89 (78,1%) и 118 (69,4%) соответственно (p = 0,050) (табл. 1).

Всем пациентам выполнен стандартный набор клинико-инструментальных исследований, включающий ЭКГ, суточное холтеровское мониторирование, эхокардиографию (ЭхоКГ) и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) ЛП и ЛВ, чреспищеводную ЭхоКГ.

При выполнении ЭхоКГ пациентам проводили визуальную оценку клапанного аппарата сердца, наличия перегородочных дефектов и оценивали сократительную способность левого желудочка (ЛЖ) (конечный систолический размер ЛЖ (КСР), конечный систолический объем (КСО), конечный диастолический размер (КДР), конечный диастолический объем (КДО), фракция выброса (ФВ)), размеры ЛП, а также измерение продольной сократительной способности ЛП (резервуарная фаза сокращения) (peak atrial longitudinal strain, PALS).

Таблица 1

Исходные клинико-анамнестические данные в зависимости от формы ФП

Показатель	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
Клинико-анамнестические данные			
Возраст, лет	61 [51–67]	58 [54–66]	0,101
Мужской пол, n (%)	96 (56,5)	69 (59,3)	0,231
Рост, см	175 [169–178]	176 [172–182]	0,079
Масса тела, кг	88 [78–98]	92 [85–106]	0,144
Индекс массы тела, кг/м^2	30 [27–32]	31 [27–37]	0,480
Аритмологический анамнез заболевания ФП, мес	12,3 ± 2,2	25,7 ± 3,28	0,001*
Наличие сопутствующей патологии			
Сахарный диабет, n (%)	39 (22,9)	27 (23,7)	0,609
Артериальная гипертензия, n (%)	118 (69,4)	89 (78,1)	0,050*
нет	52 (30,6)	25 (21,9)	
1 ст.	41 (24,1)	19 (16,7)	< 0,001*
2 ст.	68 (40,0)	40 (35,1)	
3 ст.	9 (5,3)	30 (26,3)	
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	57 (33,6)	26 (22,8)	0,202
Хроническая болезнь почек, n (%)	9 (5,3)	7 (6,1)	0,202
Хроническая обструктивная болезнь легких, n (%)	0 (0)	1 (1,3)	0,430

Примечание. Результаты представлены в виде n (%), где n – число больных, а также в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей – Me [Q1–Q3].

* – различия статистически достоверны (p < 0,05).

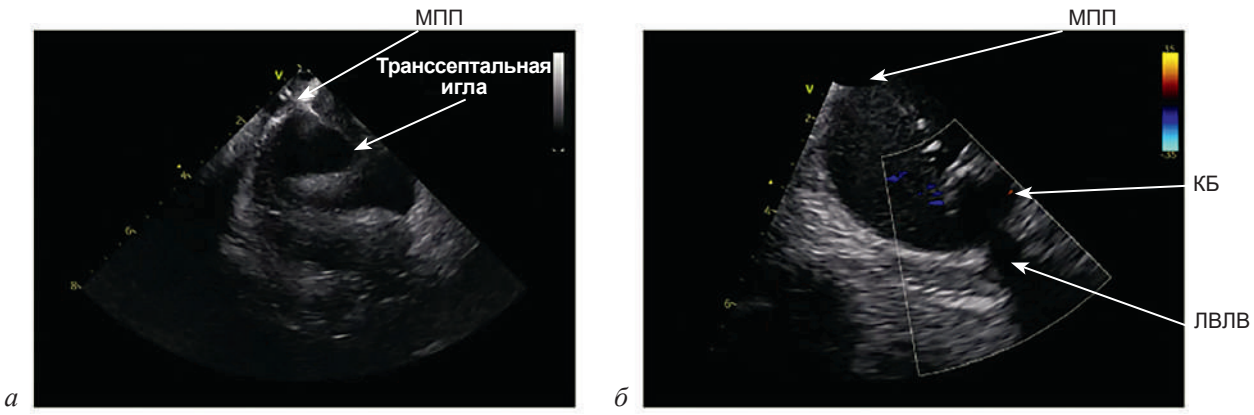


Рис. 1. Пункции межпредсердной перегородки (МПП) и КБА с использованием ВСУЗИ:
а – пункция МПП; *б* – позиционирование криобаллона.
КБ – криобаллон, МПП – межпредсердная перегородка, ЛВЛВ – левая верхняя легочная вена

Мультиспиральную компьютерную томографию ЛП и ЛВ с трехмерной реконструкцией ЛП и ЛВ выполняли всем пациентам до интервенционного вмешательства с целью оценки следующих параметров: размера и объема ЛП с учетом ушка ЛП, индексированного объема ЛП, а также анатомии и размеров ЛВ.

Всем пациентам в течение 24 ч перед выполнением оперативного вмешательства проводили чреспищеводную ЭхоКГ для исключения тромбоза в ЛП и изучения скорости кровотока в ушке ЛП.

При отсутствии противопоказаний всем пациентам выполняли стандартный протокол криобаллонной изоляции устьев ЛВ. Доступ к сердцу осуществляли через левую подключичную, а также правую и левую бедренную вены. Манипуляции в полости сердца выполняли под контролем флюороскопии и с использованием внутрисердечного ультразвукового исследования (ВСУЗИ). С помощью ВСУЗИ был осуществлен доступ в ЛП. Кроме того, во время выполнения КБА использование ВСУЗИ позволяло верифицировать наличие окклюзии легочной вены с помощью доплерографии (рис. 1).

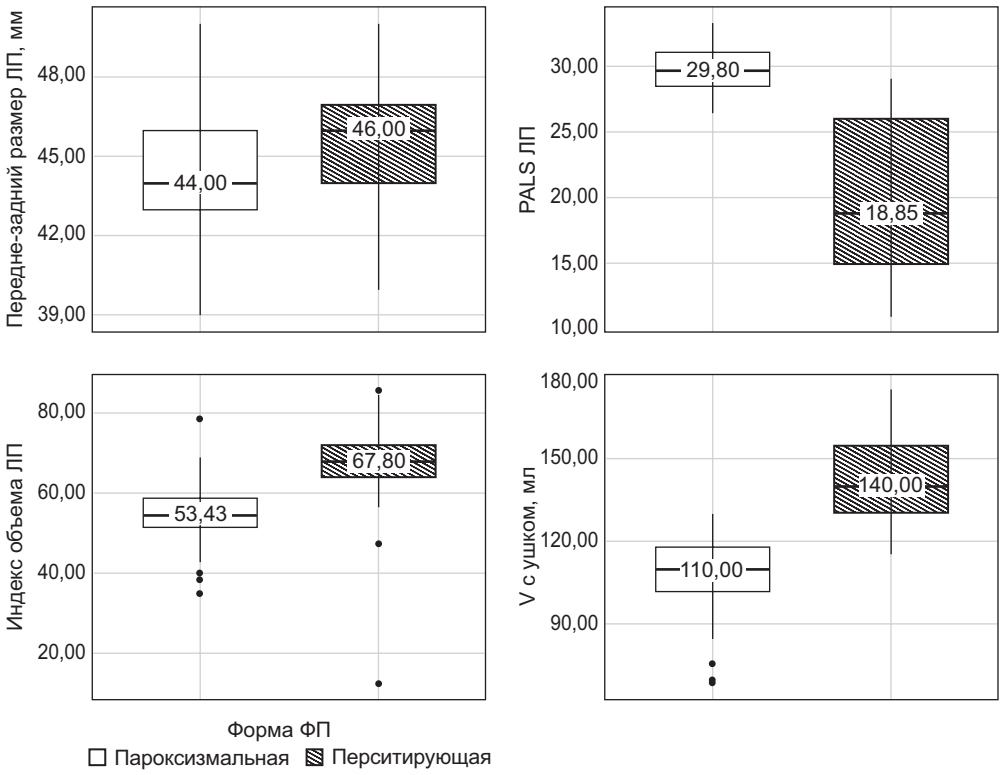


Рис. 2. Столбчатые диаграммы наиболее значимых различий по данным ЭхоКГ и МСКТ

Таблица 2

Клинико-инструментальные данные в зависимости от формы ФП

Показатели	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
	ЭхоКГ		
КДР ЛЖ, мм	48 [46–53]	51 [48–55]	0,013*
КСР ЛЖ, мм	34 [30–36]	34 [31–43]	0,189
КДО ЛЖ, мл	118 [101–130]	126 [110–139]	0,094
КСО ЛЖ, мл	47 [37–54]	49 [41–58]	0,193
ФВ ЛЖ, %	58 [54–61]	60 [57–62]	0,159
УО ЛЖ, мл	67,4 [63,8–75,3]	66,6 [63,0–77,7]	0,643
Передне-задний размер ЛП, мм	44 [43– 46]	46 [44–47]	< 0,001*
PALS ЛП	29,8 [28,6–32,3]	18,85 [14,9–26,12]	< 0,001*
Скорость в ушке ЛП, см/с	33 [28–37]	35 [29–41]	0,375
	МСКТ ЛП и ЛВ		
Краниокаудальный размер ЛП, мм	63 [64–68]	67 [63–73]	< 0,001*
Передне-задний размер ЛП, мм	43 [39–46]	47 [43–50]	< 0,001*
Медиолатеральный размер ЛП, мм	64 [58–69]	70 [64–75]	0,001*
Объем ЛП с учетом ушка, мл	110 [102–118]	140 [130–155]	< 0,001*
Индексированный объем ЛП, мл/м^2	54,3 [51,5–58,7]	67,8 [63,7–72,1]	< 0,001*
Размер сечения ПВЛВ, мм	20 [17–22]	21 [18–23]	0,078
Размер сечения ПНЛВ, мм	18 [16–21]	20 [18–22]	0,068
Размер сечения ЛВЛВ, мм	18 [16–20]	19 [17–21	0,092
Размер сечения ЛНЛВ, мм	17 [16–18]	19 [17–21]	0,253
Наличие вестибюля ЛВ, %	49 (28,8)	37 (32,3)	0,205
Размер вестибюля, мм	27 [24–30]	28 [26–30]	0,815

* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Сравнение инструментальных методов исследования в зависимости от формы ФП

Как отмечено выше, в 1-ю группу вошли 180 пациентов с пароксизмальной формой ФП. Анамнез пароксизмальной формы ФП (время от первого пароксизма до поступления в стационар) в среднем составил 12,3 ± 2,2 мес. Во 2-ю группу были включены 114 пациентов с персистирующей формой ФП. Анамнез персистирующей формы ФП в среднем составил 25,7 ± 3,28 мес (см. табл. 1).

При анализе дооперационных данных по ЭхоКГ было выявлено значимое различие парастернального (передне-заднего) размера ЛП между пациентами с пароксизмальной и персистирующей формами ФП – 44 [43–46] и 46 [44–47] мм соответственно (p < 0,001) (рис. 2, табл. 2).

При измерении PALS ЛП было выявлено статистически значимое различие (p < 0,001). У пациентов с пароксизмальной формой PALS составил 29,8 [28,6–32,3], а с персистирующей – 18,85 [14,9–26,12] (рис. 2, табл. 2).

По данным МСКТ наиболее значимое различие было выявлено при оценке объема ЛП с учетом ушка (110 [102–118] в 1-й группе и 140 [130–155] мл во 2-й группе (< 0,001*)) и индексированного объема ЛП (54,3 [51,5–58,7] у пациентов с пароксизмальной формой ФП и 67,8 [63,7–72,1] мл/м^2

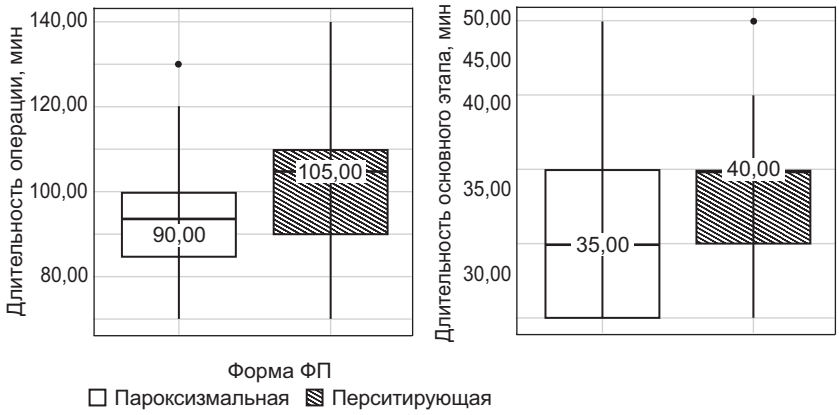


Рис. 3. Сравнение показателей средней продолжительности операции и основного (левопредсердного) этапа

Таблица 3

Показатели во время КБА

Показатели	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
Интраоперационные данные при КБА			
Длительность операции, мин	90 [85–100]	105 [90–110]	< 0,001*
Длительность основного этапа, мин	35 [30–40]	40 [35–40]	< 0,001*
Изоляция всех вен у пациентов, n (%)	153 (90)	100 (87,7)	0,262
Отсутствовала изоляция, n (%)	17 (10)	18 (15,8)	0,265
ПВЛВ	0	2 (10)	0,205
ПНЛВ	14 (82,3)	16 (80)	
ЛВЛВ	0	0	
ЛНЛВ	3 (17,7)	2 (10)	
ЛВЛВ			
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
Достижение блокады входа–выхода (t 30°), с	33 [31–43]	35 [32–42]	0,494
Минимальная температура	–38 [(–44) – (–35)]	–44 [(–46) – (–38)]	0,173
Время пликации, с	220 [200–230]	240 [240–240]	0,421
ЛНЛВ			
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 112)	
Достижение блокады входа–выхода (t 30°), с	33 [33–40]	34 [32–43]	0,777
Минимальная температура	–39 [(–44) – (–37)]	–40 [(–46) – (–36)]	0,180
Время пликации, с	240 [240–240]	240 [240–240]	0,799
ПВЛВ			
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 112)	
Достижение блокады входа–выхода (t 30°), с	32 [28–37]	36 [31–36]	0,125
Минимальная температура	–39 [(–55) – (–34)]	–51 [(–54) – (–41)]	0,079
Время пликации, с	210 [180–240]	200 [180–240]	0,110
ПНЛВ			
	пароксизмальная (n = 156)	персистирующая (n = 98)	
Достижение блокады входа–выхода (t 30°), с	31 [27–37]	33 [29–38]	0,123
Минимальная температура	–42 [(–54) – (–35)]	–43 [(–55) – (–40)]	0,074
Время пликации, с	215 [185–220]	200 [180–240]	0,210

* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

у пациентов с персистирующей формой (< 0,001*)) (см. рис. 2, табл. 2).

Анализ результатов КБА устьев ЛВ

Как отмечалось выше, 284 пациентам (из них 165 мужского и 119 женского пола) была выполнена криобаллонная изоляция (КБИ) устьев ЛВ. Пациенты были распределены на две группы: 1-я группа – 170 (57%) пациентов с пароксизмальной формой ФП, 2-я – 110 (43%) пациентов с персистирующей формой ФП. Во время выполнения КБИ устьев ЛВ было изолировано 1101 (96,9%) из 1136 ЛВ, при этом в 14 (2,8%) ЛВ не удалось позиционировать криобаллон, что, в свою очередь, было связанно с анатомическими особенностями расположения ЛВ в ЛП.

При анализе данных, полученных при выполнении КБИ устьев ЛВ, были установлены достоверные различия у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП между следующими показателями: средней длительностью операции – 90 [85–100] и 105 [90–110] мин (p = 0,001), а также средней длительностью основного этапа операции (левопредсердный этап) – 35 [30–40] и 40 [35–40] мин (p = 0,001 соответственно) (рис. 3, табл. 3). На наш взгляд, увеличение левопредсердного этапа во 2-й группе пациентов было связано с несколькими факторами:

– большой объем ЛП;

– в связи с увеличением объема ЛП изменение геометрии впадения ЛВ и, соответственно, приходилось дополнительно воздействовать для достижения изоляции ЛВ;

– в большинстве случаев требовалось выполнение медикаментозной и электрической кардиоверсии, с последующей оценкой блокады входа–выхода электрического импульса между предсердием и легочной веной.

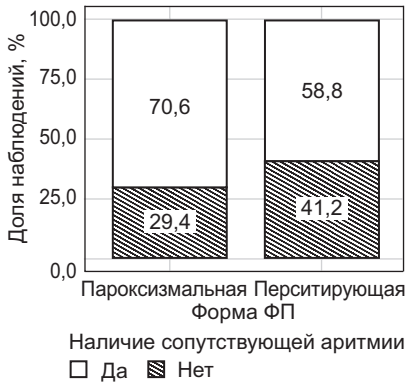


Рис. 4. Наличие сопутствующей аритмии во время выполнения КБА устьев ЛВ

Таблица 4

Сопутствующие аритмии во время КБИ устьев ЛВ

Показатели	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
Интраоперационные данные при КБА			
Наличие сопутствующей аритмии, n (%)	50 (29,4)	47 (41,2)	0,020*
Вид сопутствующей аритмии			
ТП, n (%)	25 (50,0)	22 (46,8)	
ЛПТ, n (%)	17 (34,0)	15 (31,9)	0,800
СБ, n (%)	8 (16,0)	10 (21,3)	

* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Проведен анализ сопутствующей аритмии у пациентов во время проведения КБИ устьев ЛВ: в 1-й группе – у 50 (29,4%) пациентов, во 2-й группе – у 47 (41,2%) (p = 0,020) (рис. 4, табл. 4).

В группе пациентов с пароксизмальной формой ФП отмечалось следующее распределение аритмий: типичное истмус-зависимое ТП – у 25 (50%) пациентов, атипичное левопредсердное трепетание предсердий (ЛПТ) – у 17 (34%), синусовая брадикардия (СБ) – у 8 (16%). В группе пациентов с персистирующей формой ФП: ТП – у 22 (46,8 %) пациентов, ЛПТ – у 15 (31,9%), СБ – у 10 (21,3%).

Обсуждение

Целью первой части данной работы была оценка наличия анатомо-функционального и интраоперационного различий у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП при выполнении КБИ устьев ЛВ [5].

В проведенном анализе было выявлено наличие механического (функционального) и анатомического ремоделирования. Ремоделирование предсердий считается ключевым фактором возникновения и развития ФП, поэтому в данном исследовании мы стремились оценить анатомо-функциональное изменение предсердий у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП [6–8].

Из-за постоянной персистенции аритмии происходит дилатация предсердий, в частности ЛП. Стоит отметить, что у пациентов пожилого возраста при развитии длительно персистирующей формы ФП происходит увеличение количества фиброзно-измененного миокарда, что, в свою очередь, приводит к истончению миокарда и усилению дилатации ЛП. Кроме того, происходит снижение сократительной способности ЛП, о чем свидетельствует значимое различие значения PALS. Пиковая продольная деформация (PALS) ЛП является важным диагностическим критерием, позволяющим предсказывать рецидив аритмии у пациентов с различными формами ФП [9–12].

В проспективном рандомизированном исследовании группой ученых под руководством T.A. Aksnes был проведен анализ пациентов с сахарным диабетом и сопутствующей ФП. Средний период наблюдения составил 9,5 ± 4,6 мес. При проведенном анализе полученных данных наличие сопутствующей ФП было ассоциировано с 61% увеличением общей смертности, 77% увеличением смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и 68% увеличением сердечной недостаточности [13].

В связи с увеличением объема ЛП происходит и изменение геометрии впадения ЛВ. Кроме того, в большинстве случаев требовалось выполнение медикаментозной и электрической кардиоверсии с последующей оценкой блокады входа–выхода электрического импульса между предсердием и легочной веной. Это в совокупности приводит к более сложному позиционированию криобаллона во время выполнения криоаблации и, соответственно, увеличению времени оперативного вмешательства, что было продемонстрировано при анализе интраоперационных данных в нашем исследовании.

G. Ciconte et al. в 2015 г. опубликовали исследование, где основной целью был оценка эффективности КБА при выполнении 3-минутной пликации в каждой легочной вене. В исследование были включены 143 пациента. Однако при анализе полученных данных было установлено, что критерием эффективности при выполнении КБА является достижение блокады проведения импульса из легочной вены в ЛП и обратно, то есть достижение блокады входа–выхода с помощью циркулярного диагностического электрода. Эффективная изоляция наблюдалась в 94,1% случаев [14]. В 2016 г.

данная группа авторов продолжила исследование по оценке эффективности КБА. Они провели сравнение эффективности выполнения криоаблации в группе с выполнением 3-минутной пликации в каждой легочной вене с группой, где выполнялись дополнительные 3-минутные пликации. В исследование были включены 160 пациентов с пароксизмальной формой ФП, которые были разделены на 2 группы по 80 пациентов. При 2-летнем периоде наблюдения в обеих группах отмечалась одинаковая эффективность: свобода от ФП в 1-й группе составила 78%, а во 2-й – 80%. Данное исследование продемонстрировало, что достаточно выполнить по одному «качественному» воздействию в каждой легочной вене с достижением критериев блокады входа–выхода, чтобы увеличить эффективность при выполнении КБА [15].

Стоит отметить, что совокупность таких факторов, как увеличение размеров ЛП, снижение его сократительной способности, постоянная персистенция аритмии приводит к анатомическому и механическому ремоделированию ЛП. Длительные пароксизмы ФП приводят к истощению Na/K-насоса, что, в свою очередь, ведет к истончению мембраны кардиомиоцитов. Все это приводит к укорочению эффективного рефрактерного периода ЛП и в дальнейшем вносит дополнительный вклад в развитие электрического ремоделирования ЛП, что, в свою очередь, приводит к частым рецидивам, а также поддерживанию пароксизмов ФП.

Заключение

Проведение данного исследования позволяет проанализировать механизм развития более стойких форм ФП. В частности на развитие более стойкой персистенции влияют увеличение объема (анатомическое ремоделирование), снижение сократительной способности (механическое ремоделирование) и увеличение фиброзно-измененного миокарда предсердий (электрическое ремоделирование).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Su W.W., Reddy V.Y., Bhasin K., Champagne J., Sangrigoli R.M., Braegelmann K.M. et al. Cryoballoon ablation of pulmonary veins for persistent atrial fibrillation: results from the multicenter STOP persistent AF trial. *Heart Rhythm*. 2020; 17 (11): 1841–1847. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.06.020
2. Peng X., Liu X., Tian H., Chen Y., Li X. Effects of hot balloon vs. cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Front. Cardiovasc. Med*. 2021; 8: 787270. DOI: 10.3389/fcvm.2021.787270
3. Голухова Е.З., Милиевская Е.Б., Филатов А.Г., Семенов В.Ю., Прянишников В.В. Аритмология – 2021. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.; 2022.
   Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G., Semenov V.Yu., Pryanishnikov V.V. Arrhythmology – 2021. Heart rhythm and conduction disorders. Moscow; 2022 (in Russ.).
4. Фибрилляция и трепетание предсердий у взрослых. Клинические рекомендации (10.06.2021). М.: Минздрав России; 2021.
   Atrial fibrillation and flutter in adults. Clinical recommendations (10.06.2021). Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2021 (in Russ.).
5. Chun K.R.J., Okumura K., Scazzuso F., Keun On Y., Kueffer F.J., Braegelmann K.M. Safety and efficacy of cryoballoon ablation for the treatment of paroxysmal and persistent AF in a real-world global setting: results from the Cryo AF Global Registry. *J. Arrhythm*. 2021; 37 (2): 356–367. DOI: 10.1002/joa3.12504
6. Tondo C., Iacopino S., Pieragnoli P., Molon G., Verlato R., Curnis A. et al. Pulmonary vein isolation cryoablation for patients with persistent and long-standing persistent atrial fibrillation: clinical outcomes from the real-world multicenter observational project. *Heart Rhythm*. 2018; 15 (3): 363–368. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.10.038
7. Park J.H., Hwang I.C., Park J.J., Park J.B., Cho G.Y. Prognostic power of left atrial strain in patients with acute heart failure. *Eur. Heart J. Cardiovasc*. Imaging. 2021; 22 (2): 210–219. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa013
8. Jia F., Chen A., Zhang D., Fang L., Chen W. Prognostic value of left atrial strain in heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022; 9: 935103. DOI: 10.3389/fcvm.2022.935103
9. Романчук Д.В., Хоцанян Ч.В., Аракелян М.Г. Факторы риска рецидива фибрилляции предсердий после выполнения катетерной аблации. *Креативная кардиология*. 2023; 17 (1): 50–64. DOI 10.24022/1997-3187-2023-17-1-50-64
   Romanchuk D.V., Khotsanyan C.V., Arakelyan M.G. Risk factors of recurrent atrial fibrillation after catheter ablation. *Creative Cardiology*. 2023; 17 (1): 50–64 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2023-17-1-50-64
10. Boveda S., Metzner A., Nguyen D.Q., Chun K.R.J., Goehl K., Noelker G. et al. Single-procedure outcomes and quality-of-life improvement 12 months post-cryoballoon ablation in persistent atrial fibrillation: results from the multicenter CRYO4PERSISTENT AF trial. *JACC Clin. Electrophysiol.* 2018; 4 (11): 1440–1447. DOI: 10.1016/j.jacep.2018.07.007
11. Степанова Н.М., Сергуладзе С.Ю., Сопов О.В., Александрова С.А., Кваша Б.И. Интервенционное лечение фибрилляции предсердий у возрастной пациентки с выраженным фиброзом левого предсердия. *Креативная кардиология*. 2022; 16 (4): 533–540. DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-4-533-540
    Stepanova N.M., Serguladze S.Yu., Sopov O.V., Aleksandrova S.A., Kvasha B.I. Intervention strategy in elderly patient with atrial fibrillation and severe left atrial fibrosis. *Creative Cardiology*. 2022; 16 (4): 533–540 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-4-533-540
12. Быстров Д.О., Комаров Р.Н., Шонбин А.Н., Афонин Б.О., Сорокин Р.О., Мацуганов Д.А., Сорванова И.С. Непосредственные результаты торакоскопической радиочастотной аблации левого предсердия у больных с фибрилляцией предсердий: опыт одного центра. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2024; 66 (3): 340–347. DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347
    Bystrov D.O., Komarov R.N., Shonbin A.N., Afonin B.O., Sorokin R.O., Matsuganov D.A., Sorvanova I.S. Immediate results of thoracoscopic radiofrequency ablation of the left atrium in patients with atrial fibrillation: the experience of one center. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2024; 66 (3): 340–347 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347
13. Aksnes T.A., Schmieder R.E., Kjeldsen S.E., Ghani S., Hua T.A., Julius S. Impact of new-onset diabetes mellitus on development of atrial fibrillation and heart failure in high-risk hypertension (from the VALUE Trial). *Am. J. Cardiol*. 2008; 101 (5): 634–638. DOI: 10.1016/j.amjcard.2007.10.025
14. Ciconte G., de Asmundis C., Sieira J., Conte G., Di Giovanni G., Mugnai G. et al. Single 3-minute freeze for second-generation cryoballoon ablation: one-year follow-up after pulmonary vein isolation. *Heart Rhythm*. 2015; 12 (4): 673–680. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.12.026
15. Ciconte G., Sieira-Moret J., Hacioglu E., Mugnai G., Di Giovanni G., Velagic V. et al. Single 3-minute versus double 4-minute freeze strategy for second-generation cryoballoon ablation: a single-center experience. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2016; 27 (7): 796–803. DOI: 10.1111/jce.12986

Поступила 29.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

УДК 616.12-008.313.2-089
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.4

ПРОСПЕКТИВНОЕ РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КРИОБАЛЛОННОЙ ИЗОЛЯЦИИ УСТЬЕВ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН У ПАЦИЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ И КОМОРБИДНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ. ЧАСТЬ 2

Тип статьи: оригинальная статья

Р.З. Шалов, А.Г. Филатов, Г.А. Аванесян

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Шалов Руслан Замирович, канд. мед. наук, мл. науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-4403-2536
Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Аванесян Грайр Араратович, канд. мед. наук, науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Цель *– оценить эффективность, а также выявить предикторы рецидива после выполнения криобаллоной изоляции устьев легочных вен (ЛВ) левого предсердия (ЛП) у пациентов с различными формами фибрилляции предсердий (ФП) и коморбидной патологией.*

Материал и методы. *В период с 2021 по 2024 г. в одноцентровое проспективное контролируемое исследование были включены 284 пациента с различными формами ФП, которым выполнена криобаллонная изоляция устьев ЛВ. Средний период наблюдения 18,4 ± 1,8 мес. В зависимости от формы и длительности пароксизмов ФП, документированных по данным электрокардиограммы и холтеровского мониторирования, пациенты были распределены на две группы: 1-я – 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой, 2-я – 114 (40,2 %) пациентов с персистирующей формой ФП.*

Результаты. *У 114 (40,1%) пациентов был документирован рецидив аритмии в период наблюдения 10–24 мес (средний период наблюдения 18,4 ± 1,8 мес). Был проведен анализ группы рецидива в зависимости от формы ФП. Выявлено, что у пациентов с персистирующей формой частота рецидива выше, чем у пациентов с пароксизмальной формой ФП: 70 (61,4%) из 114 и 44 (38,6%) из 170 пациентов соответственно. Шансы рецидива в группе с персистирующей формой были выше в 4,556 раза по сравнению с группой с пароксизмальной формой ФП, различия шансов были статистически значимыми (отношение шансов 1,594, 95% доверительный интервал (ДИ) 2,736–7,586) ($p < 0,001$).*

Кроме того, были выявлены критерии, влияющие на развитие и увеличивающие риск рецидива аритмии: сахарный диабет (СД) увеличивал риск рецидива в 3,871 раза, по сравнению с группой без СД, различия шансов были статистически значимыми (95% ДИ 2,167–6,915); артериальная гипертензия (АГ) увеличивала риск рецидива в 4,691 раза (95% ДИ 2,435–9,036); сопутствующая аритмия – в 2,658 раза (95% ДИ 1,605–4,403).

При анализе данных по результатам эхокардиографии основные различия в группе рецидива и без него были представлены в значениях передне-заднего размера ЛП – 44 [43–46] и 45 [44–46] мм и PALS – 18,85 [14,90–28,05] и 29,6 [27,90–31,18] ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно).

Учитывая полученное независимое влияние формы ФП на риск рецидива ФП, был проведен анализ выживаемости по методу Каплана–Мейера. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции в группе пациентов с пароксизмальной формой составила 77,3%, в группе с персистирующей формой ФП – 38,2%.

Был проведен анализ влияния коморбидного фактора на риск развития рецидива ФП. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила: у пациентов без СД – 67,3%, с СД – 38,0%; у пациентов без АГ – 83,7%, с АГ – 52,6%.

Заключение. *Выполняя криобаллонную аблацию, стоит учитывать множество факторов, которые могут влиять на риск развития рецидива аритмии. Пациент с ФП требует комплексного персонализированного подхода в определении тактики лечения.*

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, лечение, криобаллонная аблация, криоизоляция устьев легочных вен, внутрисердечное ультразвуковое исследование

A PROSPECTIVE RANDOMIZED CONTROLLED STUDY TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF CRYOBALLOON ISOLATION OF PULMONARY VEIN ORIFICES IN PATIENTS WITH VARIOUS FORMS OF ATRIAL FIBRILLATION AND COMORBID PATHOLOGY. PART 2

R.Z. Shalov, A.G. Filatov, G.A. Avanesyan

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Ruslan Z. Shalov, Cand. Med. Sci., Junior Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-4403-2536
Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Professor, Head of the Department; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Grayr A. Avanesyan, Cand. Med. Sci., Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Objective. *To evaluate the efficacy and identify predictors of recurrence after cryoballoon isolation of the pulmonary vein (PV) orifices of the left atrium in patients with various forms of atrial fibrillation (AF) and comorbid pathology.*

Material and methods*. In the period from 2021 to 2024, a single-center prospective controlled study included 284 patients with various forms of AF who underwent cryoballoon isolation of the pulmonary vein orifices. The average follow-up period was 18.4 ± 1.8 months. Depending on the form and duration of AF paroxysms, documented by electrocardiogram and Holter monitoring, the patients were divided into two groups. Group 1 included 170 (59.8%) patients with paroxysmal AF, and group 2 included 114 (40.2%) patients with persistent AF.*

Results. *A recurrence of arrhythmia was documented in 114 (40,1%) patients during the observation period. We analyzed the recurrence group depending on the form of AF, it was found that in patients with the persistent form, the recurrence rate was higher than in patients with the paroxysmal form of AF: 70 (61.4%) of 114 and 44 (38.6%) of 170 patients, respectively. The odds of recurrence in the group with the persistent form were 4.556 times higher than in the paroxysmal group, the differences in odds were statistically significant (odds ratio 1.594, 95% confidence interval (CI) 2.736–7.586) (p < 0.001). In addition, we identified criteria that influence the development and increase the risk of recurrence of arrhythmia: the presence of diabetes mellitus increased the risk of recurrence by 3.871 times, compared with the group without diabetes, the differences in odds were statistically significant (95% CI 2.167–6.915); the presence of arterial hypertension increased the risk of recurrence by 4.691 times (95% CI 2.435–9.036); the presence of concomitant arrhythmia increased the risk of recurrence by 2.658 times, (95% CI 1.605–4.403).*

When analyzing the data based on the echocardiography results, the main differences in the recurrence group and those without it were presented in the value of the anteroposterior diameter of the left atrium 44 [43–46] and 45 [44–46] mm and PALS 18.85 [14.90–28.05] and 29.6 [27.90–31.18] (p < 0.001 and p < 0.001, respectively)

Taking into account the obtained independent effect of the AF form on the risk of AF recurrence, we performed a survival analysis using the Kaplan–Meier method. Freedom from AF recurrence after cryoballoon isolation of PVs during the observation period after cryoballoon isolation of PVs was 77.3% for the group of patients with the paroxysmal form and 38.2% for the persistent form.

We analyzed the effect of the comorbid factor on the risk of AF recurrence. Freedom from AF recurrence after cryoballoon isolation of PVs during the observation period after cryoballoon isolation of PVs was 67.3% for the group of patients without diabetes and 38.0% for those with diabetes. Freedom from AF recurrence after cryoballoon isolation of PVs during the observation period after cryoballoon isolation of PVs was 83.7% for the group of patients without hypertension and 52.6% for those with hypertension.

Conclusion. *When performing cryoballoon ablation, it is worth considering many factors that can affect the risk of arrhythmia recurrence. A patient with AF requires a comprehensive approach to treatment tactics.*

Keywords: atrial fibrillation, treatment, cryoballoon ablation, cryoisolation of pulmonary vein orifices, intracardiac ultrasound

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – самое распространенное нарушение ритма сердца у взрослого населения и, по предварительным данным, частота встречаемости достигает 2% от общей популяции. Прогрессирование ФП зачастую ассоциируется с развитием тяжелых осложнений, таких как ишемический инсульт, однако, по имеющимся данным, частота развития тромбоэмболических осложнений прямо коррелирует с развитием сердечной недостаточности [1, 2].

На течение ФП влияет наличие сопутствующих заболеваний, таких как сахарный диабет, ожирение, артериальная гипертензия, хроническая сердечная недостаточность. Кроме этого, коморбидность таких состояний дополняется влиянием

возраста, наличием вредных привычек (употребление алкоголя, курение и т. д.), влиянием продуктов питания (кофе, энергетические напитки и т. д.). С этой точки зрения пациента с ФП следует рассматривать не только по форме аритмии, но и учитывать наличие сопутствующих факторов, оказывающих негативное влияние на прогрессирование аритмии, а также на исход медикаментозной терапии и интервенционного и/или хирургического лечения [3, 4].

Как было продемонстрировано в первой части нашего исследования, в проведенном анализе было выявлено наличие механического (функционального) и анатомического ремоделирования. Ремоделирование предсердий считается ключевым фактором возникновения и развития ФП, поэтому в данном исследовании мы стремились оценить анатомо-функциональное изменение предсердий у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП.

Из-за постоянной персистенции аритмии происходит дилатация предсердий, в частности левого предсердия (ЛП). Стоит отметить, что у пациентов пожилого возраста при развитии длительно персистирующей формы, происходит увеличение количества фиброзно-измененного миокарда, что, в свою очередь, истончает стенку миокарда и усиливает дилатацию ЛП. Помимо этого, происходит снижение сократительной способности ЛП, о чем свидетельствует значимое различие в значении пиковой продольной деформации (peak atrial longitudinal strain, PALS) ЛП. PALS ЛП – важный диагностический критерий, позволяющий предсказывать рецидив аритмии у пациентов с различными формами ФП [5–7].

Цель второй части исследования – оценка эффективности выполнения криобаллоной изоляции устьев легочных вен (ЛВ) у пациентов с различными формами ФП и коморбидной патологией, а также выявление факторов, влияющих на развитие рецидива в послеоперационном периоде.

Данное исследование выполнено в рамках реализации поисково-научно-исследовательской работы № 122041100167-1, УДК 616-089; 617.5 на тему: «Изучение эффективности и безопасности интервенционного лечения фибрилляции предсердий у пациентов с различной коморбидной патологией».

Материал и методы

В период с 2021 по 2024 г. в одноцентровое проспективное контролируемое исследование были включены 284 пациента с различными формами ФП, которым выполнена криобаллонная изоляция устьев ЛВ. Диагноз ФП выставляли по наличию клинической симптоматики и документированной ФП при выполнении электрокардиографического (ЭКГ) исследования и/или суточного холтеровского мониторирования. Показание к выполнению криобаллонной аблации устьев ЛВ ЛП были определены согласно современным клиническим рекомендациям Минздрава России [1].

Критерии включения в исследование: пациенты старше 18 лет с документированной ФП, отсутствием кардиальной патологии, требующей хирургического лечения, а также с адекватной антикоагулянтной и антиаритмической терапией.

Критерии исключения из исследования: наличие явных противопоказаний к выполнению криоаблации (пациенты в остром и подостром периоде инфаркта миокарда, а также с декомпенсированной сердечной недостаточностью, пациенты с декомпенсированными сопутствующими заболеваниями и т. д.); раннее выполненные хирургические вмешательства на сердце; неадекватный прием антикоагулянтной терапии и наличие признаков фрагментированного или флотирующего тромба в ЛП.

Конечные точки:

– первичные: частота развития инсульта/транзиторной ишемической атаки/острого нарушения мозгового кровообращения у пациентов в течение 24 мес после операции;
– вторичные: частота нелетальных госпитальных осложнений (кровотечение, тампонада, перфорация стенок сердца, повреждение пищевода); развитие рецидива ФП в течение 12 мес после операции; повторная аблация по поводу рецидива ФП у пациентов в течение 24 мес после операции.

Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.28.0.1 (разработчик – IBM Corporation). Собранный материал исследования был подвержен параметрическому и непараметрическому анализу. С помощью описательных статистик количественные данные были проанализированы на соответствие нормального распределения. Были созданы вариационные ряды, которые объединили полученные в результате исследования данные, после чего в них был проведен расчет на среднее ± стандартное отклонение (M ± SD), границ 95% доверительного интервала (ДИ). Распределения, которые отличались от нормального, были описа-

ны с использованием критерия Краскела–Уоллиса для непараметрических выборок и с использованием медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3).

Оценку функции выживаемости пациентов проводили по методу Каплана–Мейера. График оценки функции выживаемости представляет собой убывающую ступенчатую линию, значения функции выживаемости между точками наблюдений считаются константными. Метод Каплана–Мейера позволяет выполнять анализ цензурированных данных, то есть оценивать выживаемость с учетом того, что пациенты могут выбывать в ходе эксперимента или иметь разные сроки наблюдения.

Анализ выживаемости пациентов проводили по методу регрессии Кокса, подразумевающему прогнозирование риска наступления события для рассматриваемого объекта и оценку влияния заранее определенных независимых переменных (предикторов) на этот риск. Риск рассматривается как функция, зависящая от времени.

Период наблюдения составил 10–24 мес (средний период наблюдения – 18,4 ± 1,8 мес). Согласно всем современным рекомендациям, трехмесячный период после выполнения криобаллонной аблации, во время которого не учитывался рецидив аритмии, являлся слепым периодом. Данный промежуток был рекомендован для исключения оценки раннего рецидива аритмий, связанных с возникновением воспалительной реакции и образованием отека миокарда в области выполнения деструкции ткани ЛП.

Рецидив аритмии верифицировался по результатам ЭКГ в 12 отведениях и/или холтеровского мониторирования ЭКГ. Учитывался только первый случай рецидива аритмии в течение периода наблюдения.

Всего в исследование включены 284 больных, соответствовавших критериям отбора. В зависимости от формы и длительности пароксизмов ФП, документированных по данным ЭКГ и холтеровского мониторирования, пациенты были распределены на две группы: 1-я группа – 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой ФП, 2-я – 114 (40,2 %) пациентов с персистирующей формой ФП. Статистически значимое различие было выявлено при анализе аритмологического анамнеза ФП: у пациентов с пароксизмальной формой ФП – 12,3 ± 2,2 нед, с персистирующей формой – 25,7 ± 3,28 нед (p = 0,001). Кроме того, в группе с персистирующей формой ФП отмечалось больше пациентов с сопутствующей артериальной гипертензией (АГ) в процентном соотношении по отношению к группе пациентов с пароксизмальной формой ФП – 89 (78,1%) и 118 (69,4%) соответственно (p = 0,050) (табл. 1).

Таблица 1

Исходные клинико-анамнестические данные в зависимости от формы ФП

Показатель	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n = 170)	персистирующая (n = 114)	
Клинико-анамнестические данные			
Возраст, лет	61 [51–67]	58 [54–66]	0,101
Мужской пол, n (%)	96 (56,5)	69 (59,3)	0,231
Рост, см	175 [169–178]	176 [172–182]	0,079
Масса тела, кг	88 [78–98]	92 [85–106]	0,144
Индекс массы тела, кг/м^2	30 [27–32]	31 [27–37]	0,480
Аритмологический анамнез заболевания ФП, мес	12,3 ± 2,2	25,7 ± 3,28	0,001*
Наличие сопутствующей патологии			
Сахарный диабет, n (%)	39 (22,9)	27 (23,7)	0,609
Артериальная гипертензия, n (%)	118 (69,4)	89 (78,1)	0,050*
Нет	52 (30,6)	25 (21,9)	
1 ст.	41 (24,1)	19 (16,7)	< 0,001*
2 ст.	68 (40,0)	40 (35,1)	
3 ст.	9 (5,3)	30 (26,3)	
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	57 (33,6)	26 (22,8)	0,202
Хроническая болезнь почек, n (%)	9 (5,3)	7 (6,1)	0,202
Хроническая обструктивная болезнь легких, n (%)	0 (0)	1 (1,3)	0,430

Примечание. Результаты представлены в виде n (%), где n – число больных, а также в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей – Me [Q1–Q3].

* – различия статистически достоверны (p < 0,05).

Анализ инструментальных данных в группе с наличием и/или отсутствием рецидива аритмии

У 114 (40,1%) пациентов был документирован рецидив аритмии в период наблюдения 10–24 мес (средний период наблюдения 18,4 ± 1,8 мес). Был проведен анализ группы рецидива в зависимости от формы ФП. Выявлено, что у пациентов с персистирующей формой частота рецидива выше, чем у пациентов с пароксизмальной формой ФП: 70 (61,4%) из 114 и 44 (38,6%) из 170 пациентов соответственно. Шансы рецидива в группе с персистирующей формой ФП были выше в 4,556 раза по сравнению с группой пациентов с пароксизмальной формой ФП. Различия шансов были статистически значимыми (отношение шансов (ОШ) 1,594, 95% ДИ 2,736–7,586) ($p < 0,001$) (табл. 2, рис. 1).

Кроме того, были выявлены критерии, влияющие на развитие и увеличивающие риск рецидива аритмии (см. табл. 2, рис. 1):

– сахарный диабет (СД) увеличивал риск рецидива в 3,871 раза, по сравнению с группой с отсутствием СД, различия шансов были статистически значимыми (95% ДИ 2,167–6,915).
– АГ увеличивала риск рецидива в 4,691 раза (95% ДИ 2,435–9,036).
– сопутствующая аритмия увеличивала риск рецидива в 2,658 раза (95% ДИ 1,605–4,403).

При анализе данных по результатам эхокардиографии (ЭхоКГ) основные различия в группе рецидива и без него представлены в значении передне-заднего размера ЛП – 44 [43–46] и 45 [44–46] мм и PALS – 18,85 [14,90–28,05] и 29,6 [27,90–31,18] ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно) (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2

Медианы инструментальных данных в группе с наличием и отсутствием рецидива

Показатель	ФП		p
	наличие рецидива (n = 114)	отсутствие рецидива (n = 170)	
Мужской пол, n (%)	64 (56,1)	111 (65,3)	0,120
Возраст, лет	59 [55–62]	60 [53–65]	0,395
Рост, см	172 [168–175]	175 [172–177]	0,141
Масса тела, кг	90 [80–98]	90 [84–106]	0,058
Индекс массы тела, кг/м^2	30,84 [27,13–36,62]	30,27 [27,13–32,87]	0,073
Форма ФП			
Пароксизмальная, n (%)	44 (38,6)	126 (74,1)	< 0,001*
Персистирующая, n (%)	70 (61,4)	44 (25,9)	
Сопутствующие заболевания			
Сахарный диабет, n (%)	43 (37,7)	23 (13,5)	< 0,001*
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	35 (30,7)	48 (28,2)	0,654
Артериальная гипертензия, n (%)	101 (88,6)	106 (62,4)	< 0,001*
ЭхоКГ			
Передне-задний размер ЛП, мм	44 [43–46]	45 [44–46]	0,004*
PALS ЛП	18,85 [14,90–28,05]	29,6 [27,90–31,18]	< 0,001*
Скорость кровотока в ушке ЛП, см/с	34 [29–40]	36 [30–40]	0,101
МСКТ ЛП И ЛВ			
Размеры, мм			
передне-задний	45 [39–47]	41 [41–50]	0,056
медиолатеральный	66 [58–73]	65 [61–70]	0,276
краниокаудальный	65 [60–69]	65 [63–69]	0,681
Объем ЛП с ушком	132 [120–155]	114 [102–120]	< 0,001*
Индексированный объем ЛП, мл/м^2	64,78 [61,44–72,06]	56,20 [53,12–61,81]	< 0,001*
Размер сечения ЛВ, мм			
правая верхняя	20 [18–22]	20 [17–22]	0,661
правая нижняя	18 [17–20]	20 [17–21]	0,171
левая верхняя	18 [17–20]	18 [16–20]	0,420
левая нижняя	16 [15–18]	17 [17–20]	0,404
Наличие вестибюля слева, n (%)	35 (30,7)	55 (32,4)	0,769
Сопутствующая аритмия, n (%)	54 (47,4)	43 (25,3)	< 0,001*

Примечание. Результаты представлены в виде n (%), где n – число больных, а также в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей – Me [Q1–Q3].

* – различия статистически достоверны ($p < 0,05$).

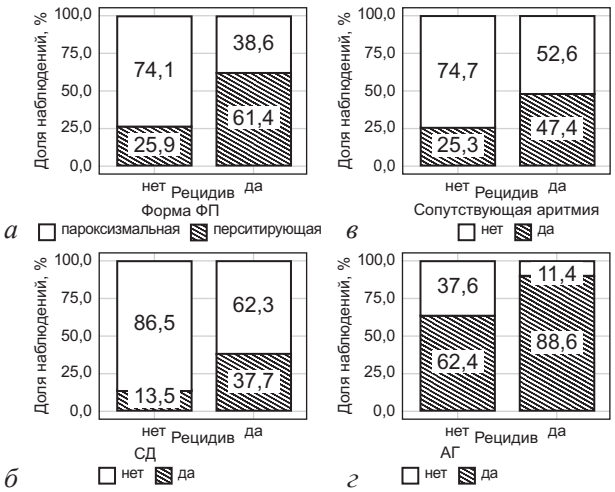


Рис. 1. Сравнение групп в зависимости от наличия или отсутствия рецидива аритмии и сопуствующей патологии:

а – формы ФП, *б* – СД; *в* – аритмии; г – АГ

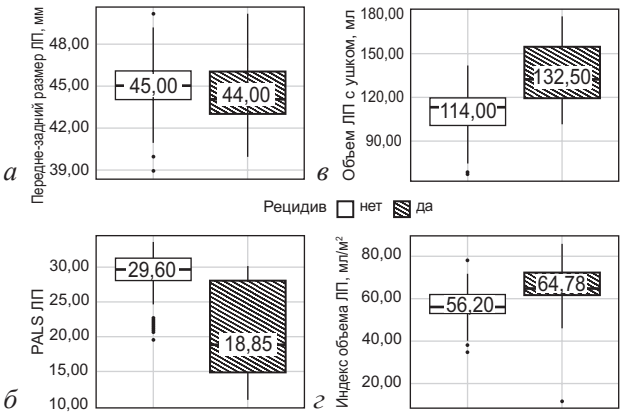


Рис. 2. Сравнение групп в зависимости от наличия или отсутствия рецидива аритмии при выполнении инструментальных методов исследования:

а – передне-заднего размера по данным ЭхоКГ; *б* – динамики пиковой продольной деформации, *в* – объема ЛП с ушком; *г* – индексированного объема ЛП

Также был проведен анализ данных, полученных при выполнении мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) ЛП и ЛВ. Были выявлены статистически значимые различия в группе рецидива и без него по следующим показателям: в объеме ЛП с ушком 132 [120–155] и 114 [102–120] мл и индексированном объеме ЛП 64,78 [61,44–72,06] и 30,27 [27,13–32,87] мл/м^2 ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно) (см. табл. 2, рис. 2).

Таблица 3

Анализ вида тахикардии в зависимости от рецидива

Показатель	Категории	Рецидив, n (%)		p
		нет	да	
Вид тахикардии	ТП	31 (72,1)	16 (29,6)	< 0,001*
	АТП	2 (4,7)	30 (55,6)	
	СССУ	10 (23,3)	8 (14,8)	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

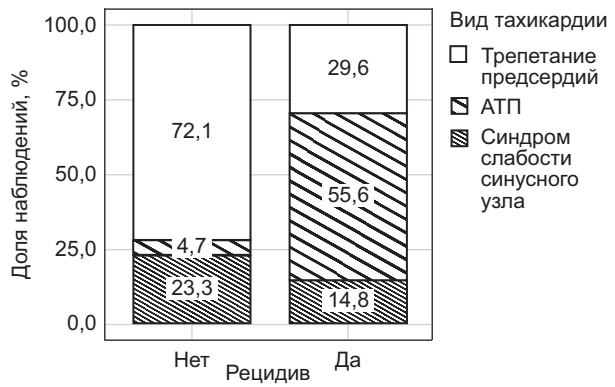


Рис. 3. Диаграмма распределения вида аритмии в зависимости от рецидива

Как было упомянуто выше, наличие сопутствующей аритмии увеличивало риск развития рецидива в 2,658 раза. Мы провели анализ влияния аритмий на рецидив в зависимости от вида нарушения ритма сердца. Наиболее часто на рецидив оказывает влияние наличие атипичного левопредсердного трепетания (АТП), причем интраоперационная индукция АТП в 100% случаев вызовет рецидив аритмии (табл. 3, рис. 3). Все пациенты, с наличием сопутствующей аритмии, а также документированным рецидивом тахиаритмии были приглашены на второй этап лечения.

Прогнозирование рецидива у пациентов с ФП после криобаллонной аблации

В результате оценки вероятности развития рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в зависимости от значений индексированного объема (ИО) ЛП и значений PALS с помощью ROC-анализа были получены следующие кривые (рис. 4).

Полученная ROC-кривая характеризовалась значением площади под кривой (area under the curve, AUC), равным 0,762 ± 0,030, с 95% ДИ 0,703–0,820 ± 0,06 ($p < 0,001$). Пороговое значение ИОЛП в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 61,8 мл/м^2. При значении ИОЛП 61,8 мл/м^2 и выше прогнозировался высокий риск развития рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ. Чувствительность модели при выбранном значении ИОЛП в точке cut-off составила 80,7%, специфичность – 73,2%.

Полученная ROC-кривая характеризовалась значением AUC, равным 0,856 ± 0,022, с 95% ДИ

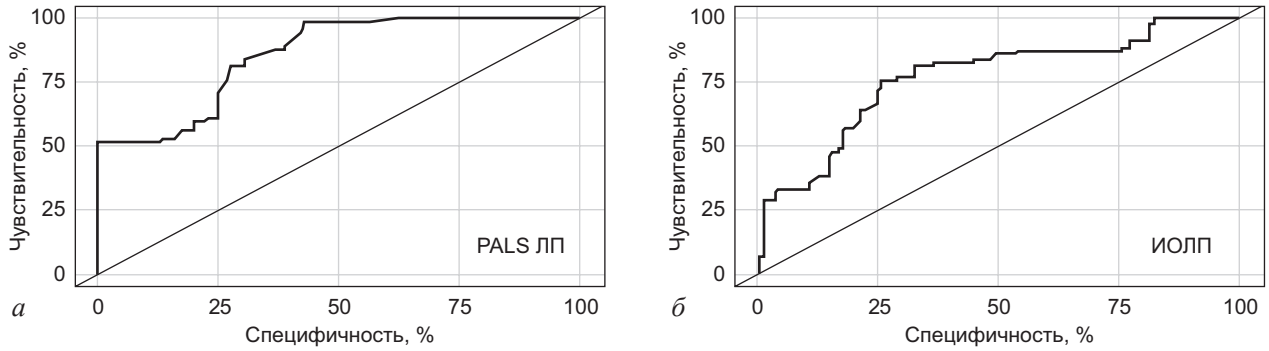


Рис. 4. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности рецидива ФП от:
а – индексированного объема ЛП; *б* – пиковой продольной деформации

0,814–0,899 (p < 0,001). Пороговое значение PALS в точке cut-off составило 28,1. Пациенты со значением PALS менее 28,1 характеризовались более высоким риском рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ, чем пациенты со значением PALS более 28,1. Чувствительность полученной модели при выбранном значении PALS в точке cut-off составила 91,8%, специфичность – 81,4%.

Все клинико-анамнестические и инструментальные предикторы, которые были статистически значимы в однофакторной модели (p < 0,05), впоследствии путем пошагового отбора (методом исключения Вальда) включены в многофакторный анализ. Характеристики каждого из предикторов, вошедших в модель Кокса, представлены в таблице 4.

При проведении однофакторного регрессионного анализа Кокса наличие персистирующей формы ФП (относительный риск (ОР) 4,556, ДИ 2,737–7,584), СД (ОР 3,871, ДИ 2,166–6,917), АГ (ОР 4,691, ДИ 2,435–9,034) и сопутствующей аритмии, кроме ФП (ОР 2,658, ДИ 1,605–4,402), а также PALS 28,1 и менее (ОР 2,22, ДИ 1,42–5,31) и ИОЛП 61,8 мл/м^2 и более (ОР 7,249, ДИ 4,259–12,342) продемонстрировали наиболее сильную ассоциацию с развитием рецидива ФП (см. табл. 4).

Таблица 4

Результаты однофакторного регрессионного анализа Кокса для оценки факторов риска развития рецидива ФП

Показатель	ОР	95% ДИ	p
Возраст	0,99	0,95–1,03	0,41
Мужской пол	0,56	0,28–1,12	0,10
Индекс массы тела	1,002	0,92–1,09	0,97
Персистирующая форма ФП	4,556	2,737–7,584	< 0,001*
Наличие ишемической болезни сердца	0,54	0,22–1,32	0,18
Сахарный диабет	3,871	2,166–6,917	< 0,001*
Артериальная гипертензия	4,691	2,435–9,034	< 0,001*
Наличие сопутствующей аритмии	2,658	1,605–4,402	< 0,001*
Скорость кровотока в ушке ЛП по ЧПЭхоКГ	1,00	0,95–1,05	0,99
PALS ≤ 28,1	2,22	1,42–5,31	< 0,001*
ИОЛП ≥ 61,8 мл/м^2	7,249	4,259–12,342	< 0,001*

Примечание. ОР – относительный риск; ЧПЭхоКГ – чреспищеводная эхокардиография.

* – различия статистически достоверны (p < 0,05).

Учитывая полученное независимое влияние формы ФП на риск рецидива ФП, мы провели анализ выживаемости по методу Каплана–Мейера. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила 77,3% в группе пациентов с пароксизмальной формой ФП, в группе с персистирующей формой ФП – 38,2% (рис. 5).

Был проведен анализ влияния коморбидного фактора на риск развития рецидива ФП. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила 67,3% в группе пациентов с отсутствием СД, а у пациентов с СД –

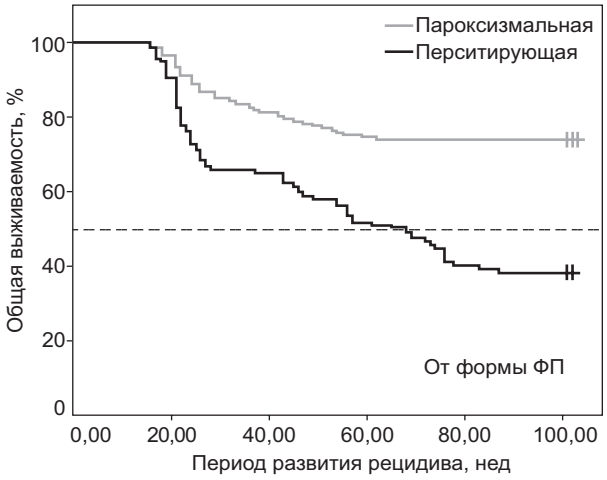


Рис. 5. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения в зависимости от формы ФП

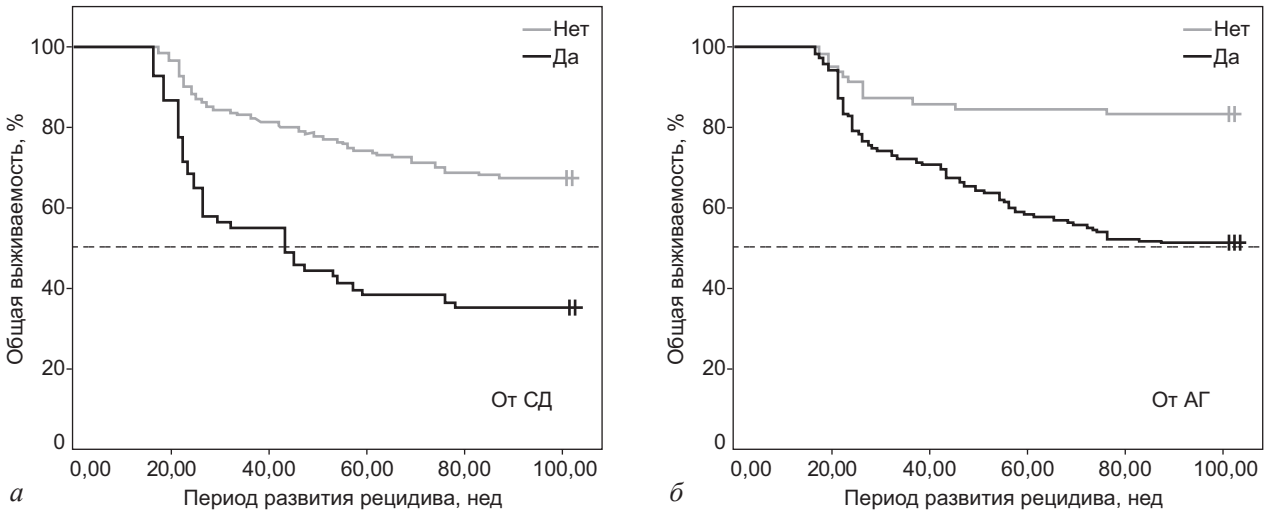


Рис. 6. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения в зависимости от наличия:
а – СД; б – АГ

38,0% (рис. 6). Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила 83,7% у пациентов без АГ, у пациентов с АГ – 52,6%.

Обсуждение

Как было упомянуто выше, период наблюдения составил 10–24 мес (средний период наблюдения – 18,4 ± 1,8 мес). Слепой период, когда возникновение рецидива аритмии не учитывалось для определения результатов, составил 3 мес. Повторное выполнение ЭхоКГ и МСКТ ЛП и ЛВ проводилось в течение периода наблюдения в 3, 6 и 9 мес и/или при наличии стойкого пароксизма ФП, требующего повторной госпитализации.

Целью данной работы была оценка эффективности выполнения криобаллоной изоляции устьев ЛВ у пациентов с различными формами ФП и коморбидной патологией, а также выявление факторов, влияющих на развитие рецидива в послеоперационном периоде.

По данным мировой литературы, развитие ФП часто связано с различной сопутствующей патологией: СД, ожирением, гипертонией, сердечной недостаточностью и гипертиреозом. Данная коморбидная составляющая играет огромную роль в возникновении рецидива в раннем и отдаленном периоде после коррекции тахиаритмии. Проанализировав зарубежные исследования, было выявлено, что при наличии СД риск развития рецидива ФП увеличивается на 35–60%, АГ – на 30–45% [8, 9].

Мы получили результаты, подтверждающие то, что из-за постоянной персистенции наблюдается дилатация ЛП. Как известно, увеличение объема, дилатация стенок предсердия увеличивают риск рецидива, а также влияют на поддержание пароксизма ФП.

В проведенном нами анализе было выявлено влияние на риск развития рецидива, помимо анатомо-функциональных параметров, коморбидного фона, в частности АГ и СД [8].

В 2020 г. K. Rausch et al. продемонстрировали влияние АГ на снижение сократительной способности ЛП и в результате ухудшения течения ФП [11].

В своем исследовании L.D. Asarcikli et al. продемонстрировали влияние снижения и контроля АГ на риск развития рецидива ФП у 40 пациентов. Было отмечено, что при поддержании оптимальных значений артериального давления значимо улучшается прогноз удержания синусового ритма под влиянием антиаритмической терапии [12].

В более крупном исследовании, выполненном Y. Mukai et al., опубликованном в 2023 г. и включающем 183 пациента с пароксизмальной и персистирующей формами ФП, было продемонстрировано, что у пациентов с наличием АГ отмечается бóльший объем ЛП, снижение значения продольной деформации ЛП и, соответственно, снижение сократительной способности ЛП, образование жесткого предсердия. Все эти факторы способствовали увеличению фиброзирования миокарда предсердий и, в свою очередь, созданию субстрата для персистенции ФП [13].

В опубликованном многоцентровом исследовании P.M. Kistler et al. была проанализирована эффективность выполнения радиочастотной аблации устьев ЛВ и задней стенки ЛП со стандартной радиочастотной аблацией. Примечательным является тот факт, что при анализе независимых факторов, влияющих на риск развития рецидива, было установлено, что у пациентов с сопутствующим СД риск рецидива увеличивался в 1,78 раза [14].

S. Guo et al. в своем исследовании также продемонстрировали влияние СД на течение ФП, а именно увеличение пароксизмов и развитие более стойкой персистенции аритмии [15].

Хочется отметить, что результат выполнения криоаблации у пациентов с персистирующей формой ФП – переход ФП в пароксизмальную форму. В 90% случаев аритмия становится более контролируемой, легко купируемой при приеме антиаритмических препаратов и, соответственно, отмечается снижение бремени ФП.

Заключение

Выполняя криобаллонную аблацию, стоит учитывать множество факторов, которые могут влиять на риск развития рецидива аритмии. Пациент с ФП требует комплексного персонализированного подхода в разработке тактики лечения. Необходимо учитывать данные анамнеза, длительность аритмии, коморбидного состояния, а также данных, полученных в результате инструментальных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Голухова Е.З., Милиевская Е.Б., Филатов А.Г., Семенов В.Ю., Прянишников В.В. Аритмология – 2022. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.; 2022.
   Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G., Semenov V.Yu., Pryanishnikov V.V. Arrhythmology – 2022. Heart rhythm and conduction disorders. Moscow; 2022 (in Russ.).
2. Фибрилляция и трепетание предсердий у взрослых. Клинические рекомендации (10.06.2021). М.: Минздрав России; 2021.
   Atrial fibrillation and flutter in adults. Clinical recommendations (10.06.2021). Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2021 (in Russ.).
3. Романчук Д.В., Хоцанян Ч.В., Аракелян М.Г. Факторы риска рецидива фибрилляции предсердий после выполнения катетерной аблации. *Креативная кардиология*. 2023; 17 (1): 50–64. DOI 10.24022/1997-3187-2023-17-1-50-64
   Romanchuk D.V., Khotsanyan C.V., Arakelyan M.G. Risk factors of recurrent atrial fibrillation after catheter ablation. *Creative Cardiology*. 2023; 17 (1): 50–64 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2023-17-1-50-64
4. Boveda S., Metzner A., Nguyen D.Q., Chun K.R.J., Goehl K., Noelker G. et al. Single-procedure outcomes and quality-of-life improvement 12 months post-cryoballoon ablation in persistent atrial fibrillation: results from the multicenter CRYO4PERSISTENT AF trial. *JACC Clin. Electrophysiol*. 2018; 4 (11): 1440–1447. DOI: 10.1016/j.jacep.2018.07.007
5. Akhtar T., Berger R., Marine J.E., Daimee U.A., Calkins H., Spragg D. Cryoballoon ablation of atrial fibrillation in octogenarians. *Arrhythm. Electrophysiol. Rev*. 2020; 9 (2): 104–107. DOI: 10.15420/aer.2020.18
6. Albano J.A., Bush J., Parker L.J., Corner K., Lim W.H., Brunner P.M. et al. Left atrial volume index predicts arrhythmia-free survival in patients with persistent atrial fibrillation undergoing cryoballoon ablation. *J. Atr. Fibrillation*. 2019; 12 (2): 2192. DOI: 10.4022/jafib.2192
7. Maier J., Blessberger H., Nahler A., Hrncic D., Fellner A., Reiter C. et al. Cardiac computed tomography-derived left atrial volume index as a predictor of long-term success of cryo-ablation in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol*. 2021; 140: 69–77. DOI: 10.1016/j.amjcard.2020.10.061
8. Степанова Н.М., Сергуладзе С.Ю., Сопов О.В., Александрова С.А., Кваша Б.И. Интервенционное лечение фибрилляции предсердий у возрастной пациентки с выраженным фиброзом левого предсердия. *Креативная кардиология*. 2022; 16 (4): 533–540. DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-4-533-540
   Stepanova N.M., Serguladze S.Yu., Sopov O.V., Aleksandrova S.A., Kvasha B.I. Intervention strategy in elderly patient with atrial fibrillation and severe left atrial fibrosis. *Creative Cardiology*. 2022; 16 (4): 533–540 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-4-533-540
9. Быстров Д.О., Комаров Р.Н., Шонбин А.Н., Афонин Б.О., Сорокин Р.О., Мацуганов Д.А., Сорванова И.С. Непосредственные результаты торакоскопической радиочастотной аблации левого предсердия у больных с фибрилляцией предсердий: опыт одного центра. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2024; 66 (3): 340–347. DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347
   Bystrov D.O., Komarov R.N., Shonbin A.N., Afonin B.O., Sorokin R.O., Matsuganov D.A., Sorvanova I.S. Immediate results of thoracoscopic radiofrequency ablation of the left atrium in patients with atrial fibrillation: the experience of one center. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2024; 66 (3): 340–347 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347
10. Reddy Y.N.V., Borlaug B.A., Gersh B.J. Management of atrial fibrillation across the spectrum of heart failure with preserved and reduced ejection fraction. *Circulation*. 2022; 146 (4): 339–357. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.122.057444
11. Rausch K., Scalia G.M., Sato K., Edwards N., Lam A.K., Platts D.G., Chan J. Left atrial strain imaging differentiates cardiac amyloidosis and hypertensive heart disease. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 37 (1): 81–90. DOI: 10.1007/s10554-020-01948-9
12. Asarcikli L.D., Can F., Guvenc T.S., Sert S., Osken A., Dayi S.U. The effect of urgent blood pressure reduction on left atrial strain in patients with hypertensive attack: blood pressure lowering affects LA strain. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2023; 39 (7): 1221–1230. DOI: 10.1007/s10554-023-02828-8
13. Mukai Y., Nakanishi K., Daimon M., Iwama K., Yoshida Y., Hirose K. et al. Prevalence, associated factors, and echocardiographic estimation of left atrial hypertension in patients with atrial fibrillation. *J. Am. Heart Assoc*. 2023; 12 (18): e030325. DOI: 10.1161/JAHA.123.030325
14. Kistler P.M., Chieng D., Sugumar H., Ling L.-H., Segan L., Azzopardi S. et al. Effect of catheter ablation using pulmonary vein isolation with vs without posterior left atrial wall isolation on atrial arrhythmia recurrence in patients with persistent atrial fibrillation: the CAPLA Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2023; 329 (2): 127–135. DOI: 10.1001/jama.2022.23722
15. Guo S., Huang Y., Liu X., Ma J., Zhu W. Association of type 1 diabetes mellitus and risk of atrial fibrillation: Systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res. Clin. Pract*. 2023; 199: 110629. DOI: 10.1016/j.diabres.2023.110629

Поступила 29.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

УДК 616.12-008.318-053.9-089
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.5

ЛЕЧЕНИЕ БРАДИАРИТМИЙ МЕТОДОМ НЕЙРОАБЛАЦИИ ПРИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ: У ВОЗРАСТНЫХ ПАЦИЕНТОВ, ПАЦИЕНТОВ С ВРОЖДЕННЫМИ И ПРИОБРЕТЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА

Тип статьи: клинический случай

М.Л. Двали, С.Ю. Сергуладзе, О.В. Сопов, Г.Р. Мацонашвили, Е.В. Любкина

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Двали Михаил Леонидович, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0009-0001-3403-5485, e-mail: dvaliml@yandex.ru
Сергуладзе Сергей Юрьевич, д-р мед. наук, ст. науч. сотр., заведующий отделением хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электростимуляции (ОТА); orcid.org/0000-0001-7233-3611
Сопов Олег Валентинович, канд. мед. наук, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-7071-0989
Мацонашвили Георгий Рафаэлович, канд. мед. наук, науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-7754-4506
Любкина Елена Валентиновна, канд. мед. наук, науч. сотр., врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-4447-0325

Представлена серия клинических наблюдений успешного применения кардионейроаблации (КНА) у пациентов с брадиаритмиями на фоне органических поражений сердца, которые традиционно считаются противопоказанием к нейромодуляции. Приведены примеры индивидуализированного подхода к лечению в сложных клинических ситуациях, таких как пациенты пожилого возраста, больные после кардиохирургических вмешательств и пациенты с врожденными пороками сердца. Показано, что стандартные анамнестические данные и клинические критерии не всегда достаточны для окончательного выбора метода терапии. Авторами использовалась эндоваскулярная техника с расширенным протоколом депарасимпатизации, включая биатриальную аблацию и деструкцию большого числа ганглионарных зон.

Особое внимание уделено сложности предоперационного отбора пациентов и рискам послеоперационной регрессии эффекта лечения, которая составила до 20% для функции синусного узла и 5–10% для атриовентрикулярной (АВ) проводимости. Тем не менее, при использовании расширенных протоколов удалось добиться стойкого положительного эффекта у пациентки 81 года с синдромом тахикардии-брадикардии, у пациента с корригированной транспозицией магистральных артерий и у пациента с ятрогенной АВ-блокадой после операции на митральном клапане. Минимальный срок наблюдения за пациентами составил 16 мес, в течение которых отмечено стабильное улучшение состояния.

Таким образом, КНА представляет собой перспективный метод для лечения брадиаритмий даже при наличии серьезных органических изменений сердца и может рассматриваться как альтернатива имплантации кардиостимуляторов при тщательном и индивидуальном подходе к каждому клиническому случаю.

Ключевые слова: кардионейроаблация, брадиаритмии, органические поражения сердца, депарасимпатизация, нейромодуляция, врожденные пороки сердца, пожилые пациенты, ятрогенные брадиаритмии

BRADYARRHYTHMIA TREATMENT USING NEUROABLATION IN PATIENTS WITH ORGANIC LESIONS: ELDERLY PATIENTS, PATIENTS WITH CONGENITAL HEART DISEASE, OR POSTOPERATIVE HEART DISEASE

M.L. Dvali, S.Yu. Serguladze, O.V. Sopov, G.R. Matsonashvili, E.V. Lyubkina

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Mikhail L. Dvali, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0009-0001-3403-5485, e-mail: dvaliml@yandex.ru
Sergey Yu. Serguladze, Dr. Med. Sci., Senior Researcher, Head of Department; orcid.org/0000-0001-7233-3611
Oleg V. Sopov, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-7071-0989

Georgiy R. Matsonashvili, Cand. Med. Sci., Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-7754-4506
Elena V. Lyubkina, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-4447-0325

A series of clinical observations demonstrating the successful use of cardioneuroablation (CNA) for bradyarrhythmias in patients with structural heart lesions, traditionally considered contraindications for neuromodulation, is presented. The cases illustrate an individualized approach to complex clinical situations, including elderly patients, post-cardiac surgery patients, and patients with congenital heart defects. The authors emphasize that standard anamnesis data and clinical criteria are not always sufficient for the definitive choice of therapy. An endovascular approach employing an expanded deparesympatheticization protocol, including biatrial ablation and destruction of an increased number of ganglionic plexi, was utilized. Special attention is given to the complexities involved in preoperative patient selection and the risks of postoperative regression of therapeutic effects, reaching up to 20% for sinoatrial node function and 5–10% for atrioventricular (AV) conduction. Nonetheless, by applying expanded protocols, sustained positive outcomes were achieved in an 81-year-old patient with tachycardia-bradycardia syndrome, a patient with corrected transposition of the great arteries, and a patient with iatrogenic AV block post-mitral valve surgery. The minimum follow-up period was 16 months, during which patients showed stable improvement.
Thus, CNA represents a promising therapeutic approach for managing bradyarrhythmias even in the presence of significant structural heart abnormalities and may be considered as an alternative to pacemaker implantation, provided a meticulous and individualized approach is applied to each clinical scenario.

Keywords: cardioneuroablation, bradyarrhythmias, structural heart lesions, deparesympatheticization, neuromodulation, congenital heart defects, elderly patients, iatrogenic bradyarrhythmias

Введение

Кардионейроаблация (КНА) – это метод преднамеренной деструкции синаптично-миокардиального интерфейса и интрамиокардиальных ганглионарных структур парасимпатической вегетативной нервной системы [1]. КНА нашла применение у пациентов с синдромом тахикардии-брадикардии, вегетативно обусловленными синдромами слабости синусного узла (СССУ) [2], нарушениями атриовентрикулярной (АВ) проводимости, а также при вазовагальных синкопальных состояниях, развивающихся по кардиоингибиторному типу [2].

Ключевым фактором, влияющим на эффективность нейроаблации, являются необратимые органические изменения проводящей системы сердца [3]. Такие изменения, имеющие травматическую природу, характерны для пациентов, перенесших оперативные вмешательства на сердце. Процесс фиброзирования сопровождает врожденные пороки сердца (ВПС) и прогрессирует в течение всей жизни пациентов, даже без аномалий развития, на фоне перенесенных заболеваний [4]. Для ВПС также характерны нарушения эмбриологического развития проводящей системы [5]. Эти факторы часто приводят к отказу таким пациентам в проведении нейромодуляции и служат критерием исключения их из протоколов оценки потенциальной эффективности депарасимпатизации.

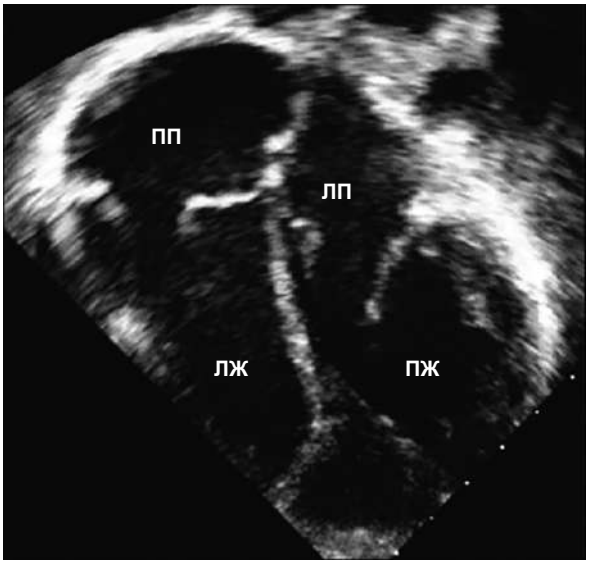
Важно понимать, что отказ от накопления опыта по лечению брадиаритмий у данной группы пациентов обречет их на имплантацию электрокардиостимулятора (ЭКС), которая не является абсолютно безопасной методикой. Более 5% аппаратов требуют удаления уже на следующий год, что в Российской Федерации составляет около 2600 случаев только из данной категории [6]. Вероятность инфекционных осложнений составляет в среднем от 1 до 2% в год, достигая 6% при наличии факторов риска [7]. Число эксплантаций устройств по неинфекционным причинам находится в пределах от 4 до 6% [8]. Несмотря на высокие риски переломов электродов, обтурации просветов сосудов и инфекционных осложнений, доля пациентов с брадиаритмиями, которым требуется постоянная стимуляция, не превышает 10% [9].

Существует большое количество описательных и сравнительных исследований, посвященных методике КНА [11], однако категория пациентов с органическими поражениями проводящей системы остается за пределами внимания научно-медицинского сообщества. В связи с этим считаем актуальным представить опыт успешного применения КНА у данной категории пациентов, что может расширить возможности лечения брадиаритмий и снизить необходимость имплантации ЭКС.

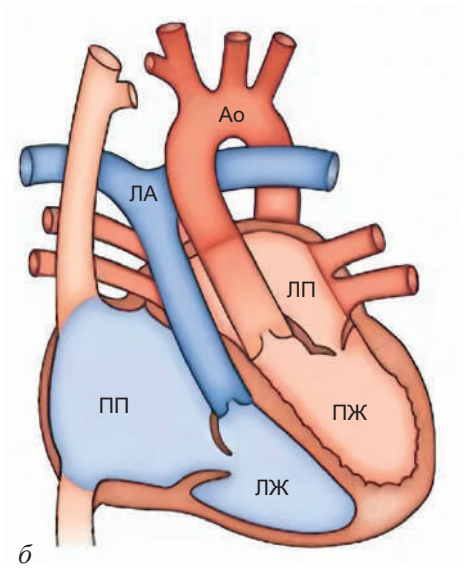
Описание случаев

Врожденные пороки сердца

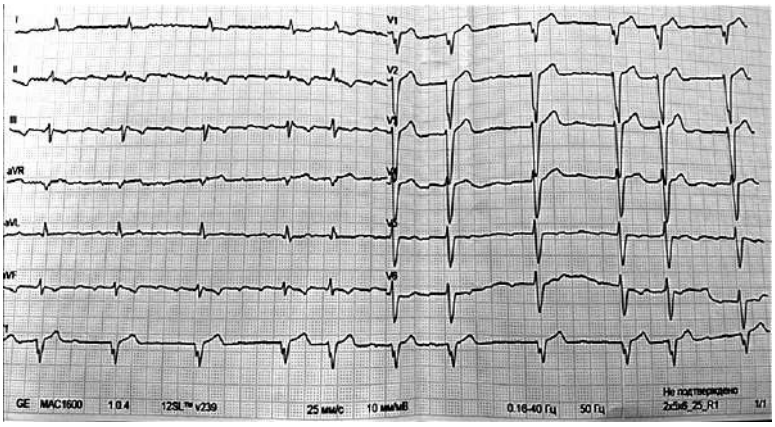
Корригированная транспозиция магистральных артерий (КТМА) – врожденный порок сердца, характеризующийся вентрикуло-артериальной и атриовентрикулярной дискордантностью



а



б



в

Рис. 1. Эхокардиография, КТМС (*а*); схема порока [10] (*б*); ЭКГ при поступлении в отделение (*в*)

ПП – правое предсердие; ЛП – левое предсердие; ЛЖ – левый желудочек; ПЖ – правый желудочек; Ao – аорта; ЛА – легочная артерия

[12]. В ряде случаев этому пороку свойственна аномальная закладка атриовентрикулярного (АВ) узла и проводящей системы, которые располагаются интрамиокардиально, пенетрируя переднюю стенку. Это становится причиной непрерывной травматизации вследствие сокращений миокарда желудочков. Процессы склерозирования и фиброзирования у таких пациентов прогрессируют, приводя к полной поперечной блокаде. Риск развития АВ-блокады III степени составляет около 2% в год [13].

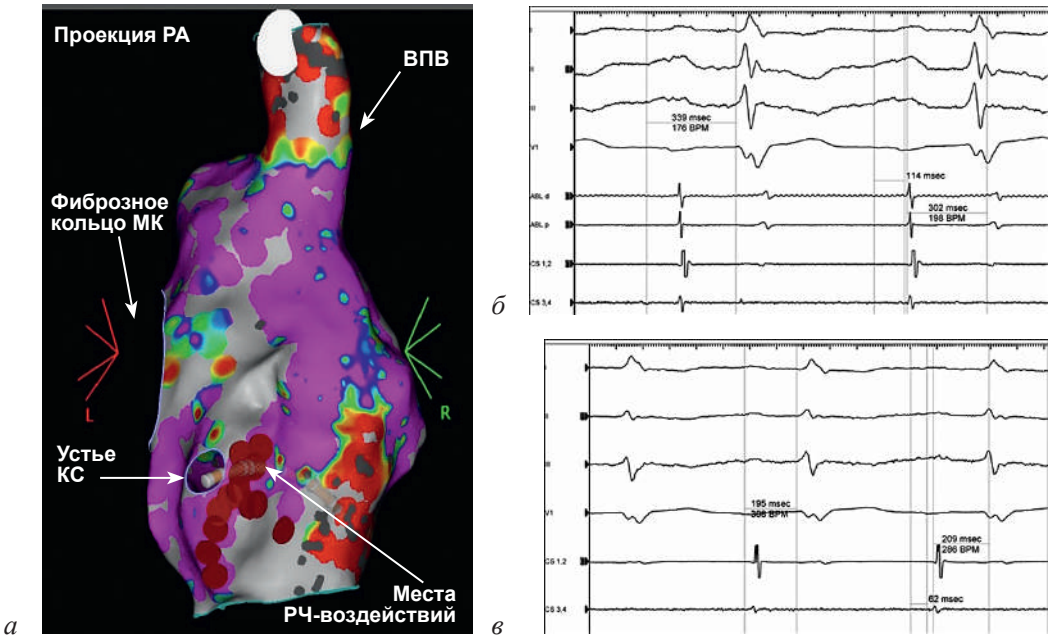
Эта статистика обусловливает отношение специалистов к нарушениям проводимости у пациентов с врожденными пороками как к состояниям заведомо органической природы. Однако 70% пациентов с КТМА не имеют брадиаритмии. Поэтому данная когорта требует персонализированного подхода.

Клинический случай

Пациентка Г., 53 года, с корригированной транспозицией магистральных артерий (рис. 1, *а, б*), не оперирована по поводу порока. Госпитализирована в связи с повышенной утомляемостью на фоне персистирующей формы трепетания предсердий (рис. 1, *в*). Пациентка также отмечает редкие синкопальные состояния.

Было принято решение о проведении операции с использованием навигационной системы и последующим электрофизиологическим исследованием с целью исключения синдрома слабости синусного узла и нарушения атриовентрикулярного проведения. При построении активационной и анатомической карт подтверждено истмус-зависимое трепетание предсердий, которое было купировано линейной аблацией в кавотрикуспидальном перешейке. Самостоятельное восстановление синусового ритма сопровождалось паузой длительностью не более 2 с.

Электрофизиологические параметры: время восстановления функции синусного узла составило 1400 мс, корректированное время восстановления функции синусного узла – 250 мс, что свидетельствует о ее сохранности. Однако интервал P–Q составлял 340 мс при частоте



а *б* *в*

Рис. 2. Анатомическая и биполярная карты, задне-передняя проекция (PA) (*а*); ритм после купирования ТП, до проведения нейромодуляции (*б*); ритм после выполненной нейромодуляции (*в*)
КС – коронарный синус; ВПВ – верхняя полая вена; РЧ – радиочастотный

сердечных сокращений 55 уд/мин, а антеградная точка Венкебаха (АТВ) – 920 мс. Поскольку на ЭКГ было зарегистрировано проведение 1:1 на интервале стимуляции 600 мс (см. рис. 1, *в*), принято решение о расширении протокола операции с включением нейромодуляции.

Воздействия были нанесены в зоне устья коронарного синуса (рис. 2, *а*). Эффект воздействий включал укорочение интервала P–Q до 195 мс (рис. 2, *в*) и снижение АТВ до 450 мс, что соответствует частоте сердечных сокращений 130 уд/мин.

Воздействия выполнялись с использованием энергии мощностью 30 Вт, поскольку глубина поражения при этой мощности на 20% больше по сравнению с энергией 45 Вт [13]. Плотность и глубина воздействия позволили достигнуть выраженного эффекта при униатриальном подходе. Через 2 года после операции, по результатам холтеровского мониторирования, пароксизмы АВ-блокады не отмечаются.

Открытые операции

Оперативные вмешательства на сердце, такие как протезирование митрального клапана, часто сопровождаются поражением проводящей системы сердца [14]. Канюляция для проведения искусственного кровообращения, биатриальный доступ через крышу левого предсердия (доступ по Гиродону), манипуляции с фиброзным скелетом сердца – каждая из этих хирургических манипуляций может привести к развитию ятрогенной брадиаритмии. Согласно опыту департамента кардиохирургии Университета Людвига-Максимилиана (Мюнхен, Германия), после вмешательств на митральном клапане риск развития АВ-блокады достигает 7,8% в год (95% доверительный интервал 5,9–9,8%) [15].

Этиология ятрогенных блокад, несомненно, связана с повреждением проводящей системы. Однако важную роль играет и сохраненный тонус парасимпатической системы при компрометации АВ-узла. Снижение способности собственной АВ-системы к проведению может быть окончательно ингибировано сохранной системой иннервации. В случае изначально повышенного тонуса парасимпатической системы даже незначительная компрометация узла способна привести к АВ-блокаде.

Клинический случай

Пациент С., 37 лет, перенес протезирование митрального клапана в 2017 г. В раннем послеоперационном периоде были задокументированы ятрогенная АВ-блокада III степени и синдром слабости синусного узла по типу синусовой брадикардии, в связи с чем был имплантирован двухкамерный электрокардиостимулятор. Через 3 мес был отмечен пролежень

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Имплантирован ЭКС DDDR режим данные о параметрах программирования отсутствуют.
В период бодрствования спонтанный ритм : синусовый, редкие периоды аритмии с миграцией водителя ритма по предсердиям в покое, эпизоды эктопического предсерного ритма. Чрезмерный прирост ЧСС при нагрузке. Периоды синусовой тахикардии с ЧСС более 100 в покое и более 120 в мин. на умеренной активности. ЭКГ признаки тахикардиального синдрома.
В ночное время чередование спонтанного ритма и ритма ЭКС преимущественно по желудочковому каналу как р-управляемой стимуляции (всего 16455 навязанных сокращений - 18,6%), единичные навязанные комплексы по предсердному каналу и 2м каналам и единичные комплексы и короткие периоды стимуляции по желудочковому или 2-м каналам. Единичные сливные и
псевдосливные сокращения предсердий и единичные сливные и псевдосливные сокращения желудочков.

Рис. 3. Результаты дооперационного холтеровского мониторирования

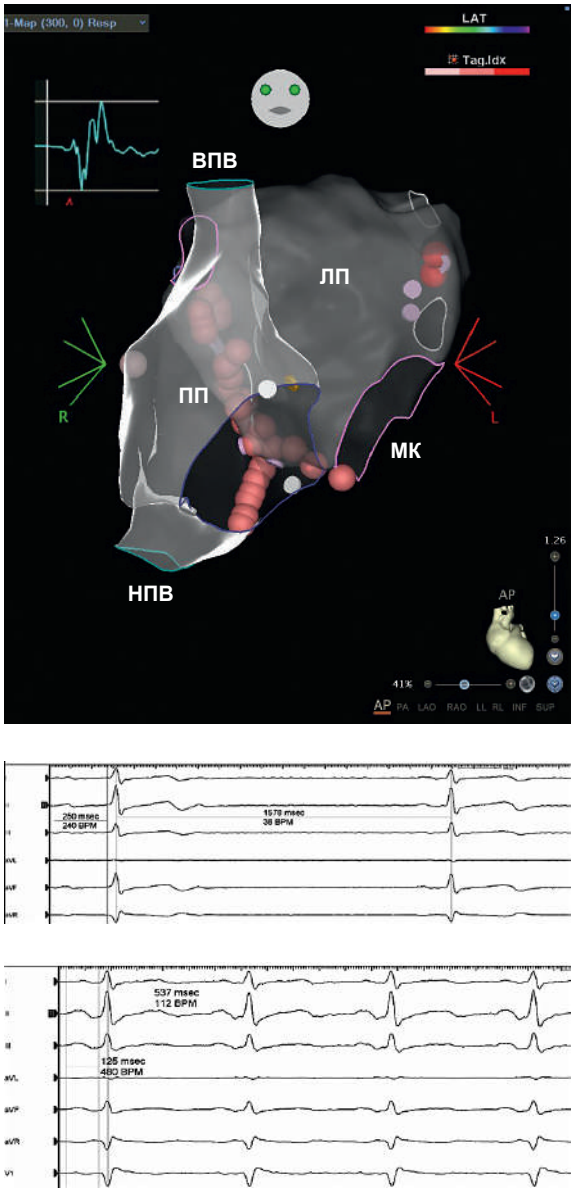
в области ложа ЭКС, что потребовало реимплантации прибора в кратчайшие сроки.

Пациент был госпитализирован с жалобами на сердцебиение. На дооперационном этапе, во время холтеровского мониторирования, регистрировались синдром тахикардии-брадикардии и пароксизмальная АВ-блокада II степени, которая разрешалась на фоне физической активности. Суточная доля стимуляции желудочков составила 18,6% при программировании аппарата в режиме VVI 40 (рис. 3).

При проведении медикаментозной денервации (внутривенное введение атропина в дозировке 0,02 мг/кг) были отмечены разрешение АВ-блокады, ускорение ритма на 25 уд/мин (25%) и полное купирование эктопических очагов ритма. Было принято решение о проведении операции с использованием навигационной системы с целью определения и элиминации возможных эктопических очагов активности, а также депарасимпатизации сердца.

После построения анатомической, активационной и биполярной карт очагов активности обнаружено не было. Ритм был синусовым, интервал P–Q составлял 250 мс при частоте 38 уд/мин, антеградная точка Венкебаха – 800 мс. Проведено картирование ганглионарных сплетений посредством записи высокочастотных фракционированных потенциалов (HAFE) в анатомических зонах расположения ганглионарных сплетений. HAFE регистрируются в местах ганглионарно-миокардиального интерфейса, где гетерогенность электропроводящих тканей приводит к расширению сигнала, а разнонаправленность его распространения – к фрагментации пиков активности (рис. 4).

Воздействия, выполненные по биатриальной методике, привели к ускорению синусового ритма до 112 уд/мин, укорочению интервала P–Q до 125 мс при данной частоте и коррекции АВ-проведения: антеградная точка Венкебаха сократилась до 420 мс. Интраоперационное введение атропина не стало причиной изменений электрофизиологических параметров, что свидетельствует о высокой степени денервации в остром интраоперационном периоде.

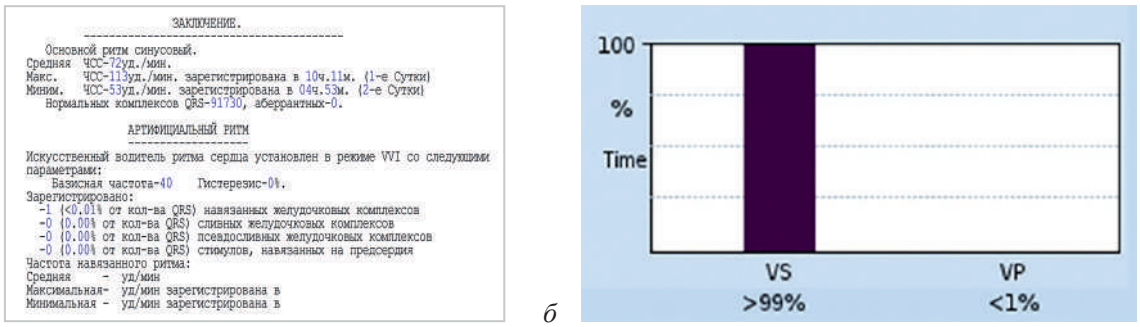


а

б

в

Рис. 4. Места невнесенных воздействий, пример записи высокочастотных фракционированных потенциалов (HAFE) (*а*); ритм до (*б*) и после (*в*) нейромодуляции



а *б*

Рис. 5. Эффекты воздействий через 26 мес после операции (*а*), холтеровское мониторирование, статистика работы ЭКС (*б*)

VS (ventricular sensing) – процент чувствительности желудочковой активности; VP (ventricular pacing) – процент желудочкового навязывания

Через 26 мес после операции средняя частота сердечных сокращений не превышает нормы, при этом процент желудочковой стимуляции снизился до 1% при режиме VVI 40 (рис. 5). Срок службы аппарата с данными параметрами составляет приблизительно 5 лет. При сохранении эффекта от операции возможно рассмотрение эксплантации системы по причине отсутствия показаний.

Возрастные пациенты

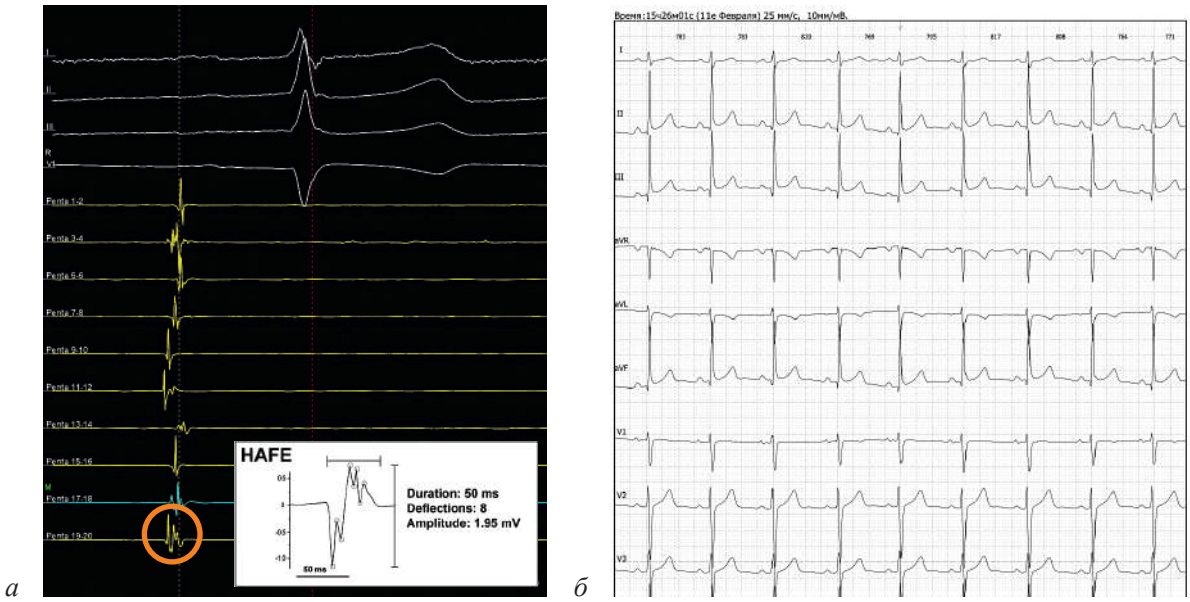
Нарушения ритма сердца по брадиаритмическому типу часто встречаются у пациентов пожилого возраста. Причины кроются в увеличении распространенности гипертонической болезни и ишемической болезни сердца, а также в накоплении повреждений, что приводит к замещению клеток-водителей ритма жировой и фиброзной тканью и к дегенеративным изменениям в проводящей системе, что становится причиной развития брадикардий [15]. Этиология, как и в случае с послеоперационными блокадами, комплексная и связана не только с органическим поражением структур сердца, но и с сохранением тонуса вегетативной нервной системы на фоне снижения параметров автоматизма и проведения.

Синдром тахикардии-брадикардии является одной из форм синдрома слабости синусного узла [16]. Лечение хронотропной недостаточности является неотъемлемым этапом в комплексном лечении наджелудочковых нарушений ритма сердца. Приведем пример успешной мо-

а *б*

Рис. 6. Холтеровское мониторирование до операции:

а – экстрасистолия по типу P на T, при ритме 42 уд/мин (красными стрелками указан эктопический ритм, синими – ритм синусного узла); *б* – АВ-блокада II степени при частоте 85 уд/мин, во время короткого пароксизма НЖТ



а *б*

Рис. 7. Пример записи высокочастотных фракционированных потенциалов (HAFE) (*а*); интервал R-R 800 мс, 75 уд/мин, интервал P-Q 160 мс через год после операции (*б*)

дуляции парасимпатической системы у пациентки пожилого возраста как этапа лечения синдрома тахикардии-брадикардии.

Клинический случай

Пациентка О., 81 год. Более года отмечала приступы тахикардии, сопровождающиеся слабостью, повышенной утомляемостью и головокружением. В предоперационном периоде проведено холтеровское мониторирование, в ходе которого было отмечено: средняя частота сердечных сокращений 59 уд/мин, частые ранние предсердные экстрасистолы, возникающие на фоне брадикардии, отсутствие экстрасистолии при ускоренном ритме, а также зарегистрированы пароксизмы АВ-блокады II степени по типу Мобитц I (рис. 6). Эти признаки свидетельствуют о наличии хронотропной недостаточности, разновидности синдрома слабости синусного узла.

Было принято решение о проведении первичной антральной изоляции, расширенной воздействиями в области ганглионарных сплетений. После изоляции антральной части легочных вен дополнительно нанесена серия радиочастотных воздействий в областях регистрации высокочастотных фракционированных потенциалов в зонах прилегания ганглионарных сплетений (рис. 7, *а*).

Холтеровское мониторирование, проведенное после операции, показало полное отсутствие экстрасистолии, средняя частота сердечных сокращений увеличилась до 70 уд/мин, а положительные результаты сохранялись через год после операции (рис. 7, *б*).

Обсуждение

Представленные клинические случаи демонстрируют эффективность кардионейроаблации в лечении брадиаритмий у пациентов с органическими поражениями сердца, которые традиционно исключаются из протоколов нейромодуляции. Несмотря на общепринятое мнение о преимущественно органической природе нарушений проводимости в этих группах пациентов, наши данные свидетельствуют о значительной роли парасимпатической иннервации в патогенезе брадиаритмий.

У пациентки с корригированной транспозицией магистральных артерий применение КНА привело к существенному улучшению атриовентрикулярной проводимости и устранению симптоматики. У пациента после протезирования митрального клапана нейромодуляция позволила значительно снизить зависимость от электрокардиостимулятора и повысить качество жизни. У пациентки пожилого возраста с синдромом тахикардии-брадикардии КНА способствовала нормализации ритма и устранению симптомов хронотропной недостаточности [17, 18].

Эти результаты подчеркивают необходимость пересмотра подходов к лечению бради-

аритмий у пациентов с органическими поражениями сердца. КНА может быть эффективной альтернативой имплантации электрокардиостимулятора, особенно в случаях пароксизмальных нарушений ритма и при положительном ответе на медикаментозные пробы с атропином [19, 20].

Однако успех КНА во многом зависит от тщательного отбора пациентов и индивидуализированного подхода к процедуре. Регрессия эффекта возможна из-за недостаточной деструкции ганглионарных сплетений или прогрессирования основного заболевания. Для минимизации этого риска рекомендуются детальное электрофизиологическое картирование и расширение аблационного пособия в сторону увеличения вероятности трансмурального воздействия на ганглионарные зоны. Необходимы дальнейшие исследования с большим числом участников и длительным периодом наблюдения для оценки долгосрочной эффективности КНА у данной категории пациентов [11, 21].

Заключение

Кардионейроаблация является перспективной альтернативой имплантации электрокардиостимуляторов в лечении брадиаритмий, в том числе у пациентов с органическими поражениями сердца. При пароксизмальном характере брадиаритмий и положительном ответе на медикаментозные пробы КНА может обеспечить эффективное восстановление ритма и улучшение проводимости без необходимости постоянной стимуляции [22, 23].

Совершенствование протоколов отбора пациентов, оптимизация техники интраоперационной нейроаблации и накопление клинического опыта позволят расширить применение данного метода. Это может способствовать снижению зависимости пациентов от имплантируемых устройств, уменьшению рисков, связанных с хирургическими вмешательствами и инфекционными осложнениями, а также к повышению качества жизни пациентов [24].

Таким образом, кардионейроаблация может занять важное место в комплексном лечении брадиаритмий, являясь эффективной и безопасной альтернативой традиционным методам терапии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Сергуладзе С.Ю., Мацонашвили Г.Р., Кулумбегов Г.Р. Автономная денервация сердца. Новый взгляд на возможности лечения брадиаритмий. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2022; 23 (6): 606–615. DOI: 10.24022/1810-0694-2022-23-6-606-615
   Serguladze S.Yu., Matsonashvili G.R., Kulumbegov G.R. Cardiac autonomic denervation. A novel approach to the treatment of bradyarrhythmias. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases.* 2022; 23 (6): 606–615 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2022-23-6-606-615
2. Шварц В.А., Сижажев Э.М. Чрескожная стимуляция аурикулярной ветви блуждающего нерва: потенциал метода лечения различных сердечно-сосудистых заболеваний. *Клиническая физиология кровообращения*. 2023; 20 (1): 5–15. DOI: 10.24022/1814-6910-2023-20-1-5-15
   Shvartz V.A., Sizhazhev E.M. Percutaneous stimulation of the auricular branch of the vagus: the potential of the method of treatment of different cardiovascular diseases. *Clinical Physiology of Circulation*. 2023; 20 (1): 5–15 (in Russ.). DOI: 10.24022/1814-6910-2023-20-1-5-15
3. Степанова Н.М., Сергуладзе С.Ю. Естественные патофизиологические процессы старения сердца как фактор развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Креативная кардиология*. 2021; 15 (1): 72–86. DOI: 10.24022/1997-3187-2021-15-1-72-86
   Stepanova N.M., Serguladze S.Yu. Natural pathophysiological processes of heart aging as a factor in the development of cardiovascular diseases. *Creative Cardiology*. 2021; 15 (1): 72–86 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2021-15-1-72-86
4. Хасиев С.Г., Самсонов В.Б., Матаев В.С. Нарушения ритма сердца при корригированной транспозиции магистральных сосудов: естественное течение, диагностика и лечение. *Клиническая физиология кровообращения*. 2021; 18 (1): 30–36. DOI: 10.24022/1814-6910-2021-18-1-30-36
   Khasiev S.G., Samsonov V.B., Mataev V.S. Heart rhythm disorders with corrected transposition of the great arteries: natural course, diagnosis and treatment. *Clinical Physiology of Circulation*. 2021; 18 (1): 30–36 (in Russ.). DOI: 10.24022/1814-6910-2021-18-1-30-36
5. Pachon M.J.C., Pachon M.E.I., Pachon M.J.C., Lobo T.J., Pachon M.Z., Vargas R.N.A., Jatene A.D. “Cardioneuroablation” – new treatment for neurocardiogenic syncope, functional AV block and sinus dysfunction using catheter RF-ablation. *EP Europace*. 2005; 7 (1): 1–13. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.10.003
6. Davidsen J.M., Skals R., Dalgaard F., Tayal B., Torp-Pedersen C., Søgaard P., Lee C.J. Recurrent syncope in patients with a pacemaker and bradyarrhythmia. *Scand. Cardiovasc. J*. 2023; 57 (1): 1–7. DOI: 10.1080/14017431.2022.2139860
7. Moore J.P., Dalal A.S. Conduction system pacing for patients with congenital heart disease. *Card. Electrophysiol. Clin*. 2023; 15 (4): 457–466. DOI: 10.1016/j.ccep.2023.06.009. Epub 2023 Aug 5.
8. Hulsmans M., Clauss S., Xiao L., Aguirre A.D., King K.R., Hanley A. et al. Macrophages facilitate electrical conduction in the heart. *Cell*. 2017; 169 (3): 510–522.e20. DOI: 10.1016/j.cell.2017.03.050
9. Голухова Е.З., Милиевская Е.Б., Филатов А.Г., Семёнов В.Ю., Прянишников В.В. Аритмология – 2022. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.; 2023.
   Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G., Semenov V.Yu., Pryanishnikov V.V. Arrhythmology – 2022. Cardiac rhythm and conduction disturbances. Moscow; 2023 (in Russ.).

10. Congenitally corrected transposition of the great arteries: atrioventricular and ventriculoarterial discordance. https://thoracickey.com/congenitally-corrected-transposition-of-the-great-arteries-atrioventricular-and-ventriculoarterial-discordance/ (дата обращения 06.07.2024).
11. Mela Th., McGovern B.A., Garan H., Vlahakes G.J., Torchiana D.F., Ruskin J., Galvin J.M. Long-term infection rates associated with the pectoral versus abdominal approach to cardioverter defibrillator implants. *Am. J. Cardiol*. 2001; 88 (7): 750–753. DOI: 10.1016/s0002-9149(01)018445-8
12. Голухова Е.З., Милиевская Е.Б., Филатов А.Г., Семёнов В.Ю., Прянишников В.В. Аритмология – 2021. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.; 2023: 16–20.
Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G., Semenov V.Yu., Pryanishnikov V.V. Arrhythmology – 2021. Cardiac rhythm and conduction disturbances. Moscow; 2022 (in Russ.).
13. Tan J., Yang M., Wang H., Shen C., Wu M., Xu H. et al. Moderate heart rate reduction promotes cardiac regeneration through stimulation of the metabolic pattern switch. *Cell. Rep*. 2022; 38 (10): 110468. DOI: 10.1016/j.celrep.2022.110468
14. Vandenberk B., Lei L.Y., Ballantyne B., Vickers D., Liang Z., Sheldon R.S. et al. Cardioneuroablation for vasovagal syncope: A systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm*. 2022: S1547-5271(22)02088-4.
15. Anderson R.H., Becker A.E., Arnold R., Wilkinson J.L. The conducting tissues in congenitally corrected transposition. *Circulation*. 1974; 50: 911–923.
16. Wilkinson J.L., Smith A., Lincoln C., Anderson R.H. Conducting tissues in congenitally corrected transposition with situs inversus. *Br. Heart* J. 1978; 40: 41–48.
17. Ghauri H., Iqbal R., Ahmed S., Ashraf A., Khan M.S.Q., Malik J. et al. Predictors of permanent pacemaker insertion after mitral valve replacement: A systematic review. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2022; 45 (5): 681–687. DOI: 10.1111/pace.14484. Epub 2022 Apr 9.
18. Herrmann F.E.M., Schleith A.S., Graf H., Sadoni S., Hagl C., Bagaev E., Juchem G. Tricuspid valve annuloplasty and mitral valve replacement are associated with bradyarrhythmia after mitral valve surgery. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2021; 32 (4): 1103–1110. DOI: 10.1111/jce.14932. Epub 2021 Feb 18.
19. Gupta A.K., Maheshwari A., Tresch D.D., Thakur R.K. Cardiac arrhythmias in the elderly. *Card. Electrophysiol. Rev*. 2002; 6 (1–2): 120–128. DOI: 10.1023/a:1017963928016
20. Tse G., Liu T., Li K.H., Laxton V., Wong A.O., Chan Y.W. et al. Tachycardia-bradycardia syndrome: Electrophysiological mechanisms and future therapeutic approaches (Review). *Int. J. Mol. Med.* 2017; 39 (3): 519–526. DOI: 10.3892/ijmm.2017.2877. Epub 2017 Feb 6.
21. Qin M., Zhang Y., Liu X., Jiang W.F., Wu S.H., Po S. Atrial ganglionated plexus modification: a novel approach to treat symptomatic sinus bradycardia. *JACC Clin. Electrophysiol*. 2017; 3 (9): 950–959.
22. Aksu T., Gopinathannair R., Bozyel S., Yalin K., Gupta D. Cardioneuroablation for treatment of atrioventricular block. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol*. 2021; 14 (9): 841–850. DOI: 10.1161/CIRCER.121.0100.18
23. Aksu T., Guler T.E. Cardioneuroablation in the management of vasovagal syncope, sinus node dysfunction and functional atrioventricular block: patient selection based on supporting evidence. *J. Atr. Fibrillation*. 2020; 13 (1): 2396. DOI: 10.4022/jafib.2396
24. Deharo J.C. Pathways for training and accreditation for transvenous lead extraction: *Eur. Heart Rhythm. Assoc. Europace*. 2012; 14 (1): 124–134. DOI: 10.1093/eurpace/eur338

Поступила 07.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

УДК 616.12-008.313.2
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.6

ВЛИЯНИЕ АНАТОМИИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ И ЛЕГОЧНЫХ ВЕН НА ФИБРИЛЛЯЦИЮ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: обзорная статья

Д.С. Фомина, А.Г. Филатов, Р.З. Шалов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Москва, Российская Федерация

Фомина Дарья Сергеевна, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-5211-2237
Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, заведующий отделом рентгенохирургической и интервенционной диагностики и лечения аритмий; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Шалов Руслан Замирович, канд. мед. наук, мл. науч. сотр.; orcid.org/0000-0002-4403-2536, e-mail: shal.ruslan@mail.ru

Фибрилляция предсердий – наиболее распространенное нарушение ритма – не только влияет на качество жизни пациентов, но и ухудшает их прогноз. Распространенность ФП увеличивается с возрастом: от 0,7% в возрастной группе 50–59 лет до 17,8% в группе 85 лет и старше. С 1998 г. известна важность эктопической активности устьев легочных вен в возникновении ФП и предложен метод циркулярной изоляции устьев легочных вен (ЛВ) как метод лечения данной аритмии.

Следовательно, ЛВ являются важным объектом для изучения интервенционными кардиологами и электрофизиологами. Однако о нормальной анатомии ЛВ опубликовано чрезвычайно мало исследований и статей. Радиочастотная аблация, использующая радиочастоты в качестве источника энергии, получила широкое признание в качестве стандартного метода лечения пациентов с ФП. Благодаря недавним достижениям в области систем 3D-картирования и внедрению метода определения контактной силы, радиочастотная аблация становится все более эффективным и безопасным методом лечения. Метод криобаллонной аблации основан на разрушении аритмогенной зоны с помощью глубокого локального охлаждения по периметру контакта криобаллона с устьем ЛВ за один раз. Метод признан наиболее перспективной альтернативой радиочастотной аблации. Исследования FIRE и ICE показали, что криобаллонная аблация столь же эффективна и безопасна, как и радиочастотная.

Но несмотря на широкое использование интервенционного лечения ФП, уровень излечения после первоначальной аблации остается относительно низким: примерно у 30% пациентов наблюдается рецидив в краткосрочной перспективе, а около половины нуждаются в повторных операциях в течение длительного периода наблюдения.

Целью настоящего обзора было описание потенциальной взаимосвязи между анатомическими характеристиками легочных вен и рецидивом фибрилляции предсердий после интервенционного лечения, уделяя особое внимание морфометрическим характеристикам и пространственной ориентации легочных вен. Эта информация может помочь хирургу выбрать правильный катетер, расположить его во время процедуры и спланировать наиболее подходящую стратегию аблации.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, легочные вены, анатомия левого предсердия, криобаллонная аблация, радиочастотная аблация

INFLUENCE OF LEFT ATRIAL AND PULMONARY VEIN ANATOMY ON ATRIAL FIBRILLATION

D.S. Fomina, A.G. Filatov, R.Z. Shalov

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Darya S. Fomina, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-5211-2237
Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Head of the Department of X-ray Surgical and Interventional Diagnostics and Treatment of Arrhythmias; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Ruslan Z. Shalov, Cand. Med. Sci., Junior Researcher; orcid.org/0000-0002-4403-2536, e-mail: shal.ruslan@mail.ru

Atrial fibrillation, the most common rhythm disorder, not only affects the quality of life of patients, but also worsens their prognosis. The prevalence of AF increases with age: from 0.7% in the age group 50–59 years

to 17.8% in the group 85 years and older. Since 1998, the importance of ectopic activity of the ostia of the pulmonary veins in the occurrence of AF has been known, and a method of circular isolation of the ostia of the pulmonary veins has been proposed as a method of treating this arrhythmia.
Therefore, PVs are an important subject for study by interventional cardiologists and electrophysiologists. However, surprisingly few studies and articles have been published on the normal anatomy of the PV. Radiofrequency ablation, which uses radiofrequency as an energy source, has become widely accepted as the standard treatment for atrial fibrillation. With recent advances in 3D mapping systems and the introduction of contact force sensing, radiofrequency ablation is becoming an increasingly effective and safe treatment option. The cryoballoon ablation method is based on the destruction of the arrhythmogenic zone using deep local cooling along the perimeter of the cryoballoon contact with the mouth of the pulmonary veins at a time. It is recognized as the most promising alternative to radiofrequency ablation. FIRE and ICE studies have shown that cryoballoon ablation is as effective and safe as radiofrequency ablation.
But despite the widespread use of interventional treatment for atrial fibrillation, cure rates after initial ablation remain relatively low, with approximately 70% of patients experiencing a recurrence in the short term, and about half requiring repeat operations during long-term follow-up
The purpose of this study was to examine the potential relationship between the anatomical characteristics of the pulmonary veins and the recurrence of atrial fibrillation after interventional treatment, focusing on the morphometric characteristics and spatial orientation of the pulmonary veins. This information can help the surgeon select the correct catheter, position it during the procedure, and plan the most appropriate ablation strategy.

Key words: atrial fibrillation, pulmonary veins, anatomy of the left atrium, cryoballoon ablation, radiofrequency ablation

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенное нарушение ритма – не только влияет на качество жизни пациентов, но и ухудшает их прогноз [1–3]. Распространенность ФП увеличивается с возрастом: от 0,7% в возрастной группе 50–59 лет до 17,8% в группе 85 лет и старше. ФП связана с увеличением в 5,6 раза риска ишемического инсульта, развитием и прогрессированием дисфункции левого желудочка (ЛЖ), нарушением когнитивных функций и повышенным риском внезапной сердечной смерти [3]. Преимущества консервативной стратегии поддержания синусового ритма нивелируются побочными эффектами антиаритмической терапии [2]. В 1998 г. M. Haïssaguerre et al. продемонстрировали важность эктопической активности устьев легочных вен (ЛВ) в возникновении ФП [4]. Позже был предложен метод циркулярной изоляции устьев ЛВ. Достижение полной электрической изоляции устьев ЛВ является краеугольным камнем катетерной аблации ФП [1]. Для достижения полной изоляции ЛВ необходимо создать непрерывную круговую линию аблации, обеспечивающую трансмуральное повреждение.

Несмотря на широкое использование интервенционного лечения ФП, уровень излечения после первоначальной аблации остается относительно низким: примерно у 30% пациентов наблюдается рецидив в краткосрочной перспективе, а около половины требуют повторных операций в течение длительного периода наблюдения. Поэтому были предприняты значительные усилия по прогнозированию преимуществ катетерной аблации для отдельных пациентов. В исследованиях изучались различные показатели, такие как диаметр левого предсердия (ЛП), индекс объема ЛП и фракция выброса (ФВ) левого желудочка, чтобы понять их влияние на развитие рецидивов ФП после радиочастотной аблации (РЧА) [2]. Однако выводы ретроспективных исследований относительно того, может ли диаметр ЛВ надежно предсказать рецидив ФП, оказались противоречивыми [5–7]. Кроме того, некоторые исследования были сосредоточены на влиянии показателей, связанных с размером и анатомической морфологией ЛВ, на рецидив ФП после РЧА, включая диаметр ЛВ и индекс поперечного сечения ЛВ. Основное внимание в данной работе было направлено на обзор статей, связанных с влиянием морфометрических характеристик и пространственной ориентации ЛВ на эффективность и безопасность интервенционного лечения ФП.

Анатомия левого предсердия и легочных вен

Легочные вены являются важными кровеносными сосудами, транспортирующими оксигенированную кровь из легких в ЛП. Сверху они открываются на заднелатеральную поверхность ЛП, обычно их четыре. Анатомия ЛВ и расположение их устьев в ЛП могут усложнять проведение интервенционного лечения практикующими врачами. Например, отверстия правых ЛВ находятся рядом с межпредсердной перегородкой (МПП), поэтому при работе в этой области необходимо соблюдать осторожность.

Аритмогенность самих ЛВ объясняется наличием миокарда предсердий в их средней оболоч-

ке – особенность, впервые описанная H. Natthan и M. Eliakim [8]. Эти поперечно-полосатые мышцы содержат пейсмекер клетки («Р») и клетки Пуркинье, аналогичные тем, которые присущи проводящей системе сердца. Эти данные подтверждаются тем фактом, что клетки развивающейся проводящей системы сердца можно обнаружить в ЛВ еще до рождения. Считается, что спонтанная деполяризация этих клеток приводит к выработке эктопических электрических импульсов, которые нарушают нормальный синусовый ритм предсердий и, следовательно, вызывают возникновение ФП [9].

Соединение предсердий и ЛВ также содержит субстрат для хронической фибрилляции предсердий. В структуре ЛВ имеются «миокардиальные рукава», которые представляют собой тонкие продолжения миокарда предсердий и покрывают их дистальную часть. Эти «рукава» миокарда играют важную роль в развитии наджелудочковых аритмий, в частности ФП [8, 10].

На возможность развития ФП может влиять также и различное расположение отверстий ЛВ [11]. Следовательно, ЛВ являются важным объектом для изучения интервенционными кардиологами и электрофизиологами.

О типичной анатомии ЛВ опубликовано не так много исследований и статей. Никаких данных о точном размере ЛВ или частоте и распределении аномальных анатомических структур не предоставлено. Одно из патологоанатомических исследований, включавшее 26 человеческих сердец, показало, что краниокаудальный, переднезадний и медиолатеральный размеры ЛП составляют 4,5±1,4, 3±0,8, и 4±1,2 см соответственно [12]. В этом исследовании не было выявлено различий в диаметре 4 ЛВ, а средний диаметр их устьев составил от 1,0±0,2 до 1,2±0,2 см. Вариантная анатомия была зарегистрирована в 6 (23%) из 26 сердец.

Используя контрастную венографию, W. S. Lin et al. первыми оценили размер ЛВ у пациентов с ФП. Результатами этого исследования было то, что диаметр верхних ЛВ был больше, чем диаметр нижних ЛВ [13]. В дальнейшем эти авторы использовали неинвазивные методы диагностики для оценки анатомии ЛВ и получили такие же результаты. Так же они выяснили, что верхние ЛВ у пациентов с ФП были больше в диаметре. Но в некоторых исследованиях высокие показатели успеха изоляции объясняются небольшим диаметром устьев ЛВ, а также наличием тонких «рукавов» миокарда, которые локализуются только в небольшой части устья ЛВ, что позволяет легко разорвать электрофизиологические связи между ЛВ и ЛП [14].

J. Chen. et al. [15], однако, отмечают, что небольшой диаметр устья правых ЛВ может не только создавать проблемы при введении катетеров, но и привести к тому, что не будет достигнута изоляция их устьев. Это может частично объяснить частоту рецидивов ФП после РЧА [16].

Мультиспиральная компьютерная томография (КТ) сердца и магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца являются наиболее распространенным методом оценки анатомии ЛП [17, 18].

Предпроцедурная диагностика ценна для оценки анатомии и размеров ЛП, для исключения тромбоза ЛП, а также для оценки количества и анатомической конфигурации легочных вен. Эта информация может помочь хирургу выбрать правильный катетер, расположить его во время процедуры и спланировать наиболее подходящую стратегию аблации. Кроме того, КТ дает информацию о ходе пищевода относительно ЛП и ЛВ, анатомии верхней и нижней полой вены, а также расположении овальной ямки. Наличие липоматозной гипертрофии межпредсердной перегородки может препятствовать проведению транссептальной пункции. КТ-изображения также можно использовать для совмещения с электроанатомическими картами в реальном времени, что потенциально может сократить время процедуры и рентгеноскопическую радиационную нагрузку.

Интервенционное лечение пациентов с фибрилляцией предсердий при вариантной анатомии левого предсердия и легочных вен

РЧА, использующая радиочастоты в качестве источника энергии, получила широкое признание в качестве стандартного метода лечения пациентов с ФП. Благодаря недавним достижениям в области систем 3D-картирования и внедрению метода определения контактной силы (CF), РЧА становится все более эффективным и безопасным методом лечения [19].

Поскольку успех РЧА в лечении ФП во многом зависит от точного предоперационного картирования источников эктопических очагов, в нескольких исследованиях «случай–контроль» изучали взаимосвязь между ФП и анатомическими вариациями ЛВ. Однако небольшой размер выборки, использованный в большинстве этих исследований, может не позволить сделать однозначные выводы относительно взаимосвязи [20]. Кроме того, существуют противоречивые результаты относительно левого

общего устья (ствол) ЛВ: некоторые исследования сообщают о его более высокой распространенности у пациентов с ФП, в то время как в других сообщается о более высокой его распространенности у пациентов с нормальным синусовым ритмом [21].

На принятие метода катетерной аблации в качестве метода выбора при лекарственно-устойчивой ФП во многом повлияло признание того, что ЛВ играют решающую роль в патофизиологии ФП [4, 8]. Было высказано предположение, что анатомические вариации ЛВ могут быть предрасполагающим фактором для ФП [12]. Таким образом, правильное понимание взаимосвязи между вариантами ФП и ЛВ может значительно улучшить таргетирование и постпроцедурный успех РЧА. Результаты данного исследования показывают, что наличие добавочной правой среднедолевой ЛВ (ПСЛВ), а также увеличение остиальных диаметров ЛВ значимо связаны с ФП.

На основании этого можно предположить, что существует значительная связь между дополнительными ЛВ и ФП, так как увеличивается количество миокардиальных «рукавов» ЛВ. В исследовании от 2019 г. правильная анатомия ЛВ (2 левые ЛВ, 2 правые ЛВ) выявлена у 59 (73,7%) пациентов, левый общий ствол (ЛОС) выявлен у 15 (18,7%) пациентов, обнаружена добавочная ПСЛВ у 5 (6,25%) пациентов и у одного пациента наблюдались как ЛОС, так и ПСЛВ [22]. Средняя продолжительность наблюдения составила 14 (12; 15) мес. Синусовый ритм сохранен у 50 (62,5%) больных. Возраст, пол, прием антиаритмических препаратов и наличие сопутствующих сердечных заболеваний не были предикторами рецидива ФП. Диагностика персистирующей ФП до РЧА была более тесно связана с увеличением частоты рецидивов ФП после РЧА, по сравнению с пароксизмальной ФП ($p = 0,01$). Более длительное время процедуры (>265 мин) было связано с рецидивом ФП ($p = 0,04$). У пациентов с индексом объема ЛП более 48,5 мл/м^2 чаще возникал рецидив ФП ($p = 0,006$). Многомерный анализ риска рецидива показал, что только больший индекс объема ЛП и вариант анатомии ЛВ были независимо связаны с рецидивом ФП. Однако увеличение объема ЛП является наиболее важным прогностическим фактором риска рецидива ФП после катетерной аблации. Вариантная анатомия ЛВ была единственным независимым прогностическим фактором, связанным с более высокой частотой рецидивов ФП.

Результаты метаанализа от 2023 г. показали, что у пациентов с ФП средний диаметр ЛВ был значительно больше, чем у пациентов без ФП [23]. Примечательно, но полученные данные позволяют сделать вывод, что средняя разница в диаметре ЛВ между пациентами с ФП и без нее была относительно небольшой, хотя в предыдущих исследованиях сообщалось об увеличении ЛВ у пациентов с ФП. Однако взаимосвязь между анатомией ЛВ и исходом РЧА при ФП остается в значительной степени неизвестной. Некоторые исследования показали, что увеличенный диаметр ЛВ является независимым предиктором послеоперационного рецидива ФП. Другие исследования с относительно большими размерами выборки дали противоречивые результаты относительно использования диаметра ЛВ в качестве предиктора рецидива ФП после РЧА [23]. Результаты данного обзора согласуются с большинством предыдущих исследований, подчеркивая важность включения этих показателей в повседневную клиническую практику. По сравнению с другими классическими показателями, такими как диаметр ЛП и индекс объема ЛП, результаты исследований доказывают, что размер ЛВ обеспечивает новую стратегию прогнозирования ФП. Однако изолировать электрическую активность ЛВ левого предсердия технически сложно из-за их большого размера. Недостаточно трансмуральное поражение миокарда также может повысить вероятность повторного соединения между ЛВ и ЛП, что является наиболее распространенной причиной развития рецидива ФП. Пациентам с более крупными ЛВ может потребоваться аблация более длинных и крупных участков. Это усложняет создание постоянного, трансмурального и непрерывного поражения, тем самым увеличивая риск рецидива и реконнекции ЛВ и ЛП. Кроме того, большой размер ЛВ может проявлять гистологические и электрофизиологические аномалии, создавая аберрантный субстрат, вызывающий ФП.

С момента выпуска криобаллона первого поколения (Arctic Front, Medtronic, Миннеаполис, Миннесота) в 2010 г. в США данные как одноцентровых, так и многоцентровых исследований показали успех в раннем послеоперационном периоде и свободу от ФП в течение 3 лет. Хотя современные методы количественной оценки РЧА, такие как индекс аблации, позволяют оптимизировать параметры аблации для непрерывной линии поражения, воздействие криоэнергии на ткани является более «деликатным» [23]. Криопоражения имеют гладкие, четко очерченные границы и меньшее образование эндокардиальных тромбов по сравнению с РЧ-поражениями. Существует «консервирующее» действие криовоздействия на коллаген, эластические волокна и микроциркуляторное русло. Метод крио-

баллонной аблации (КА) основан на разрушении аритмогенной зоны с помощью глубокого локального охлаждения по периметру контакта криобаллона с устьем ЛВ за один раз. КА признана наиболее перспективной альтернативой РЧА. Исследования FIRE и ICE показали, что КА столь же эффективна и безопасна, как и РЧА [24]. Кроме того, частота рецидивов ФП после КА сопоставима с таковой после РЧА [25, 26]. В нескольких отчетах описываются успех в раннем послеоперационном периоде, рецидив ФП и осложнения после КА на основании анатомии ЛВ с использованием КТ. Однако связь между анатомией и безопасностью или эффективностью КА до конца не выяснена.

Одним из наиболее спорных вопросов криобаллонной техники является важность анатомического фактора. В литературе данные по этому поводу противоречивы и ограничены, особенно при наличии крупных ЛВ [27, 28].

В комплексном систематическом анализе от 2021 г. об успешности процедур, частоте рецидивов ФП и осложнений КА в зависимости от анатомии ЛП и ЛВ на основе предпроцедурной КТ, выявлено несколько ключевых анатомических особенностей, влияющих на успешность проведения КА [29].

Есть три аспекта трудностей при проведении КА: длина ЛВ, угол отхождения ЛВ от ЛП и диаметр устья ЛВ.

Анатомические факторы успеха изоляции/рецидива фибрилляции предсердий при криобаллонной аблации легочных вен

В нескольких статьях сообщалось о случаях повторной изоляции ЛВ при использовании криобаллона для левой верхней ЛВ (ЛВЛВ), поскольку ее верхняя часть имела особую тенденцию к реконнекции с ЛП. ЛВЛВ обычно имеет вертикальное отхождение и большое устье. Однако плотность прилегания катетера может быть нарушена из-за большого расстояния от МПП. В частности, крышу ЛВЛВ может быть трудно закрыть полусферой баллона, даже если баллон и интродьюсер имеют правильное направление и достаточную силу для прижатия к устью ЛВ. Левую нижнюю ЛВ (ЛНЛВ) сложно полностью изолировать с помощью криобаллона, поскольку для обеспечения коаксиального положения баллона требуются высокая маневренность и гибкость направляющего интродьюсера. Это исследование показало, что меньший угол отхождения правой верхней ЛВ (ПВЛВ) по отношению к МПП был предиктором успеха, а больший – предиктором рецидива ФП, так как полусфере баллона может быть трудно коснуться верхней части ПВЛВ у пациентов с меньшим углом отхождения ПВЛВ от ЛП. Нижняя часть правой нижней ЛВ (ПНЛВ) является наиболее трудной для изоляции частью, на что влияет расстояние между МПП и ПНЛВ. Продвижение криобаллона к устью ПНЛВ при анатомическом строении с низким положением ПНЛВ со стороны некоронарной створки и ПНЛВ, имеющей острый угол впадения от МПП, считалось трудным, поскольку необходимо создать этот острый угол с помощью жесткого катетера.

Для решения этих проблем врачи начали улучшать процедурную технику и совершенствовать само устройство [30].

Чтобы справиться с проблемой угла отхождения ЛВ, особенно с ПНЛВ, пункция на передней стороне МПП может быть предпочтительна для доступа к ПНЛВ. При проколе на передней стороне МПП хирург может иметь достаточное расстояние для того, чтобы согнуть интродьюсер и криобаллон от МПП до ПНЛВ. Для пациентов с большой ПНЛВ или ЛНЛВ полезен метод «pull-down» (от англ. «тянуть вниз», прием изоляции нижнего края ЛВ, при котором криобаллон по достижении необходимых температур воздействия у верхнего края ЛВ, опускается к ее нижнему краю) [31]. Методика «хоккейной клюшки» полезна для достижения контакта криобаллона по нижней окружности ЛВ у пациентов с ранним разветвлением нижних ЛВ. В случае мелкого диаметра ЛВ или в качестве стратегии безопасности в случае сложной вариантной анатомии криобаллон меньшего диаметра полезен для изоляции ЛВ [32].

Заключение

Результаты настоящего анализа подтверждают гипотезу о том, что вариации впадения ЛВ в ЛП предрасполагают к развитию рецидива ФП после интервенционного лечения. Однако все исследования в данных анализах были одноцентровыми, и большинство предикторов, обсуждавшихся в каждом исследовании, различались. Различались также методы предоперационной диагностики, методика хирургов и т.д.

Для увеличения эффективности лечения пациентов с ФП со сложной вариантной анатомией необходимо провести исследование с использованием унифицированного подхода к подбору пациентов, предоперационной диагностике и методике проведения интервенционного лечения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Calkins H., Hindricks G., Cappato R., Camm A.J., Chen S.A., Davies D.W. et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. Europace. 2018; 20 (1): e1–e160. DOI: 10.1093/eurospace/eux274
2. Аванесян Г.А., Филатов А.Г. Биофизические аспекты аблации миокардиальной ткани при лечении пациентов с фибрилляцией предсердий. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (1): 23–31. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.1.4
   Avanesyan G.A., Filatov A.G. Biophysical aspects of myocardial tissue ablation in the treatment of patients with atrial fibrillation. *Annals of Arrhythmology*. 2022; 19 (1): 23–31 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.1.4
3. Акилджонов Ф.Р., Бузиашвили Ю.И., Асымбекова Э.У., Тугеева Э.Ф. Фибрилляция предсердий у онкологических пациентов. *Клиническая физиология кровообращения*. 2022; 19 (1): 16–24. DOI: 10.24022/1814-6910-2022-19-1-16-24
   Akildzhonov F.R., Buziashvili Yu.I., Asymbekova E.U., Tugeeva E.F. Atrial fibrillation in cancer patients. *Clinical Physiology of Circulation*. 2022; 19 (1): 16–24 (in Russ.). DOI: 10.24022/1814-6910-2022-19-1-16-24
4. Haïssaguerre M., Jaïs P., Shah D.C., Takahashi A., Hocini M., Quiniou G., et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N. Engl. J. Med*. 1998; 339 (10): 659–666. DOI: 10.1056/NEJM199809033391003
5. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., Arbelo E., Bax J.J., Blomström-Lundqvist C. et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 373–498. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa612
6. Xu B., Xing Y., Xu C., Liang S., Zhang H., Wang J., et al. A left common pulmonary vein: anatomical variant predicting good outcomes of repeat catheter ablation for atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2019; 30 (5): 717–726. DOI: 10.1111/jce.13876
7. Голухова Е.З., Филатов А.Г., Аванесян Г.А., Шварц В.А., Шалов Р.З., Темирбулатов И.А. и др. Проспективное рандомизированное исследование «ПРИОРИТЕТ-ФП». *Креативная кардиология*. 2024; 18 (3): 317–327. DOI: 10.24022/1997-3187-2024-18-3-317-327
   Golukhova E.Z., Filatov A.G., Avanesyan G.A., Shvartz V.A., Shalov R.Z., Temirbulatov I.A et. al. Comparative analysis of RFA and cryoablation in persistent AF: PRIORITY-AF. *Creative Cardiology*. 2024; 18 (3): 317–327 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2024-18-3-317-327
8. Nathan H., Eliakim M. The junction between the left atrium and the pulmonary veins: an anatomic study of human hearts. *Circulation*. 1966; 34 (3): 412–422.
9. Ehrlich J.R., Cha T.J., Zhang L., Chartier D., Melnyk P., Hohnloser S.H., et al. Cellular electrophysiology of canine pulmonary vein cardiomyocytes. *J. Physiol*. 2003; 551: 801–813.
10. Drozdova I.M., Bukhtoyarov N.N., Sedova Yu.V. Morphology of myocardial sleeves of pulmonary veins in AF. Morfologiya. 2016; 149 (3): 72–78.
11. Gebhard C., Krasniqi N., Stähli B.E., Biaggi P., Fehr T., Grünenfelder J. et al. Characterization of pulmonary vein dimensions using high-definition 64-Slice computed tomography prior to radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Cardiol. Res. Pract*. 2014; 2014: 179632. DOI: 10.1155/2014/179632
12. Dudkiewicz D., Słodowska K., Jasińska K.A., Kosior D.A., Hładij R. The clinical anatomy of the left atrial structures used as landmarks in ablation of arrhythmogenic substrates. *Transl. Res. Anat.* 2021; 23 (3): 100102. DOI: 10.1016/j.tria.2020.100102
13. Lin W.S., Prakash V.S., Tai C.T., Hsieh M.H., Tsai C.F., Lin Y.K., et al. Pulmonary vein morphology in paroxysmal atrial fibrillation initiated by ectopic beats: implications for catheter ablation. *Circulation*. 2000; 101 (11): 1274–1281. DOI: 10.1161/01.CIR.101.11.1274
14. Farkasova B., Toman A., Pospisil D., Musil V., Rozsivalova A. Pulmonary vein morphology in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation. *Cardiovasc. Eng. Technol*. 2024. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s13239-024-00738-x
15. Chen J., Yang Z.G., Xu H.Y., Yu J.Q., Shi K., Dong Z.H., et al. Assessment of pulmonary vein and left atrial anatomical variants in AF patients by cardiac CT. *Eur. Radiol*. 2017; 27 (2): 660–670. DOI: 10.1007/s00330-016-4411-6
16. Аванесян Г.А., Темирбулатов И.А., Сапарбаев А.А. Этапный подход в лечении фибрилляции предсердий у пациента с коморбидной патологией. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (2): 90–95. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.2.4
    Avanesyan G.A., Temirbulatov I.A., Saparbaev A.A. A staged approach to the treatment of atrial fibrillation in a patient with comorbid pathology. *Annals of Arrhythmology*. 2022; 19 (2): 90–95 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.2.4
17. Аванесян Г.А., Филатов А.Г. Нарушения ритма сердца после COVID-19: эпидемиология, этиология и патофизиология. *Анналы аритмологии*. 2023; 20 (1): 52–58. DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.6
    Avanesyan G.A., Filatov A.G. Heart rhythm disturbances after COVID-19. Epidemiology, etiology and pathophysiology. *Annals of Arrhythmology*. 2023; 20 (1): 52–58 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.6
18. Squara F., Latcu D.G., Massaad Y., Mahjoub M., Bun S.S., Saoudi N. Contact force and force-time integral in atrial radiofrequency ablation predict transmurality of lesions. *Europace*. 2014; 16: 660–667.
19. Nogami A., Kurita T., Abe H., Sato T., Aizawa Y., Hagiwara N., et al. JCS/JHRS 2018 guideline on non-pharmacotherapy of cardiac arrhythmias. *J. Arrhythm*. 2021; 37 (4): 709–870. DOI: 10.1002/joa3.12491
20. Cheruiyot I., Munguti J., Olabu B., Gichangi P. Meta-analysis: anatomical variations of pulmonary veins and atrial fibrillation. *Acta Cardiol*. 2020; 75 (1): 1–9. DOI: 10.1080/00015385.2018.1544204
21. Хамнагадаев И.А., Кармазановский Г.Г., Атаев Г.Ш., Нургазизов М.З. Морфологические особенности дистального отдела легочных вен при фибрилляции предсердий по данным КТ. *Российский электронный журнал радиологии*. 2019; 9 (4): 103–111.
    Khamnagadeyev I.A., Karmazanovsky G.G., Ataev G.Sh., Nurgazizov M.Z. Morphological features of the distal part of the pulmonary veins in AF patients by CT. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019; 9 (4): 103–111 (in Russ.).
22. Qi D., Zhang J. Relationship between pulmonary vein anatomy and AF recurrence after RF ablation: systematic review and meta-analysis. *Front. Cardiovasc. Med*. 2023; 10: 1235433. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1235433
23. Kuck K.H., Fürnkranz A., Chun K.R., Metzner A., Ouyang F., Schlüter M., et al. Cryoballoon vs radiofrequency ablation for paroxysmal AF: FIRE AND ICE trial. *Eur. Heart J*. 2016; 37 (38): 2858–2865. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw285
24. Wolf P.A., Abbott R.D., Kannel W.B. Atrial fibrillation: a major contributor to stroke in the elderly. The Framingham Study. *Arch. Intern. Med.* 1987; 147: 1561–1564. DOI: 10.1001/archinte.1987.00370090041008
25. Khoueiry Z., Albenque J.P., Providencia R., Combes S., Combes N., Boveda S., et al. Outcomes after cryoablation vs. RF ablation in paroxysmal AF: impact of PV anatomy. *Europace*. 2016; 18 (9): 1343–1351. DOI: 10.1093/europace/euv419
26. Heeger C.H., Tscholl V., Wissner E., Reißmann B., Mathew S., Deiss S., et al. Cryoballoon isolation in patients with left common pulmonary vein: multicenter study. *Heart Rhythm*. 2017; 14 (8): 1111–1118. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.05.003
27. Hayashi T., Murakami M., Saito S., Iwasaki K. Anatomical difficulty of cryoballoon ablation: insights from CT. *Open Heart*. 2022; 9 (1): e001724. DOI: 10.1136/openhrt-2021-001724
28. Mamchur S., Chichkova T., Khomenko E., Kokov A. Morphometric characteristics and orientation of pulmonary veins influence cryoballoon results. *Diagnostics*. 2022; 12 (6): 1322. DOI: 10.3390/diagnostics12061322
29. Su W., Kowal R., Kowalski M., Ludwig T., Metzner A., Shah D., et al. Best practice guide for cryoballoon ablation in atrial fibrillation: experience from 3000 procedures. *Heart Rhythm*. 2015; 12 (7): 1658–1666. DOI: 10.1016/j.hrthm.2015.03.021
30. Hartl S., Dorwarth U., Bunz B., Schmidt M., Wankerl M., Held E., et al. Lessons from individualized cryoballoon sizing: is there a role for the small balloon? *J. Cardiol*. 2017; 70 (4): 374–381. DOI: 10.1016/j.jjcc.2016.12.016
31. Аванесян Г.А., Темирбулатов И.А., Филатов А.Г., Сапарбаев А.А. Электрофизиологический подход к лечению сложных форм фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (3): 41–47. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.3.4
    Avanesyan G.A., Temirbulatov I.A., Filatov A.G., Saparbaev A.A. Electrophysiological approach to the treatment of complex atrial fibrillation. *Annals of Arrhythmology*. 2022; 19 (3): 41–47 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.3.4
32. Филатов А.Г., Шалов Р.З., Темирбулатов И.А., Мамчур С.А., Сапарбаев А.А., Аванесян Г.А. и др. Современные методы картирования и аблации при персистирующей форме фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2023; 20 (1): 14–22. DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.4
    Filatov A.G., Shalov R.Z., Temirbulatov I.A., Mamchur S.A., Saparbaev A.A., Avanesyan G.A. et al. Modern methods of mapping and ablation in persistent atrial fibrillation. *Annals of Arrhythmology*. 2023; 20 (1): 14–22 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.4

Поступила 20.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

Рубрика: электрокардиостимуляция

УДК 616.12-089.843-77
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.7

ЭВОЛЮЦИЯ МИОКАРДИАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Тип статьи: обзорная статья

А.С. Сатюкова, М.А. Бажин, Д.И. Минаев, О.И. Курчатова, З.Г. Панагов, А.В. Щербак, А.В. Гранков

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Сатюкова Анна Сергеевна, заведующая лабораторией контроля качества; orcid.org/0000-0001-5948-1193
Бажин Михаил Александрович, ведущий инженер; orcid.org/0009-0008-2157-6478
Минаев Дмитрий Иванович, ведущий инженер; orcid.org/0009-0004-4084-7828
Курчатова Ольга Ивановна, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-9200-4206, e-mail: oikurchatova@bakulev.ru
Панагов Залим Григорьевич, врач-кардиолог; orcid.org/0000-0003-2018-9077
Щербак Анастасия Витальевна, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-0723-9028
Гранков Андрей Вячеславович, врач-методист; orcid.org/0000-0003-1391-5624

Путь развития медицины в лечении аритмий весьма насыщен, включает в себя большое количество открытий, которые на данный момент позволяют успешно лечить тысячи больных, при этом улучшая качество их жизни или полностью восстанавливая физическую активность. Однако ныне отмечаются случаи, которые расширяют границы применения электрокардиостимуляции. Все больше внимания уделяется минимизации риска и осложнений, связанных с процедурой имплантации, наблюдению за пациентами с имплантированным электрокардиостимулятором и устройствами удаленного мониторинга. Соответственно, стремительно меняются и усовершенствуются модели электрокардиостимулятора, выполняющего роль искусственного водителя ритма сердца, а также его техническое обеспечение. В данном обзоре освещены как исторические аспекты развития электрокардиостимуляции, так и наиболее важные и самые современные технические достижения и концепции электротерапии.

Ключевые слова: электрокардиостимуляция, миокардиальные электроды, эпикардиальные электроды, эндокардиальные электроды

THE EVOLUTION OF MYOCARDIAL STIMULATION IN CLINICAL PRACTICE

A.S. Satyukova, M.A. Bazhin, D.I. Minaev, O.I. Kurchatova, Z.G. Panagov, A.V. Shcherbak, A.V. Grankov

Bakoulev National Madical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Anna S. Satyukova, Head of Laboratory; orcid.org/0000-0001-5948-1193
Mikhail A. Bazhin, Leading Engineer; orcid.org/0009-0008-2157-6478
Dmitriy I. Minaev, Leading Engineer; orcid.org/0009-0004-4084-7828
Olga I. Kurchatova, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-9200-4206, e-mail: oikurchatova@bakulev.ru
Zalim G. Panagov, Cardiologist; orcid.org/0000-0003-2018-9077
Anastasiya V. Shcherbak, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-0723-9028
Andrey V. Grankov, Physician-Methodologist; orcid.org/0000-0003-1391-5624

The path of medical development in the treatment of arrhythmias is very rich, it includes a large number of discoveries that currently make it possible to successfully treat thousands of patients, while improving their quality of life or fully restoring their physical activity. However, to this day, there are cases that expand the boundaries of the use of electrocardiostimulation. There has been an increasing interest in minimizing the risk and complications associated with the implantation procedure, in monitoring patients with implanted pacemaker and remote monitoring devices. Accordingly, the models of the pacemaker, which acts as an artificial heart rhythm driver, as well as its technical support, are rapidly changing and improving. This review will cover both the historical aspects of the development of electrocardiostimulation, as well as the most important and most modern technical achievements and concepts of electrotherapy.

Keywords: electrocardiostimulation, myocardial electrodes, epicardial electrodes, endocardial electrodes

Введение

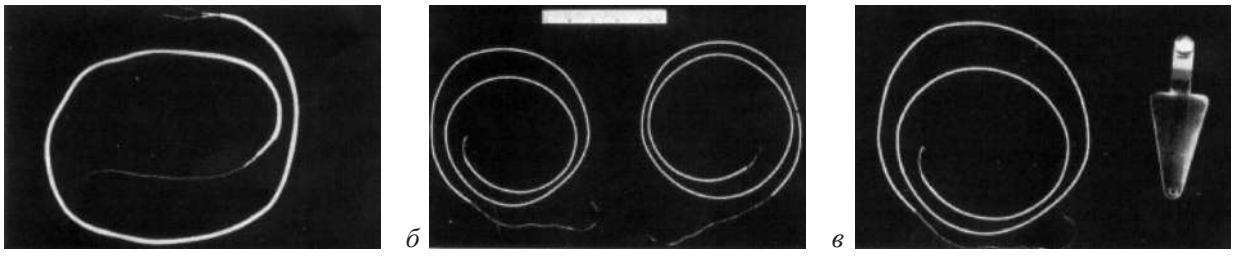
Электрокардиостимуляция (ЭКС) является эффективным методом лечения больных с брадисистолическими нарушениями ритма сердца и проводимости, а также больных с высоким риском внезапной сердечной смерти. За последние годы с развитием технологий и медицины в целом появились новые клинические ситуации (ЭКС после транскатетерной имплантации аортального клапана, сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) при сердечной недостаточности (СН), при различных кардиомиопатиях), которые расширяют показания к применению электрокардиостимуляции [1]. Также развиваются направления стимуляции новых структур сердца – пучка Гиса и левой ножки пучка Гиса. Кроме того, увеличилось внимание к минимизации риска и осложнений, связанных с процедурой имплантации, к наблюдению за пациентами с имплантированным электрокардиостимуляторами и устройствами удаленного мониторинга [2, 3]. Соответственно, стремительно меняются и усовершенствуются модели электрокардиостимулятора, выполняющего роль искусственного водителя ритма сердца, а также его техническое обеспечение [4].

Исторический очерк

История кардиостимуляции началась несколько веков назад и ее основы, такие как базовая электрофизиология и прикладная электротерапия, заложены в конце XVIII века. В 1771 г. итальянский врач Луиджи Гальвани опубликовал свои первые экспериментальные результаты, характеризующие воздействие электрического тока на мышцы лапок и сердца мертвых лягушек, заложив основу современной электрофизиологии сердца. Первое упоминание о внешней стимуляции сердца датируется 1774 г. в реестре Королевского гуманного сообщества Лондона. Ранние попытки искусственной стимуляции человеческого сердца начались в 1930-х годах с пионерских опытов австралийского анестезиолога Марка Лидвила и американского физиолога Альберта Хаймана в условиях сердечной реанимации. Альберт Хайман впервые сообщил о «реанимации остановившегося сердца с помощью интракардиальной терапии» путем «экспериментального использования искусственного водителя ритма», употребив термин, который мы используем и по сей день [5, 6].

В 1950-х и начале 1960-х годов исторический опыт Уилфреда Бигелоу, Джона Каллагана, Джека Хоппса и Пола Золла создал основу для развития технологии кардиостимуляции и клинического применения кардиостимуляторов для лечения сердечных аритмий. Первый полностью имплантируемый кардиостимулятор был установлен в Стокгольме в 1958 г. кардиохирургом Оке Сеннингом с использованием устройства, созданного инженером-медиком Руне Элмквистом. Устройство было успешно имплантировано Арне Ларсонну, 43-летнему пациенту, страдавшему от приступов Стокса–Адмана, вызванных вторичным миокардитом. Первое устройство весило 180 г (по сравнению с 20–50 г современных электрокардиостимуляторов), и генератор импульсов вышел из строя в течение нескольких часов после замены имплантата в тот же день [7].

Одной из проблем того времени стала послеоперационная полная блокада сердца из-за повреждения проводящей системы во время хирургического лечения, а используемая тогда трансторакальная высоковольтная стимуляция была слишком травматичной для пациентов детского возраста. Детский кардиохирург Уолтон Лиллехай и его коллеги впервые разработали миокардиальный провод: многожильный плетеный провод из нержавеющей стали в тефлоновой оболочке. Один конец провода был имплантирован непосредственно в миокард, а другой конец был выведен наружу через надрез и подключен к стимулятору. Индифферентный электрод был установлен под кожу, чтобы замкнуть цепь. Для эффективной стимуляции требовалось всего 1,5 В, поскольку был прямой контакт с миокардом. Не отмечено отторжения и повреждения «бьющегося» сердца, и провод можно было легко удалить,



а *б* *в*

Рис. 1. Провод для стимуляции миокарда и индифферентный электрод (*а–в*) [8]

потянув за него, как только возобновилась нормальная проводимость сердца (рис. 1) [8].

Первый такой миокардиальный электрод был имплантирован в январе 1957 г. трехлетней девочке, у которой развилась блокада сердца при коррекции тетрады Фалло. Стимуляция прошла успешно, у девочки вскоре восстановился синусовый ритм, и она выжила. Миокардиальные провода начали имплантировать выборочно: они готовы к немедленному использованию в случае необходимости. Также была разработана методика их имплантации через полую иглу для нехирургических пациентов, у которых развились приступы Стокса–Адамса. Далее началась веха усовершенствования миокардиальных электродов. Создавались электроды, главным образом эндокардиальные, для временной и постоянной ЭКС. Проводились биофизические и электрохимические исследования зависимости электрических параметров (критических потенциалов) контактной поверхности электродов от их геометрической формы и площади, а также различной формы импульсов; гистологически изучалась приэлектродная зона; электродные провода испытывали на вибростенде. Были сконструированы разного типа электроды: грибковидный, расщепленный и другие [9–11].

Разновидности электродов для электрокардиостимуляции

В настоящее время в арсенале кардиохирургов имеются различные модели миокардиальных электродов. В зависимости от количества электродов, контактирующих с сердцем, различают униполярные модели – один электрод на сердце, по которому поступает импульс отрицательной полярности, и нейтральный электрод, расположенный в любом месте организма, и биполярные – оба электрода располагаются на поверхности или внутри сердца.

Электроды могут располагаться на поверхности грудной клетки – экстракардиальные модели, площадью до 50 см^2, используются в наружных чрескожных кардиостимуляторах. Такие электроды требуют высокого напряжения стимулирующего тока (80–150 В) и силы тока до 80 мА, что вызывает болезненные сокращения грудных мышц, ожог кожи, а потому применяется очень редко [12].

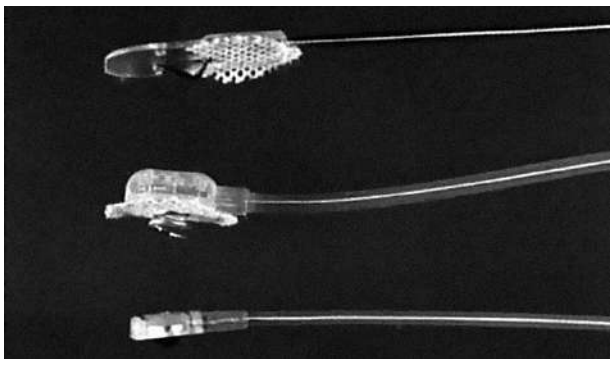


Рис. 2. Электроды по механизму фиксации

Наиболее распространенными являются кардиальные электроды, которые напрямую стимулируют сердце при непосредственном соприкосновении с ним. Эти электроды могут располагаться на внешней поверхности сердца (эпикардиальные) или же внедряются к его внутренней поверхности (эндокардиальные) [6, 11].

Эпикардиальные электроды

Целями стимуляции с помощью эпикардиальных электродов являются временное предупреждение периоперационных аритмий и восстановление нормальной гемодинамики. Основные нарушения ритма, требующие временной стимуляции, – брадикардии, узловые аритмии и атриовентрикулярные блокады. Также временная стимуляция требуется пациентам с сердечной недостаточностью [13, 14].

Эпикардиальные электроды имплантируют в условиях открытой грудной клетки (две единицы). Наиболее часто применяют многожильный провод диаметром 0,6–1 мм, оголенный конец которого в виде «метелки» закрепляют на поверхности сердца. Эпикардиальные провода изготавливаются с небольшой иглой на одном конце, которая используется для фиксации электрода к поверхности миокарда, после чего иглу отрезают.

Электроды можно разделить по механизму фиксации: некоторые модели провода свернуты в спираль, при этом фиксация выполняется посредством вкручивания в миокард, есть крючкообразные модели (Stab-In) или самые распространенные электроды, свободно подшиваемые к эпикарду (рис. 2). Большая игла на другом конце электрода используется для выведения электрода через кожу вблизи стернотомного доступа. При этом электрод важно достаточно хорошо закрепить в миокарде, чтобы избежать преждевременного смещения. В то же время необходимо установить электрод так, чтобы в конечном итоге его можно было удалить путем осторожного вытягивания, но ныне существует практика срезания электродов без их полного вытягивания [15].

Временные электроды для электрокардиостимуляции исторически устанавливали на поверхности правого желудочка после окончания основного этапа операции на сердце. Так можно обеспечить

нормальную гемодинамику при наличии выраженной брадикардии и нормальной синхронности предсердий и желудочков. С учетом возможности развития сердечной недостаточности, особенно у пациентов с тяжелой кардиальной патологией, для улучшения преднагрузки и обеспечения адекватного сердечного выброса во многих медицинских центрах принято устанавливать электроды как на предсердиях, так и на обоих желудочках. Исследования показали увеличение сердечного выброса на 25% при предсердной или атриовентрикулярной последовательной стимуляции по сравнению с желудочковой стимуляцией, и эффект был особенно выражен у пациентов с низкой фракцией выброса. По этой причине размещение проводов на правом предсердии также рекомендуется, но важно снизить вероятность осложнений [16, 17].

Осложнения во время электростимуляции остаются нередкими, и их следует иметь в виду. К основным осложнениям относятся развитие инфекции в области фиксации и хода электродов, а также повреждение стенки миокарда вплоть до развития тампонады сердца [14, 18, 19]. На данный момент нет представления о частоте осложнений, связанных с использованием эпикардиальных электродов, так как оказывают влияние множество факторов. В исследовании медицинского центра Геттингенского университета (Германия) одним из осложнений являлось кровотечение после удаления эпикардиальных электродов. Точная частота этого осложнения остается неопределенной, а его профилактика в эпоху двойной антиагрегантной терапии и современных антикоагулянтных препаратов является сложной задачей. Из 4244 пациентов лишь у 39 (0,92%) выявлены признаки перикардиального выпота. Удаление эпикардиальных электродов кардиостимулятора признано причиной кровотечения только в 8 (0,18%) случаях, а в 3,6% случаев было подозрение на перикардиальный выпот. Анализ данных этих 8 случаев показал, что у двух пациентов было первичное АКШ, у трех выполнена замена клапана, у одного – расширенная миэктомия, а у последних двух – комбинированная процедура. Исход у двух пациентов был летальным, у шести пациентов геморрагический выпот был купирован либо повторной стернотомией (n=2), либо установкой перикардиального дренажа (n=4). У двух из восьми пациентов активное кровотечение в правом желудочке потребовало наложения швов [20].

Так как все возможные риски не оценены количественно, еще ведутся дискуссии о необходимости использования эпикардиальных электродов. Многие исследования показали, что большинству пациентов так и не потребовалась электростимуляция в послеоперационном периоде. Например, в исследовании медицинской школы Университета Эмори (США) при операции аортокоронарного шунтирования 23 из 33 пациентов нуждались во временной стимуляции, а 10 пациентам стимуляция не потребовалась. При этом пациенты, которым требовалась электрокардиостимуляция, были старше, чаще это были женщины, и госпитальный период был дольше, чем у тех, кому не требовалась ЭКС. Следует отметить, что использование в предоперационном периоде бета-блокаторов, особенности анатомии коронарных артерий и количество выполненных шунтов не коррелировали с необходимостью использования электрокардиостимуляции [21]. Схожее исследование было в Иорданском университете науки и технологий, где осуществлен ретроспективный анализ историй болезни 400 пациентов, которым выполнялись операции на клапанах сердца. Временные электроды для кардиостимуляции устанавливали 230 (57,5%) пациентам, и среди них только 55 (23,9%) потребовалась временная кардиостимуляция, их данные сравнивали с данными остальных 175 (76,1%) пациентов в основном анализе. Факторы, определяющие временную стимуляцию сердца (скорректированные отношения шансов (ОШ); 95% доверительный интервал – ДИ), были следующими: пожилой возраст (ОШ 1,1; 95% ДИ 1,1–1,3, p = 0,002), функциональный класс III–IV по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (ОШ 5,6; 95% ДИ 1,6–20,2, p = = 0,008), давление в легочной артерии 50 мм рт. ст. и выше (ОШ 22,0; 95% ДИ 3,4–142,7, p = 0,01), использование дигоксина (ОШ 8,0; 95% ДИ 1,3–48,8, p = 0,024), операция на нескольких клапанах (ОШ 13,5; 95% ДИ 1,5–124,0, p = 0,021), длительность пережатия аорты 60 мин и более (ОШ 7,8; 95% ДИ 1,6–37,2, p = 0,010) и кальцификация кольца клапана (ОШ 7,9; 95% ДИ 2,0–31,7, p=0,003) [22].

В исследовании Университетской больницы Орхуса (Дания) в 2022 г. выполнили оценку рисков и результатов фиксации временных эпикардиальных электродов после операций на открытом сердце для потенциального лечения послеоперационных аритмий. Из 12 исследований, включавших оценку типа операций, основную причину стимуляции и причину зарегистрированных осложнений, в 8 исследованиях заключили, что рутинная установка временных электродов не нужна всем пациентам. В одном из исследований определили, что их следует устанавливать всегда, в то время

как авторы 3 статей пришли к выводу, что стимуляция целесообразна в послеоперационный период, но не рекомендовали частоту установки электродов [23].

Проведение временной стимуляции после операции на сердце, хоть и вызывает дискуссии среди хирургов в отдельных случаях, остается стандартом в большинстве клиник. Эффективность использования эпикардиальных электродов доказана множеством исследований даже при выполнении операции аортокоронарного шунтирования. Так, в метаанализе Тегеранского кардиологического центра (Иран) (2023 г.), включавшем 28 исследований электронных баз данных, выявлено, что частота развития атриовентрикулярной блокады, полной блокады сердца и необходимости постоянной ЭКС при атриовентрикулярной блокаде составила 1,16, 1,73 и 0,58% соответственно. Это исследование показало частоту развития осложнений, связанных с нарушениями проводимости сердца, и важность послеоперационного мониторинга [24].

Несмотря на все особенности, описанные выше, использование временных эпикардиальных электродов является неотъемлемой частью всех операций на открытом сердце, что позволяет улучшить функциональный статус пациента в ранние сроки после оперативного лечения.

Эндокардиальные электроды

Самое широкое применение получили эндокардиальные электроды, которые вводят в сердце через плечевую или яремную вену и используют как для постоянной, так и временной стимуляции.

Различают толстые (диаметром 2–3 мм) электроды, которые вводят обычно путем вскрытия вены и под рентгеновским наблюдением, и тонкие (диаметром 1–1,6 мм), которые могут быть введены путем чрескожной пункции вены, обычно под контролем внутриполостной ЭКГ, внутриполостного давления или слепым путем. При использовании синхронных кардиостимуляторов электроды используются как для стимуляции, так и для регистрации электрических сигналов, возникающих при сокращениях желудочков или предсердий. Эндокардиальные электроды могут быть желудочковые и предсердные, причем форма и конструкция их различны. По механизму фиксации эндокардиальные электроды можно разделить на активные – спиралевидные, вкручивающиеся в эндокард (рис. 3), и пассивные – лепестковые, располагающиеся в фиброзной сети сердца (рис. 4). Желудочковые электроды состоят из витого спирального провода, заключенного в полиэтиленовую или тефлоновую трубку, и имеют форму полукольца. Контактная головка биполярного электрода состоит из двух платиновых или платиноиридиевых электродов, расположенных на расстоянии около 20 мм. Основной трудностью при использовании предсердных эндокардиальных электродов является обеспечение надежного контакта со стенкой предсердия. Поэтому для лучшей фиксации используют крючкообразные предсердные электроды, верхушку которых устанавливают в ушке правого предсердия [8, 11, 25].

Электроды изготавливают из упругого многожильного провода или же провода, спирально закрученного вокруг осевого провода, концу которого придается крючкообразная форма. На верхушке электрода размещен один контакт, а на расстоянии 3–4 см от него – второй кольцеобразный контакт. Электрод может содержать несколько колец с целью лучшего контакта с эндокардом предсердия. Провод изолируется полиэтиленом или тефлоном [25, 26].

Эндокардиальные электроды широко применяются в постоянной электрокардиостимуляции, при лечении брадикардии, для коррекции гемодинамики при кардиомиопатиях, осложнениях инфаркта миокарда и сердечной недостаточности. Также при желудочковой тахикардии, фибрилляции желудочков и для предупреждения внезапной сердечной смерти используется электрическая

Рис. 3. Винтовой эндокардиальный электрод

Рис. 4. Лепестковый эндокардиальный электрод

дефибрилляция посредством имплантированного электрокардиостимулятора.

Метод эндокардиальной стимуляции в последние годы позволил получить хорошие результаты ресинхронизирующей терапии по сравнению с эпикардиальной стимуляцией [27, 28]. В исследовании Королевского колледжа Лондона продемонстрировали высокую эффективность эндокардильного метода, который позволяет проводить стимуляцию левого желудочка в любом месте, не ограничиваясь анатомией коронарного синуса, и избежать формирования фиброза тканей, в отличие от эпикардиальной стимуляции. По сравнению с эпикардиальной стимуляцией (время активации ЛЖ 79,2 ± 13,1 мс; индекс дисинхронии ЛЖ 26,6 ± 3,4 мс) ресинхронизация левого желудочка была лучше во время эндокардиальной стимуляции (время активации ЛЖ 48,5 ± 14,9 мс; P = 0,001; индекс дисинхронии 16,6 ± ± 6,4 мс; P = 0,002). Бивентрикулярная ресинхронизация была также эффективнее во время эндокардиального метода стимуляции по сравнению с эпикардиальным методом (по времени бивентрикулярной активации и индексу бивентрикулярной диссинхронии; P < 0,05) [29].

Эта же группа исследователей продемонстрировала появление более высокого аритмогенного риска при эпикардиальной стимуляции. Эндокардиальная стимуляция снижает риск желудочковой тахикардии (34%; P<0,05) по сравнению с эпикардиальной методикой при стимуляции вблизи рубца (0,2 см). Расположение эндокардиальной стимуляции не оказывает существенного влияния на риск желудочковой тахикардии, но эпикардиальная стимуляция на расстоянии 0,2 см по сравнению с 3,5 см от рубца увеличивает его (P<0,05) [30].

Однако после имплантации постоянного электрокардиостимулятора в отдаленном периоде возникают различные осложнения. К самым встречаемым осложнениям относятся перфорация стенки желудочка, дислокация электродов, повреждение зонда-электрода и одно наиболее сложное в перспективе осложнение – инфицирование раны. При этом нет четких рекомендаций по коррекции скомпрометированных неинфицированных электродов (удалять либо вводить новые). При удалении электрода увеличивается риск интраоперационных осложнений, однако оставленные электроды могут привести к венозным тромбозам, миграции электрода и даже к электрод-ассоциированному инфекционному эндокардиту трехстворчатого клапана и в конечном итоге сепсису [31–34].

В ретроспективном исследовании наших соотечественников, посвященном эффективности удаления эндокардиальных электродов по сравнению с оставленными электродами, показано, что бóльшую часть неинфицированных электродов со сроком имплантации до 10 лет можно удалить. Процедура удаления эффективна и безопасна. Превентивное удаление неинфицированных электродов позволяет предупредить серьезные осложнения в отдаленные сроки. Удалив эндокардиальные электроды под контролем видеоторакоскопии, можно избежать повреждения верхней полой вены и развития фатального кровотечения. Видеоассистированные вмешательства могут применяться для экстракций электродов высокого риска. При принятии решения об удалении электрода необходимо оценивать риски, связанные с состоянием пациента, электрода, а также учитывать опыт хирурга. Превентивное удаление неинфицированных электродов позволяет предупредить серьезные осложнения в отдаленные сроки [35].

Обзор современных моделей миокардиальных электродов

С каждым годом появляются все более совершенные разновидности электродов, изменяются их форма и размер в пользу безопасности и удобства технического использования. Также меняются составляющие компоненты и материалы, которые снижают риски инфицирования, повышают надежность и долговечность электродов, что обеспечивает адекватную работу электрокардиостимулятора. Помимо этого, появляются новые локализации для стимуляции сердца (стимуляция пучка Гиса может служить аналогом как правожелудочковой, так и бивентрикулярной стимуляции), методы фиксации электродов и их экстракции [36–38]. Разрабатываются совместимые с компьютерной томографией методики контроля имплантации беспроводной эндокардиальной системы стимуляции [39, 40].

Ведутся разработки новых моделей электродов. Многообещающий подход к лечению сердечных заболеваний представил Пекинский технологический университет (Китай), исследователи которого создали гибкий электрод – волокнистый сетчатый электрод с синусоидальной анизотропной структурой, напоминающей архитектуру коллагеновых волокон в сердце. Анизотропный волокнистый сетчатый электрод в 100 раз тоньше человеческого волоса, вполне соответствует анизотропной структуре сердца и обеспечивает равномерную биоэлектрическую стимуляцию на ткани по широкой обла-

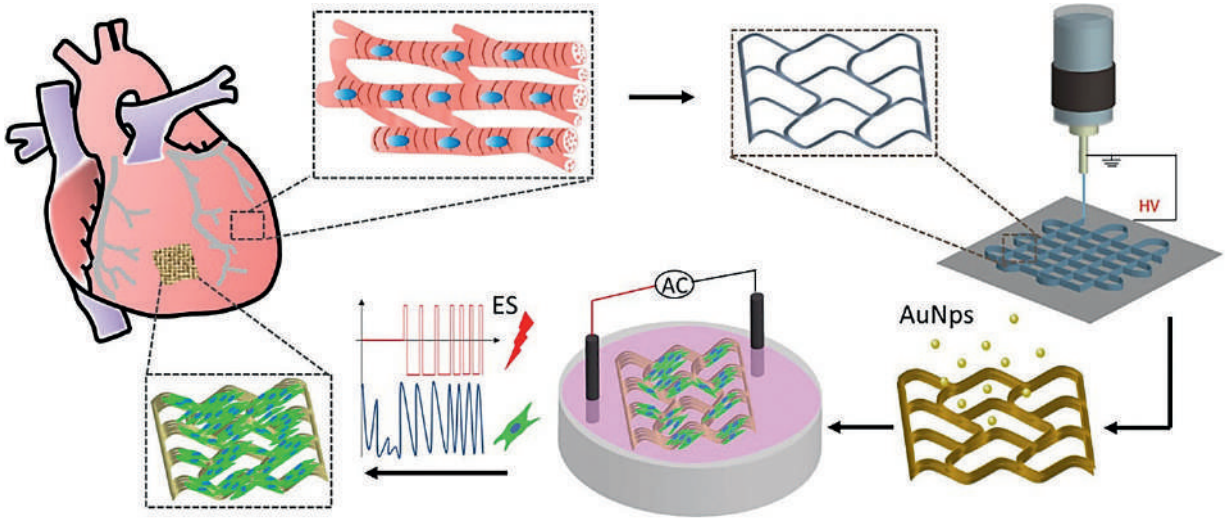


Рис. 5. Растягивающиеся волокнистые электроды с анизотропным биомеханическими, биоэлектрическими свойствами регулируют сокращения кардиомиоцитов [41]

сти (рис. 5). Кроме того, гибкость такого электрода позволяет легко изменять жесткость и конструкцию для соответствия механическим свойствам сердца определенного размера и формы. Эта индивидуальная конструкция обеспечивает потенциал для тканевой инженерии индивидуальных сердечных заплат. Более того, подкожная имплантация мышам показала, что электрод является биосовместимым. Синусоидальные волокнистые электроды могут быть потенциально использованы в качестве электронной заплаты для электрического и механического восстановления сердечной функции [41].

По данным 2024 г. в Техасском университете (США) проводятся разработка и испытания новой конструкции инъекционного гидрогелевого электрода. Описывается успешный эксперимент на животных при значительно более совершенном доступе, что позволяет выполнить любые современные методы стимуляции. Исследование демонстрирует осуществимость нового метода стимуляции, который максимально приближен к естественной проводимости и позволяет устранить летальные реципрокные аритмии, а также обеспечить безболезненную дефибрилляцию [42].

Однако в настоящее время стремительно развивается технология беспроводной стимуляции. Концепция такой стимуляции рассматривалась в течение нескольких десятилетий. Первые автономные внутрисердечные кардиостимуляторы были концептуализированы и имплантированы животным более 50 лет назад. С тех пор эволюция и миниатюризация технологий привели к разработке полностью программируемых беспроводных систем, содержащих батарею, схему и электроды, которые функционируют как единое целое [43, 44].

В медицинском центре Векснера при Университете штата Огайо (США) разработали беспроводную систему эндокардиальной стимуляции левого желудочка – WiSE CRT (EBR Systems, Саннивейл, США), которая подает ультразвуковую энергию на эндокардиальный приемный электрод левого желудочка для достижения бивентрикулярной стимуляции. Эта система может стать решением для пациентов с сердечной недостаточностью, у которых безуспешна традиционная ресинхронизирующая терапия. Чрескожно доставляемый эндокардиальный электрод

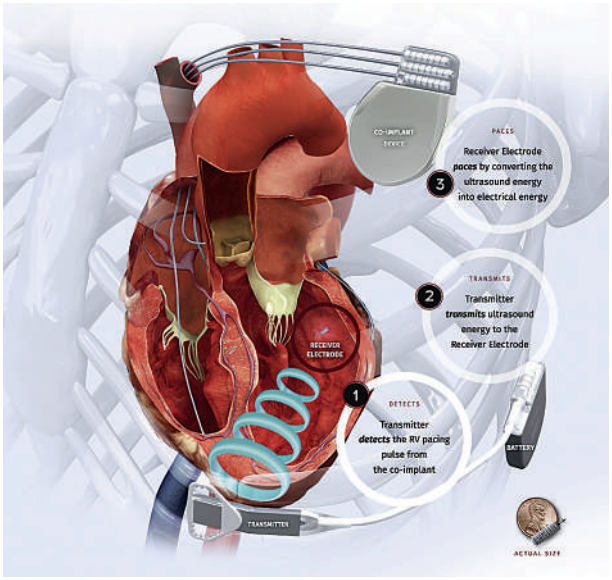


Рис. 6. Схематическое изображение системы WiSE-CRT (EBR Systems, США). Диаметр электрода, длина корпуса и длина иглы составляют 2,7, 9,1 и 3,6 мм соответственно [45]

ЛЖ (ультразвуковой приемник и преобразователь энергии) подает ультразвуковой энергетический стимул в левый желудочек, который синхронизируется с правым желудочком (рис. 6). Такой электрод был успешно имплантирован в 31 случае, при этом 30 пациентов были под наблюдением в течение 6 мес. Один пациент перенес трансплантацию сердца через 1 мес после имплантации и был исключен. У 14 (46,7%) пациентов наблюдалось улучшение функционального статуса на 1 и более ФК по NYHA. Фракция выброса ЛЖ, конечный систолический объем ЛЖ и конечный диастолический объем ЛЖ улучшились с 28,3 ± 6,7 до 33,5 ± ± 6,9% (P < 0,001), со 134,9 ± 51,3 до 111,1 ± 40,3 мл (P = 0,0004) и с 185,4 ± 58,8 до 164,9 ± 50,6 мл (P = 0,0017) соответственно. Зарегистрированы 3 (9,7%) осложнения, связанные с устройством: недостаточная стимуляция ЛЖ, эмболизация незакрепленного электрода ЛЖ и кожная инфекция [27, 45, 46].

Заключение

С момента первой имплантации постоянного кардиостимулятора в 1958 г. технический прогресс способствовал внедрению более надежного оборудования наряду со сложными алгоритмами стимуляции сердца [5]. Различные методы стимуляции позволили спасти бесчисленное количество жизней и улучшить качество жизни пациентов за счет лечения различных аритмий, нарушений проводимости сердца. Тем не менее ни один метод не исключает потенциальных осложнений, связанных с процедурой имплантации электродов и электрокардиостимуляторов, затрагивая до 10% пациентов [47]. Несмотря на все особенности, описанные выше, использование электрокардиостимуляции является неотъемлемой частью в лечении нарушений ритма и проводимости сердца. А дальнейшая разработка материалов, создание новых моделей электродов и других комплектующих в недалеком будущем может снизить все существующие на данный момент риски, сопровождающие электрокардиостимуляцию.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Джидзалова Д.Х., Бердибеков Б.Ш., Булаева Н.И., Петросян К.В., Мрикаев Д.В., Кудряшова Е.Н. и др. Предикторы имплантации электрокардиостимулятора после транскатетерной имплантации аортального клапана. *Креативная кардиология*. 2023; 17 (4): 525–535. DOI: 10.24022/1997-3187-2023-17-4-525-535
Dzhidzalova D.Kh., Berdibekov B.Sh., Bulaeva N.I., Petrosian K.V., Mrikaev D.V., Kudryashova E.N. et al. Predictors of pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation. *Creative Cardiology*. 2023; 17 (4): 525–535 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2023-17-4-525-535
2. Кадыралиев С.О., Баранович В.Ю., Файбушевич А.Г., Максимкин Д.А. Отдаленные результаты хирургического лечения больных брадиаритмиями, имеющих факторы риска развития дисфункций электрокардиостимулятора. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2023; 24 (5): 456–467. DOI: 10.24022/1810-0694-2023-24-5-456-467
Kadyraliev S.O., Baranovich V.Yu., Faybushevich A.G., Maksimkin D.A. Long-term results of surgical treatment of patients with brady-arrhythmias with risk factors for the development of pacemaker dysfunction. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2023; 24 (5): 456–467 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2023-24-5-456-467
3. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Поваров В.О., Мжаванадзе Н.Д., Коновалов А.С., Федина К.А. Современные представления о позиционировании желудочкового электрода электрокардиостимулятора. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2023; 65 (4): 364–373. DOI: 10.24022/0236-2791-2023-65-4-364-373
Kalinin R.E., Suchkov I.A., Povarov V.O., Mzhavanadze N.D., Konovalov A.S., Fedina K.A. Modern ideas about the localization of the permanent pacemaker ventricular lead. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2023; 65 (4): 364–373 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2023-65-4-364-373
4. 2021 Рекомендации ESC по электрокардиостимуляции и сердечной ресинхронизирующей терапии. *Российский кардиологический журнал*. 2022; 27 (7): 5159. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5159
2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology*. 2022; 27 (7): 5159 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5159
5. Ball C.M., Featherstone P.J. The early history of cardiac pacing. *Anaesth. Intens. Care*. 2019; 47 (4): 320–321. DOI: 10.1177/0310057X19860986
6. Hyman A.S. Resuscitation of the stopped heart by intracardial therapy: II. Experimental use of an artificial pacemaker. *Arch. Intern. Med*. (Chic.). 1932; 50 (2): 283–305. DOI: 10.1001/archinte.1932.00150150115012
7. Ward C., Henderson S., Metcalfe N.H. A short history on pacemakers. *Int. J. Cardiol*. 2013; 169 (4): 244–248. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.08.093
8. Aquilina O. A brief history of cardiac pacing. *Images Paediatr. Cardiol*. 2006; 8 (2): 17–81.
9. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Биниашвили М.Б. Техника имплантации электродов для временной электрокардиостимуляции. *Анналы аритмологии*. 2016; 3: 178–182. DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.6
Bockeria L.A., Bockeria O.L., Biniashvili M.B. Temporary pacing wires implantation technique. *Annaly Aritmologii*. 2016; 3: 178–182 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.6
10. Бокерия О.Л. Кардиостимуляция. Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016). https://old.bigenc.ru/medicine/text/2046204. (дата обращения 15.09.2024).
Bockeria O.L. Pacing. The Great Russian Encyclopedia. Electronic version (2016). https://old.bigenc.ru/medicine/text/2046204 (in Russ.) (data of access 15.09.2024).
11. Бредикис Ю.Ю. История развития электрокардиостимуляции и электрофизиологических методов исследования сердца в стране. Bigbook; 2009; 1: 65. Https://ardashev-arrhythmia.ru/wp-content/uploads/2015/08/Glava-1.pdf (дата обращения 17.09.2024).
Bredikis Yu.Y. The history of the development of electrocardiostimulation and electrophysiological methods of heart research in the country. Bigbook. 2009; 1: 65. Https://ardashev-arrhythmia.ru/wp-content/uploads/2015/08/Glava-1.pdf (in Russ.) (date of access 17.09.2024).
12. Reade M.C. Temporary epicardial pacing after cardiac surgery: a practical review: part 1: general considerations in the management of epicardial pacing. *Anaesthesia*. 2007; 62 (3): 264–271. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2007.04950.x
13. Симоненко В.Б., Стеклов В.И. Электрическая стимуляция сердца: история, современное состояние и перспектива развития. *Клиническая медицина*. 2012; 90 (12): 4–10.
Simonenko V.B., Steklov V.I. Electrical stimulation of the heart: history, current status and development prospects. *Clinical Medicine*. 2012; 90 (12): 4–10 (in Russ.).
14. Abd Elaziz M.E., Allama A.M. Temporary epicardial pacing after valve replacement: incidence and predictors. *Heart Surg. Forum*. 2018; 21 (1): E049–E053. DOI: 10.1532/hsf.1853
15. Hurlé A., Gómez-Plana J., Sánchez J., Martínez J.G., Meseguer J., Llamas P. Optimal location for temporary epicardial pacing leads following open heart surgery. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2002; 25 (7): 1049–1052. DOI: 10.1046/j.1460-9592.2002.01049.x

16. Curtis J.J., Maloney J.D., Barnhorst D.A., Pluth J.R., Hartzler G.O., Wallace R.B. A critical look at temporary ventricular pacing following cardiac surgery. *Surgery*. 1977; 82 (6): 888–893.
17. Curtis J., Walls J., Boley T., Reid J., Flaker G., Madigan N., Alpert M. Influence of atrioventricular synchrony on hemodynamics in patients with normal and low ejection fractions following open heart surgery. *Am. Surg*. 1986; 52 (2): 93–96.
18. Sullivan B.L., Bartels K., Hamilton N. Insertion and management of temporary pacemakers. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth*. 2016; 20 (1): 52–62. DOI: 10.1177/1089253215584923
19. Бокерия О.Л., Биниашвили М.Б. Возможности применения временной электрокардиостимуляции после операций на открытом сердце. *Анналы аритмологии*. 2016; 13 (3): 169–177. DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.5
Bockeria O.L., Biniashvili M.B. The feasibility of temporary cardiac pacing after open heart surgery. *Annaly Aritmologii*. 2016; 13 (3): 169–177 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2016.3.5
20. Bougioukas I., Jebran A.F., Grossmann M. Is there a correlation between late re-exploration after cardiac surgery and removal of epicardial pacemaker wires? *J. Cardiothorac. Surg*. 2017; 12: 3. DOI: 10.1186/s13019-017-0569-5
21. Puskas J.D., Sharoni E., Williams W.H., Petersen R., Duke P., Guyton R.A. Is routine use of temporary epicardial pacing wires necessary after either OPCAB or conventional CABG/CPB? *Heart Surg. Forum*. 2003; 6 (6): E103–E106. DOI: 10.1532/hsf.1061
22. Alwaqfi N.R., Ibrahim K.S., Khader Y.S., Baker A.A. Predictors of temporary epicardial pacing wires use after valve surgery. *J. Cardiothorac. Surg*. 2014; 9: 33. DOI: 10.1186/1749-8090-9-33
23. Enevoldsen M.S., Nielsen P.H., Hasenkam J.M. Risk and benefits of temporary pacemaker electrodes in adult open-heart surgery – a systematic review. *Cardiothorac. Surg*. 2022; 30: 5. DOI: 10.1186/s43057-021-00064-1
24. Yaghoobian R., Hosseini Dolama R., Soleimani H., Saeidi S., Mashayekhi M., Mirzayi P. et al. Incidence of atrioventricular block after isolated coronary artery bypass grafting: a systematic review and pooled-analysis. *Front. Cardiovasc. Med*. 2023; 10: 1225833. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1225833
25. Барановский А.Л., Немирко А.П. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ. М.: Радио и связь; 1993.
Baranovsky A.L., Nemirko A.P. Heart monitors. Continuous ECG monitoring equipment. Moscow; 1993 (in Russ.).
26. Бредикс Ю.Ю., Дрогайцев А.Д., Стирбис П.П. Программируемая электростимуляция сердца. М.: Медицина; 1989.
Brediks Yu.Y., Drogaytsev A.D., Stirbis P.P. Programmable electrical stimulation of the heart. Moscow; 1989 (in Russ.).
27. Okabe T., Hummel J.D., Bank A.J., Niazi I.K., Kindsvater S., Oza S.R. et al. Leadless left ventricular stimulation with wise-CRT system – initial experience and results from phase I of SOLVE-CRT Study (nonrandomized, roll-in phase). *Heart Rhythm*. 2022; 19 (1): 22–29. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.06.1195
28. Elliott M.K., Mehta V.S., Sidhu B.S., Niederer S., Rinaldi C.A. Endocardial left ventricular pacing. Endokardiale linksventrikuläre Stimulation. *Herz*. 2021; 46 (6): 526–532. DOI: 10.1007/s00059-021-05074-7
29. Elliott M.K., Strocchi M., Sieniewicz B.J., Sidhu B., Mehta V., Wijesuriya N. et al. Biventricular endocardial pacing and left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization: Mechanistic insights from electrocardiographic imaging, acute hemodynamic response, and magnetic resonance imaging. *Heart Rhythm*. 2023; 20 (2): 207–216. DOI: 10.1016/j.hrthm.2022.10.019
30. Mendonca Costa C., Neic A., Gillette K., Porter B., Gould J., Sidhu B. et al. Left ventricular endocardial pacing is less arrhythmogenic than conventional epicardial pacing when pacing in proximity to scar. *Heart Rhythm*. 2020; 17 (8): 1262–1270. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.03.021
31. Айвазьян С.А., Шарабрин Е.Г., Палагина А.А., Горшенин К.Г., Буслаева С.И., Серегин А.А. Реканализация окклюзий вен доступа у пациентов с антиаритмическими устройствами. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2019; 13 (1): 45–49. DOI: 10.25512/DIR.2019.13.1.05
Ayvazyan S.A., Sharabrin E.G., Palagina A.A., Gorshenin K.G., Buslaeva S.I., Seregin A.A. Recanalization of access vein occlusions in patients with antiarrhythmic devices. *Diagnostic and Interventional Radiology* 2019; 13 (1): 45–49 (in Russ.). DOI: 10.25512/DIR.2019.13.1.05
32. Marcial J.M., Worley S.J. Venous system interventions for device implantation. *Card. Electrophysiol. Clin*. 2018; 10 (1): 163–177. DOI: 10.1016/j.ccep.2017.11.017
33. Higuchi S., Shoda M., Saito S., Kanai M., Kataoka S., Yazaki K. et al. Safety and efficacy of transvenous lead extractions for noninfectious superfluous leads in a Japanese population: a single-center experience. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2019; 42 (12): 1517–1523. DOI:10.1111/pace.13806
34. Zucchelli G., Di Cori A., Segreti L., Laroche C., Blomstrom-Lundqvist C., Kutarski A. et al. Electra investigators. Major cardiac and vascular complications after transvenous lead extraction: acute outcome and predictive factors from the ESC-EHRA electra (European Lead Extraction controlled) registry. *Europace*. 2019; 21 (5): 771–780. DOI: 10.1093/europace/euy300
35. Айвазьян С.А., Гамзаев А.Б., Палагина А.А., Горшенин К.Г., Буслаева С.И., Серегин А.А. и др. Удаление неинфицированных эндокардиальных электродов как эффективный способ предупреждения электрод-ассоциированных осложнений. *Современные технологии в медицине*. 2021; 13 (1): 66. DOI: 10.17691/stm2021.13.1.08
Ayvazyan S.A., Gamzaev A.B., Palagina A.A., Gorshenin K.G., Buslaeva S.I., Seregin A.A. et al. The use of transvenous lead extraction of non-infected leads to prevent long-term lead-related complications. *Modern Technology in Medicine*. 2021; 1: 66 (in Russ.). DOI: 10.17691/stm2021.13.1.08
36. Приходько Н.А., Любимцева Т.А., Гуреев С.В., Лебедева В.К., Лебедев Д.С. Стимуляция пучка Гиса – новый взгляд на метод. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (3S): 4002. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4002
Prikhodko N.A., Lyubimtseva T.A., Gureev S.V., Lebedeva V.K., Lebedev D.S. Gis beam stimulation – a new look at the method. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25 (3S): 4002 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4002
37. Enevoldsen M.S., Nielsen P.H., Hasenkam J.M. Risk and benefits of temporary pacemaker electrodes in adult open-heart surgery – a systematic review. *Cardiothorac. Surg*. 2022; 30: 5. DOI: 10.1186/s43057-021-00064-1
38. Подоляк Д.Г., Кипренский А.Ю., Миронович С.А. Современные подходы к трансвенозной экстракции электродов. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (7): 4012. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4012
Podolyak D.G., Kiprensky A.Yu., Mironovich S.A. Modern approaches to transvenous lead extraction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25 (7): 4012 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4012
39. Sidhu B.S., Lee A.W., Haberland U., Rajani R., Niederer S., Rinaldi C.A. Combined computed tomographic perfusion and mechanics with predicted activation pattern can successfully guide implantation of a wireless endocardial pacing system. *EP Europace*. 2020; 22 (2): 298. DOI: 10.1093/europace/euz227
40. Omara S., Glashan C., Tofig B. Multisize electrode field-of-view: validation by high resolution gadolinium-enhanced cardiac magnetic resonance. *J. Am. Coll. Cardiol EP*. 2024; 10 (4): 637–650. DOI: 10.1016/j.jacep.2023.12.003
41. Zhang Y., Le Friec A., Sun D., Chen M. Sinusoidal stretchable fibrous electrodes regulate cardiac contraction. *Chem. Engineering J*. 2023; 455 (140555): 1385–1947. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140555
42. Rodriguez-Rivera G.J., Post A., John M., Buchan S., Bernard D., Razavi M. et al. Injectable hydrogel electrodes as conduction highways to restore native pacing. *Nat. Commun*. 2024; 15 (1): 64. DOI: 10.1038/s41467-023-44419-0
43. Spickler J.W., Rasor N.S., Kezdi P., Misra S.N., Robins K.E., Leboeuf C. Totally self-contained intracardiac pacemaker. *J. Electrocardiol*. 1970; 3 (3–4): 325–331. DOI: 10.1016/s0022-0736(70)80059-0
44. Vardas P.E., Politopoulos C., Manios E., Parthenakis F., Tsagarkis C. A miniature pacemaker introduced intravenously and implanted endocardially. Preliminary findings from an experimental study. *Eur. J. Card. Pacing Electrophysiol*. 1991; 1: 27–30.
45. Okabe T., Augostini R.S., Essandoh M.K., Hummel J.D. Percutaneous retrieval of an unanchored wise-CRT system left ventricular receiver electrode. *Heartrhythm Case Rep*. 2020; 6 (9): 579–582. DOI: 10.1016/j.hrcr.2020.05.023
46. Reddy V.Y., Miller M.A., Neuzil P., Søgaard P., Butter C., Seifert M. et al. Cardiac resynchronization therapy with wireless left ventricular endocardial pacing: The SELECT-LV Study. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2017; 69 (17): 2119–2129. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.02.059
47. Udo E.O., Zuithoff N.P., van Hemel N.M., de Cock C.C., Hendriks T., Doevendans P.A. et al. Incidence and predictors of short- and long-term complications in pacemaker therapy: the FOLLOWPACE study. *Heart Rhythm*.2012; 9 (5): 728–735. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.12.014

Поступила 06.08.2024
Принята к печати 04.09.2024

Рубрика: неинвазивная аритмология

***УДК* 616.12-008.331.1]:[616.12-008.313.2**

DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.8

ВЛИЯНИЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ НА ФИБРИЛЛЯЦИЮ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: оригинальная статья

Р.З. Шалов, А.Г. Филатов, Г.А. Аванесян

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Шалов Руслан Замирович, канд. мед. наук, мл. науч. сотр., сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-4403-2536

Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, заведующий отделением рентгенхирургической и интраоперационной диагностики и лечения аритмий; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Аванесян Грайр Араратович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, науч. сотр.; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Цель. *Оценить непосредственное влияние артериальной гипертензии (АГ) и пиковой предсердной продольной деформации на риск развития рецидива у пациентов после выполнения криобаллонной аблации устьев легочных вен у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами фибрилляции предсердий (ФП).*

Материал и методы. *Период наблюдения составил от 28 до 104 нед (средний период наблюдения 34±12 нед). Всего в исследование включено 284 пациента. В 1-ю группу было включено 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой ФП, а во 2-ю – 114 (40,1%) пациентов с персистирующей формой ФП.*

Результаты. *Нами был проведен анализ распространенности АГ среди пациентов 1-й и 2-й групп. Было выявлено, что у пациентов с персистирующей формой частота встречаемости АГ 3-й степени выше в 30 (26,3%) случаях по сравнению с пароксизмальной формой – 9 (5,3%) случаев. ($p<0,001$). В результате проведенного исследования нами было установлено, что у пациентов с 3-й степенью АГ отмечается значимое изменение как анатомических, так и механических показателей левого предсердия (ЛП).*

У 114 (40,1%) пациентов был диагностирован рецидив аритмии. При проведении однофакторного регрессионного анализа Кокса персистирующая форма ФП (относительный риск (ОР) 5,53; 95% доверительный интервал (ДИ) 2,57–11,87), наличие сахарного диабета (СД) (ОР 3,316; 95% ДИ 1,093–10,055), наличие АГ (ОР 3,30; 95% ДИ 1,14–4,63) продемонстрировали наиболее сильную ассоциацию с развитием рецидива ФП.

В результате многофакторного анализа Кокса предикторами, имеющими независимое влияние на риск рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ, оказались наличие АГ, значения PALS ЛП и значение объема с ушком ЛП. Данные предикторы, вошедшие в модель, характеризовались прямой связью с риском рецидива ФП. Так, наличие АГ, значения PALS ЛП в 3,465 и 0,855 раза, а значение объема с ушком ЛП в 1,045 раза увеличивали риск рецидива ФП.

Проведен анализ выживаемости по методу Каплана–Мейера, показывающий кумулятивную частоту рецидива ФП в каждой точке времени после базовой, – изображены отдельно для тех пациентов, у которых диагностирована пароксизмальная и персистирующая форма ФП. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила 83% для группы пациентов с пароксизмальной формой ФП и 51% для группы пациентов с персистирующей формой ФП.

Заключение. *Изучение механизмов возникновения и поддержания ФП играет важную роль в развитии стратегии лечения пациентов с различными формами ФП. Исследование ремоделирования ЛП позволяет выявить ранние предикторы рецидива ФП, что в свою очередь поможет более эффективно и своевременно скорректировать медикаментозное и интервенционное лечение.*

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, криобаллонная аблация, криоизоляция устьев легочных вен

THE EFFECT OF ARTERIAL HYPERTENSION ON ATRIAL FIBRILLATION

R.Z. Shalov, A.G. Filatov, G.A. Avanesyan

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Ruslan Z. Shalov; Cand. Med. Sci., Junior Researcher, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-4403-2536
Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Head of the Department of X-ray Surgical and Intraoperative diagnosis and Treatment of arrhythmias; orcid.org/0000-0002-7026-7814
Grayr A. Avanesyan, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon, Researcher; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

Purpose of the study. *To evaluate the direct impact of arterial hypertension and peak atrial longitudinal strain on the risk of relapse in patients with paroxysmal and persistent forms of AF after cryoballoon ablation of the pulmonary veins.*
Material and methods. *The follow-up period ranged from 28 to 104 weeks (mean follow-up 34±12 weeks). A total of 284 patients were included in the study. The first group included 170 patients with paroxysmal AF (59.8%), and the second included 114 patients with persistent AF (40.1%).*
Results. *We analyzed the prevalence of arterial hypertension among patients of the first and second groups. It was found that in patients with a persistent form, the incidence of grade 3 arterial hypertension was higher than 30 (26.3%) compared to the paroxysmal form 9 (5.3%) ($p<0.001$). As a result of the study, we found that patients with stage 3 arterial hypertension experienced a significant change in both the anatomical and mechanical properties of the left atrium.*
114 patients (40.1%) were diagnosed with recurrent arrhythmia. When conducting a univariate Cox regression analysis, the persistent form of AF (OR: 5.53; CI: 2.57-11.87), the presence of diabetes (OR: 3.316; CI: 1.093 – 10.055), the presence of hypertension (OR: 3.30; CI: 1.14-4.63) showed the strongest association with the development of recurrent AF
As a result of multivariate Cox analysis, the predictors that had an independent effect on the risk of AF recurrence after cryoballoon PV isolation were the presence of arterial hypertension, LA PALS values, and the volume value with LA appendage. These predictors included in the model were characterized by a direct relationship with the risk of AF recurrence. Thus, the presence of arterial hypertension, the LA PALS values are 3.465 and 0.855 times, and the volume value with LA appendage is 1.045 times.
Survival analysis using the Kaplan-Meier method was performed, showing the cumulative incidence of AF recurrence at each time point after baseline, depicted separately for those patients diagnosed with paroxysmal and persistent AF. (Figure 6). Freedom from recurrence of AF after cryoballoon isolation of the PV during the observation period after cryoballoon isolation of the PV was 83% for the group of patients with paroxysmal form and 51% for the group of patients with persistent form of AF.
Conclusion. *Studying the mechanisms of occurrence and maintenance of AF plays an important role in the development of treatment strategies for patients with various forms of AF. Studying LA remodeling allows us to identify early predictors of AF relapse, which in turn will help to more effectively and timely adjust drug and interventional treatment.*

Key words: atrial fibrillation, cryoballoon ablation, cryoisolation of the pulmonary vein orifices

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) представляет собой мультифокальное заболевание со сложной взаимосвязью с сопутствующими патологиями, факторами риска и окружающей средой. У пациентов с ФП наблюдается трехкратное увеличение риска развития сердечной недостаточности и пятикратное увеличение риска развития инсульта [1, 2].

Развитие летального исхода в большинстве случаев связано с возникновением ишемического инсульта. Наличие ФП у женщин обусловливает увеличение риска развития инсульта в 2 раза, а у мужчин – в 1,5 раза [3]. С экономической точки зрения, для здравоохранения лечение пациентов с ишемическим инсультом, связанным с ФП, требует в 2,5 раза больше затрат [4].

По имеющимся данным, в Российской Федерации насчитывается около 2,5 млн человек с диагностированной ФП. По данным, опубликованным в аналитическом сборнике «Аритмология-2022», отмечается увлечение на 16,3% (с 78 801 до 91 670) числа операций пациентам с нарушениями ритма сердца с 2017 по 2022 г. Причем самые высокие показатели пришлись на катетерные аблации – 24,1% (с 26 269 до 32 590). Самую многочисленную группу больных с тахиаритмиями представляют пациенты с ФП – их число в 2022 г. составило 17 565 пациентов [5, 6].

Представленные в мировой и отечественной литературе данные свидетельствуют о том, что около 30% населения планеты страдают артериальной гипертензией (АГ), при этом отмечается прямая корреляционная связь между возрастом

и частотой встречаемости АГ. Распространенность данного заболевания среди лиц старше 45 лет достигает 30–35%, а среди лиц старше 65 лет – 80–85% [6–8].

Артериальная гипертензия предрасполагает к развитию целого ряда заболеваний, сердечно-сосудистых осложнений, включая ишемическую болезнь сердца (ИБС) и сердечную недостаточность (СН), что в совокупности может провоцировать развитие ФП [9, 10].

Увеличение артериального давления способствует развитию структурного ремоделирования левого желудочка (ЛЖ), которое в свою очередь способно вызвать расширение левого предсердия (ЛП) за счет концентрической гипертрофии ЛЖ. Увеличение контрактильной способности миокарда ЛЖ влечет за собой увеличение давления в ЛП, в результате чего происходит его дилатация и, впоследствии, развитие ФП в результате изменения электрических свойств миокарда ЛП [11, 12].

В статье, опубликованной в 2019 г., G. Esposito et al. продемонстрировали тесную взаимосвязь влияния АГ и снижения продольной деформации ЛП на развитие и поддержание ФП путем развития механического и анатомического ремоделирования предсердий [13].

В опубликованной научной работе I. Petre et al. проверили проспективное наблюдение за пациентами с АГ и пароксизмальной формой ФП [14]. В исследование было включено 98 пациентов, которым было выполнено определение продольной деформации ЛП – peak atrial longitudinal strain PALS (ЛП). Было определено непосредственное влияние снижения PALS и наличие АГ на развитие ФП [14].

Согласно современным клиническим рекомендациям, в лечении пациентов с ФП предлагаются два основных направления: контроль ритма сердца и контроль частоты сердечных сокращений при условии адекватной профилактики тромбоэмболических осложнений, что является краеугольным камнем в лечении аритмии [6, 15].

Наиболее эффективной тактикой лечения пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП является комбинация медикаментозной терапии и интервенционного вмешательства. Радиочастотная аблация является предпочтительным источником энергии в большинстве электрофизиологических лабораторий при выполнении интервенционного пособия. По имеющимся данным, эффективность такой комбинации порядка 75–80% [16–18].

В отличие от всех других нарушений ритма сердца, когда при устранении субстрата аритмии наступает излечение, ФП – это «первичная электрическая аномалия предсердий» и/или вторичная атриопатия в результате прогрессирования ИБС, гипертонической болезни, перенесенного миокардита или других причин [19–22].

Целью данного исследования является оценка непосредственного влияния АГ и пиковой предсердной продольной деформации на риск развития рецидива у пациентов после выполнения криобаллонной аблации (КБА) устьев легочных вен у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП.

Материал и методы

В период с 2021 по 2023 г. в одноцентровое проспективное контролируемое исследование были включены 284 пациента с пароксизмальной и персистирующей формами ФП, которым выполнена криобаллонная изоляция устьев легочных вен. Диагноз ФП был верифицирован по наличию клинической симптоматики и документированного пароксизма при выполнении электрокардиографического исследования (ЭКГ) и/или суточного холтеровского мониторирования (ХМ). Показания к выполнению КБА устьев легочных вен левого предсердия (ЛВЛП) определяли согласно современным клиническим рекомендациям Минздрава РФ.

Критерии включения в исследование: пациенты старше 18 лет с документированными пароксизмами ФП, с отсутствием кардиальной патологии, требующей хирургического лечения, на фоне адекватной антикоагулянтной и антиаритмической терапии.

Критерии исключения из исследования: наличие явных противопоказаний к выполнению криоаблации (КА) (пациенты в остром и подостром периоде инфаркта миокарда, а также с декомпенсированной сердечной недостаточностью, пациенты с декомпенсированными сопутствующими заболеваниями и другой патологией), ранее выполненные хирургические вмешательства на сердце, неадекватный прием антикоагулянтной терапии и наличие признаков фрагментированного или флотирующего тромба в ЛП.

Конечные точки:

Первичные конечные точки:

1. Развитие рецидива ФП в течение 12 мес после операции;

Вторичные конечные точки:

1. Частота нелетальных госпитальных осложнений (кровотечение, тампонада, перфорация стенок сердца, повреждение пищевода);

2. Развитие рецидива ФП в течение всего периода наблюдения (24 мес);

3. Частота развития инсульта/ТИА/ОНМК у пациентов в течение 24 мес после операции.

Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения StatTech v. 4.1.4 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Собранный материал исследования был подвергнут параметрическому и непараметрическому анализу. С помощью описательных статистик количественные данные были проанализированы на соответствие нормального распределения. Были созданы вариационные ряды, которые объединили полученные в результате исследования данные, после чего в них был проведен расчет на «среднее±стандартное отклонение» (M±SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). Распределения, которые отличались от нормального, были описаны с использованием критерия Крускала–Уоллеса для непараметрических выборок и с использованием медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3).

Оценку свободы от аритмии у пациентов проводили по методу Каплана–Мейера. График оценки функции выживаемости представляет из себя убывающую ступенчатую линию, значения функции выживаемости между точками наблюдений считаются константными. Метод Каплана–Мейера позволяет выполнять анализ цензурированных данных, то есть оценивать выживаемость с учетом того, что пациенты могут выбывать в ходе эксперимента или иметь разные сроки наблюдения.

Анализ свободы от аритмии у пациентов проводили по методу регрессии Кокса, подразумевающему прогнозирование риска наступления события для рассматриваемого объекта и оценку влияния заранее определенных независимых переменных (предикторов) на этот риск. Риск рассматривается как функция, зависящая от времени.

Период наблюдения составил от 28 до 104 нед (средний период наблюдения составил 34±12 нед). Трехмесячный период после КБА, во время которого рецидив аритмии не учитывался, являлся «слепым» периодом. Данный промежуток был рекомендован для исключения оценки раннего рецидива аритмий, связанных с возникновением воспалительной реакции и образованием отека миокарда в области выполнения деструкции ткани ЛП.

Рецидив аритмии верифицировался по результатам ЭКГ в 12 отведениях и/или ХМ ЭКГ. Учитывался только первый случай рецидива аритмии в течение периода наблюдения.

Всего в исследование включено 284 пациента, соответствовавших критериям отбора. В зависимости от формы и длительности пароксизмов ФП, документированных по данным ЭКГ и ХМ, пациенты были распределены на 2 группы.

В 1-ю группу было включено 170 (59,8%) пациентов с пароксизмальной формой ФП, а во 2-ю – 114 (40,1%) пациентов с персистирующей формой ФП.

При выполнении сравнительного анализа были выявлены статистически значимые различия, приведенные в таблице 1, а также при выполнении деления пациентов по форме ФП.

Из 170 пациентов, вошедших в 1-ю группу, 74 (43,5%) были мужчины. Средний возраст пациентов составил 61 [51–67] год. Клиническая характеристика пациентов: средний рост составил 174 [163–179] см, масса тела – 90 [78–98] кг, индекс массы тела (ИМТ) – 30,42 [27,51–32,77] кг/м^2. Анамнез пароксизмальной формы ФП (время от первого пароксизма до поступления в стационар) в среднем составил 12,1±3,1 мес. В данной группе пациентов отмечались короткие (до 7 сут) пароксизмы ФП, которые легко купировались с помощью антиаритмической терапии.

Среди 43 пациентов, вошедших во 2-ю группу, 35 (30,7%) были мужчины. Средний возраст составил 60 [54–64] лет. Клиническая характеристика пациентов: средний рост составил 176 [170–182] см, масса тела – 92 [85–106] кг, ИМТ – 31,14 [27,13–36,68] кг/м^2. Анамнез персистирующей формы ФП в среднем составил 26,3±4,68 мес. В данной группе пациентов отмечались пароксизмы длительностью до 1 года, со средней продолжительностью последнего «персистирующего» пароксизма 5,3±1,54 мес, помимо этого, отмечалось наличие рефрактерности к проводимой антиаритмической терапии.

Методы исследования

Эхокардиография

Для оценки эхокардиографических параметров использовали стандартные проекции: парастернальную и апикальную, а при необходимости – субкостальную и супрастернальную.

Таблица 1

Исходные клинико-анамнестические данные пациентов в зависимости от формы ФП

Показатели	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n=170)	персистирующая (n=114)	
Клинико-анамнестические данные			
Возраст, полных лет	61 [51–67]	60 [54–64]	0,211
Пол (муж), n (%)	74 (43,5)	35 (30,7)	0,029*
Рост, см	174 [163–179]	176 [170–182]	0,123
Масса тела, кг	90 [78–98]	92 [85–106]	0,182
ИМТ, кг/м^2	30,42 [27,51–32,77]	31,14 [27,13–36,68]	0,126
Аритмологический анамнез заболевания ФП, нед	12,1±3,1	26,3±4,68	<0,001*
Наличие сопутствующей патологии			
СД, n (%)	39 (22,9)	24 (21,1)	0,707
АГ, n (%)	118 (69,4)	89 (78,1)	0,108
ИБС, n (%)	23 (13,5)	13 (12,28)	0,202

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Помимо визуальной оценки состояния клапанного аппарата сердца и его полостей, при исследовании проводили анализ следующих данных: параметры сократительной функции ЛЖ (конечный систолический размер (КСР), конечный систолический объем (КСО), конечный диастолический размер (КДР), конечный диастолический объем (КДО), фракция выброса (ФВ) ЛЖ), размеры ЛП, а также измерение пиковой предсердной продольной деформации – PALS (ЛП).

Мультиспиральная компьютерная томография левого предсердия и легочных вен (МСКТ ЛП и ЛВ)

МСКТ ЛП и ЛВ с трехмерной реконструкцией ЛП и ЛВ выполняли всем пациентам до интервенционного вмешательства. Особый интерес при выполнении КБА представляют следующие параметры: размер и объем ЛП с учетом ушка ЛП, индексированный объем ЛП, а также анатомия и размеры легочных вен (ЛВ).

Криобаллонная изоляция устьев легочных вен левого предсердия

Всем пациентам проводили поочередную криоаблацию с достижением параметров изоляции:

1) изоляция всех легочных вен;

2) устойчивое снижение температуры во время окклюзии до –30 °С и менее в течение 30 с;

3) достижение блокады «входа-выхода» (элиминация спайковой активности);

4) минимальное время пликации 180 с после достижения блокады «входа-выхода».

Результаты

При сравнении исходных данных, по результатам инструментальных методов исследования, наиболее значимое статистическое различие было выявлено по следующим показателям (табл. 2, рис. 1).

По данным ультразвукового исследования:

1) PALS ЛП в 1-й группе составил 29,8 [28,60–31,18], а во 2-й – 22,5 [18,73–26,50] (p<0,001);

2) скорость кровотока в УЛП в 1-й группе – 35 [29,25–41,00] см/с, во 2-й группе – 33 [30,00–38,00] см/с (p<0,001).

По данным мультиспиральной компьютерной томографии:

1) объем ЛП с учетом ушка в 1-й группе – 110 [102,00–118,00] мл, во 2-й группе – 140 [130,00–155,00] мл (p<0,001);

2) индексированный объем ЛП в 1-й группе – 54,62 [51,52–58,70] мл/м^2, во 2-й группе – 68,80 [64,39–73,25] мл/м^2 (p<0,001).

Сравнительный анализ влияния артериальной гипертензии

Учитывая данные международных и отечественных исследований, нами был проведен анализ влияния АГ на механическое и анатомическое ремоделирование ЛП.

Было выявлено, что у пациентов с персистирующей формой ФП частота встречаемости АГ 3-й степени выше 30 (26,3%) по сравнению с пароксизмальной формой 9 (5,3%) (p<0,001) (табл. 3, рис. 2).

В результате проведенного исследования нами было установлено, что у пациентов с 3-й

Таблица 2

Инструментальные методы исследования

Показатели	Форма ФП		p
	пароксизмальная (n=170)	персистирующая (n=114)	
Ультразвуковое исследование			
Переднезадний размер ЛП, мм	45 [43–47]	46 [44–46]	0,531
КДР ЛЖ, мм	48 [46–53]	59 [47–54]	0,277
КСР ЛЖ, мм	34 [30–36]	35 [32–40]	0,317
КДО ЛЖ, мл	118 [101–130]	120 [102–132]	0,094
КСО ЛЖ, мл	48 [37–54]	48 [38–54]	0,608
ФВ ЛЖ,%	60,0 [57,0–63,1]	60,0 [57,0–64,1]	0,324
УО ЛЖ, мл	67,4 [63,8–75,3]	68,4 [64,3–76,3]	0,749
PALS ЛП	29,8 [28,60–31,18]	22,3 [18,73–26,50]	<0,001*
Скорость кровотока в УЛП, см/с	35 [29,25–41,00]	33 [30,00–38,00]	0,009*
Мультиспиральная компьютерная томография			
Краниокаудальный размер ЛП, мм	63 [61–65]	67 [67–72]	0,057
Переднезадний размер ЛП, мм	43 [39–46]	46 [43–53]	0,078
Медиалатеральный размер ЛП, мм	64 [58–69]	71 [65–74]	0,182
Объем ЛП с учетом ушка, мл	110 [102,00–118,00]	140 [130,00–155,00]	<0,001*
Индексированный объем ЛП, мл/м^2	54,62 [51,52–58,70]	68,80 [64,39–73,25]	<0,001*
Размер сечения ПВЛВ, мм	20 [17–20]	21 [21–22]	0,004*
Размер сечения ПНЛВ, мм	21 [18–23]	23 [23–23]	0,006*
Размер сечения ЛВЛВ, мм	18 [16–20]	20 [17–22]	0,004*
Размер сечения ЛНЛВ, мм	17 [16–18]	18 [16–19]	0,187

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

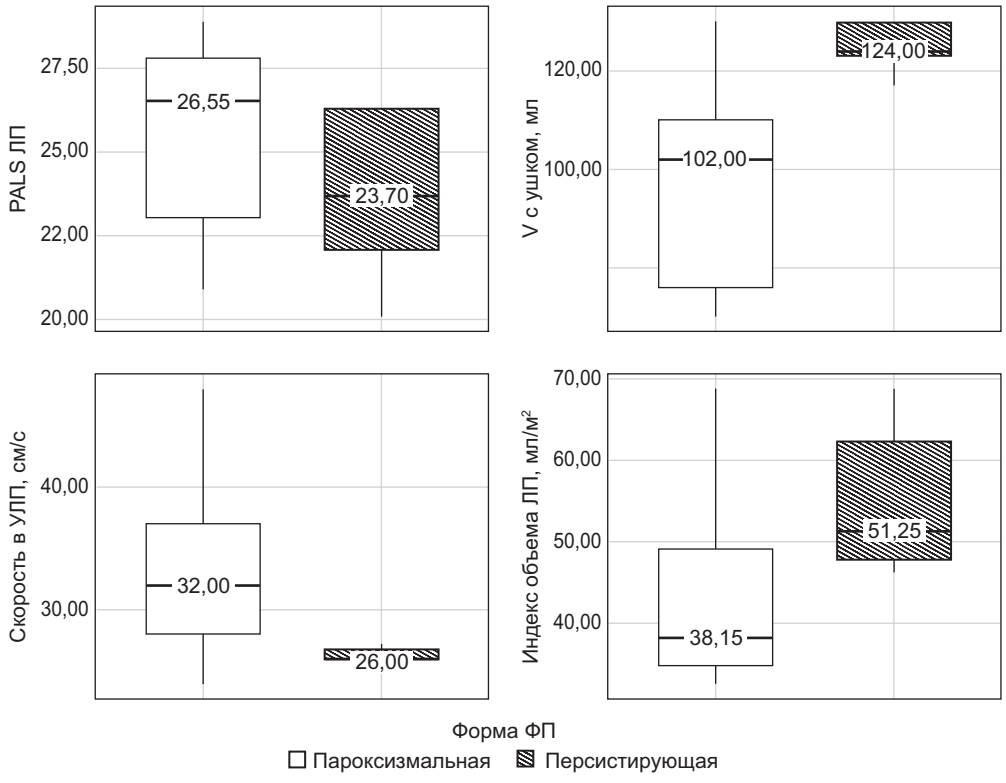


Рис. 1. Значение показателей «PALS», «скорость в УЛП», «объем ЛП с ушком», «ИОЛП» в зависимости от форм ФП

Таблица 3

Распространенность артериальной гипертензии

Показатель	Форма ФП		p
	пароксизмальная	персистирующая	
Отсутствие АГ, n (%)	51 (30,0)	23 (20,2)	
Наличие АГ, n (%)			
1-я степень	42 (24,7)	21 (18,4)	<0,001*
2-я степень	68 (40,0)	40 (35,1)	
3-я степень	9 (5,3)	30 (26,3)	
Всего с АГ	118 (69,4)	89 (78,1)	0,039*

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

степенью АГ отмечается значимое изменение как анатомических, так и механических свойств ЛП, что представлено в данных таблицы 4 и на рисунках 3–5.

Прогнозирование рецидива у пациентов с фибрилляцией предсердий после криобаллонной аблации

У 114 (40,1%) пациентов был диагностирован рецидив аритмии. При проведении однофакторного регрессионного анализа Кокса у пациентов с персистирующей формой ФП (ОР 5,53; 95% ДИ 2,57–11,87), наличием СД (ОР 3,316; 95% ДИ 1,093–10,055), наличием АГ (ОР 3,30; 95% ДИ 1,14–4,63) отмечали наиболее сильную ассоциацию с развитием рецидива ФП (табл. 5).

Все клинико-анамнестические и инструментальные предикторы, которые были статистически значимы в однофакторной модели (p<0,05), впоследствии путем пошагового отбора (методом исключения Вальда) включены в многофакторный анализ. Характеристики каждого из предикторов, вошедших в модель Кокса, представлены в таблице 6.

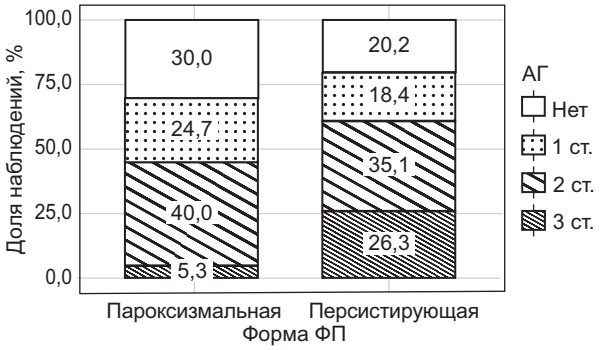


Рис. 2. Распространенность артериальной гипертензии

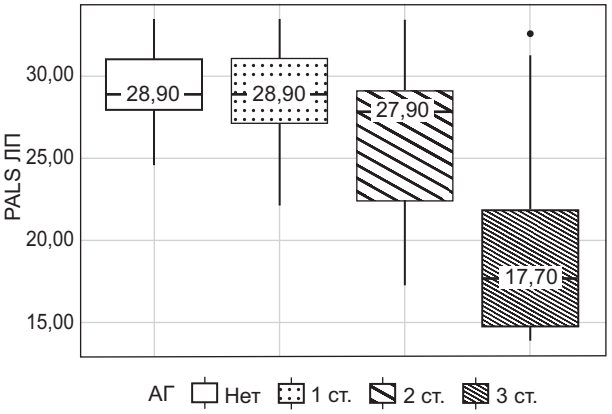


Рис. 3. Влияние степени АГ на значение PALS ЛП

Таблица 4

Распространенность артериальной гипертензии

Показатель	Степень артериальной гипертензии				p
	отсутствие АГ (n=74)	1-я ст. (n=63)	2-я ст. (n=108)	3-я ст. (n=39)	
PALS ЛП	28,90 [27,95–31,10]	28,90 [27,15–31,15]	27,90 [22,50–29,15]	17,70 [14,80–21,85]	<0,001*
Скорость кровотока в УЛП, см/с	34 [29,25–41,00]	36 [29,00–39,50]	36 [29,75–41,00]	33 [30,00–34,50]	0,180
V с ушком ЛП, мл	114 [102–128]	114 [103–126]	120 [112–130]	143 [127–159]	<0,001*
Индексированный объем ЛП, мл/м^2	56,86 [54,10–66,50]	58,40 [53,85–64,30]	58,90 [56,15–66,80]	68,80 [63,86–75,10]	<0,001*

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

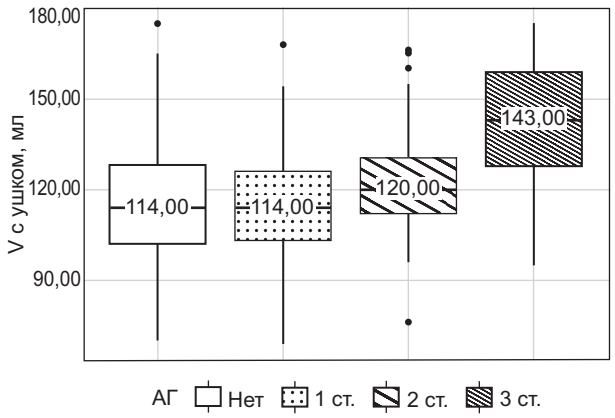


Рис. 4. Влияние степени АГ на значение объема ЛП с ушком

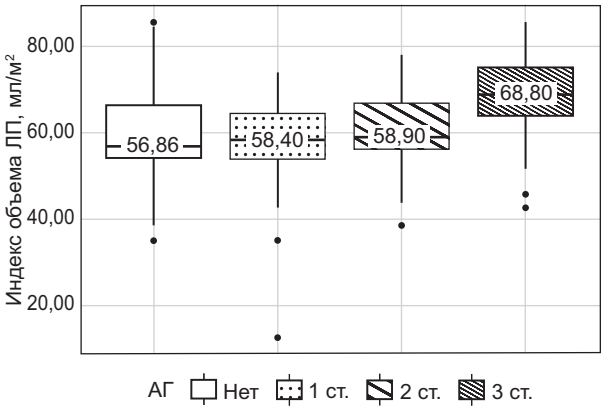


Рис. 5. Влияние степени АГ на значение индексированного объема ЛП

По результатам многофакторного анализа Кокса предикторами, имеющими независимое влияние на риск рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ, оказались наличие АГ, значения PALS ЛП и значение V с ушком ЛП. Данные предикторы, вошедшие в модель, характеризовались прямой связью с риском рецидива ФП. Так, наличие АГ, значения PALS ЛП в 3,465 и 0,855 раза, а значение объема с ушком ЛП в 1,045 раза, увеличивали риск развития рецидива ФП.

Учитывая полученные данные о влияние наличия АГ на риск развития рецидива ФП при выполнении многофакторного анализа Кокса, а также его независимое влияние на развитие анатомического и механического ремоделирования, нами был проведен анализ выживаемости по методу Каплана–Мейера, показывающий кумулятивную частоту рецидива ФП в каждой точке времени после базовой, точки изображены отдельно для тех пациентов, у которых диагностирована пароксизмальная и персистирующая форма ФП (рис. 6). Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения после криобаллонной изоляции ЛВ составила 83% для группы пациентов с пароксизмальной формой и 51% для группы пациентов с персистирующей формой ФП.

Таблица 5

Результаты однофакторного регрессионного анализа Кокса для оценки факторов риска развития рецидива ФП

Показатель	ОР	95% ДИ	p
Возраст	0,99	0,95–1,03	0,41
Пол, мужской	0,56	0,28–1,12	0,10
ИМТ	1,002	0,92–1,09	0,97
Персистирующая форма ФП	4,53	3,57–8,87	<0,0001*
Наличие ИБС	0,54	0,22–1,32	0,18
Сахарный диабет	3,32	1,093–10,055	0,034*
Наличие артериальной гипертензии	3,30	1,14–4,63	0,002*
Скорость кровотока в ушке ЛП по ЧПЭхоКГ	1,00	0,95–1,05	0,99

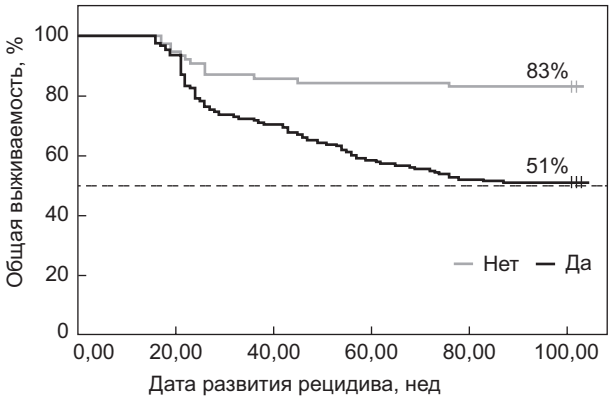
*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Таблица 6

Характеристики предикторов, вошедших в многофакторную модель Кокса

Предиктор	ОР (hi(t)/h0(t))	95% ДИ	p
Наличие АГ	3,465	1,944–6,177	<0,001*
PALS ЛП	0,855	0,827–0,883	<0,001*
V с ушком ЛП	1,045	1,036–1,055	<0,001*

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).



Нет						
Наблюдений	77	73	66	65	64	64
Цензурировано	0	0	0	0	0	0
Событий	0	4	11	12	13	13
Да						
Наблюдений	207	194	146	121	108	106
Цензурировано	0	0	0	0	0	0
Событий	0	13	61	86	99	101

Рис. 6. Свобода от рецидива ФП после криобаллонной изоляции ЛВ в течение периода наблюдения в зависимости от наличия или отсутствия артериальной гипертензии

Обсуждение

Как было упомянуто выше, средний период наблюдения составил 34±12 нед. «Слепой» период, когда возникновение рецидива аритмии не учитывалось для определения результатов, составил 3 мес.

Целью данной работы являлась оценка непосредственного влияния АГ и пиковой предсердной продольной деформации на риск развития рецидива у пациентов после выполнения КБА устьев легочных вен при пароксизмальной и персистирующей формах ФП.

Полученные нами результаты свидетельствуют о влиянии АГ на механическое и анатомическое ремоделирование ЛП, эти данные были сопоставимы с другими исследованиями [24].

Полученные данные свидетельствуют о влиянии АГ на увеличение размеров ЛП, и, соответственно, перерастяжение миокарда и снижение сократительной способности ЛП, что было подтверждено инструментальными методами исследования. Помимо этого, изменение объема ЛП имеет прямую корреляционную связь с длительностью и частотой пароксизмов тахиаритмии. Суммируя результаты, полученные по данным ЭхоКГ и МСКТ, можно заключить, что изменение таких параметров, как размер и объем ЛП, значение PALS, а также наличие АГ, является прогностически наиболее значимым для возникновения анатомического и функционального ремоделирования предсердий [25, 26].

Значение PALS ЛП является важным диагностическим критерием, позволяющим предсказывать рецидив аритмии у пациентов с персистирующей ФП. А увеличение индекса объема ЛП коррелирует с фиброзом ЛП, что также влияет на аритмогенез и прогноз рецидива ФП.

K. Rausch et al. в проведенном исследовании также продемонстрировали влияние АГ на снижение сократительной способности ЛП и последующее ухудшение течения ФП [26].

В своем исследовании L.D. Asarcikli et al. продемонстрировали влияние снижения АД и контроля АГ на риск развития рецидива ФП у 40 пациентов [27].

В более крупном исследовании, выполненном Y. Mukai et al., опубликованном в 2023 г., были проанализированы данные 183 пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП и выявилось, что у пациентов с наличием АГ отмечается наличие большего объема ЛП, снижение значения продольной деформации ЛП и, соответственно, снижение сократительной способности ЛП, образование жесткого предсердия. Все эти факторы способствовали увеличению фиброзирования миокарда предсердий и в свою очередь созданию субстрата для персистенции ФП [28].

Заключение

Изучение механизмов возникновения и поддержания ФП играет важную роль в развитии стратегии лечения пациентов с различными формами ФП. Исследование ремоделирования ЛП позволяет выявить ранние предикторы рецидива ФП, что поможет более эффективно и своевременно скорректировать медикаментозное и интервенционное лечение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Su W.W., Reddy V.Y., Bhasin K., Champagne J., Sangrigoli R.M., Braegelmann K.M. et al. Cryoballoon ablation of pulmonary veins for persistent atrial fibrillation: Results from the multicenter STOP persistent AF trial. *Heart Rhythm*. 2020; 17 (11): 1841–1847. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.06.020
2. Peng X., Liu X., Tian H., Chen Y., Li X. Effects of hot balloon vs. cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Front*. *Cardiovasc. Med*. 2021; 8: 787270. DOI: 10.3389/fcvm.2021.787270
3. Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., Голицын С.П., Голухова Е.З., Филатов А.Г. и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26 (7): 4594. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4594
   Arakelyan M.G., Bockeria L.A., Vasilieva E.Yu., Golitsyn S.P., Golukhova E.Z., Filatov A.G. et al. 2020 Clinical guidelines for Atrial fibrillation and atrial flutter. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26 (7): 4594 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4594
4. Голухова Е.З. Отчет о научной и лечебной работе Национального медицинского исследовательского центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева Минздрава России за 2023 год и перспективы развития. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2024; 25 (S): 5–141. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25S
   Golukhova E.Z. Report on the scientific and medical work of the Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2024; 25 (S); 5–141. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25S
5. Голухова Е.З., Милиевская Е.Б., Филатов А.Г., Семенов В.Ю., Прянишников В.В. Аритмология – 2022. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.; 2023.
   Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G., Semenov V.Yu., Pryanishnikov V.V. Arrhythmology – 2022. Heart rhythm and conduction disorders. Moscow; 2023 (in Russ.).
6. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации по лечению пациентов с трепетанием и фибрилляцией предсердий. Клинические рекомендации – Фибрилляция и трепетание предсердий у взрослых – 2021 (10.06.2021)
   Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation for the treatment of patients with atrial flutter and fibrillation. Clinical guidelines – Atrial fibrillation and flutter in adults – 2021 (06/10/2021)
7. Попович Л.Д. Анализ потенциального социально-экономического ущерба, наносимого обществу в связи с развитием фибрилляции предсердий у населения разных возрастных групп в российской федерации. Отчет НИОКТР 123041200046-7. М.; 2023.
   Popovich L.D. Analysis of the potential socio-economic damage caused to society due to the development of atrial fibrillation among different age groups in the Russian Federation: report No. 123041200046-7. Moscow; 2023 (in Russ.).
8. Chun K.R.J., Okumura K., Scazzuso F., Keun On Y., Kueffer F.J., Braegelmann K.M. Safety and efficacy of cryoballoon ablation for the treatment of paroxysmal and persistent AF in a real-world global setting: Results from the Cryo AF Global Registry. *J. Arrhythm*. 2021; 37 (2): 356–367. DOI: 10.1002/joa3.12504
9. Посненкова О.М., Киселев А.Р., Гриднев В.И., Шварц В.А., Довгалевский П.Я., Ощепкова Е.В. Качество медикаментозной терапии у больных артериальной гипертонией в первичном звене здравоохранения. Данные регистра артериальной гипертонии. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2011; 7 (6); 725–732.
   Posnenkova O.M., Kiselev A.R., Gridnev V.I., Shvartz V.A., Dovgalevsky P.Ya., Oschepkova E.V.. Pharmacotherapy quality in patients with arterial hypertension observed in primary care practice. Hypertension register data. *Rational Pharmacother*. *Card*. 2011; 7 (6): 725–732 (in Russ.).
10. Шварц В.А., Гриднев В.И., Киселев А.Р. Клиническая эффективность технологии динамического амбулаторного наблюдения за больными артериальной гипертонией с использованием компьютерной системы и мобильной телефонной связи. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2009; 5 (3): 358–362.
    Shvartz V.A., Gridnev V.I., Kiselev A.R. Clinical effectiveness of dynamic out-patient control technology over hypertensive patients based on computer system and mobile phone connection. *Saratovskij Nauchno-Medicinskij Zhurnal*. 2009; 5 (3): 358–362 (in Russ.).
11. Jia F., Chen A., Zhang D., Fang L., Chen W. Prognostic value of left atrial strain in heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Front*. *Cardiovasc. Med*. 2022; 9: 935103. DOI: 10.3389/fcvm.2022.935103
12. Аверина И.И., Мироненко М.Ю., Глушко Л.А., Донаканян С.А., Бокерия Л.А. Ремоделирование левых отделов сердца как фактор риска развития фибрилляции предсердий у пациентов после коррекции приобретенных пороков сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2023; 28 (7): 5323. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5323
    Averina I.I., Mironenko M.Yu., Glushko L.A., Donakanyan S.A., Bockeria L.A. Remodeling of the left heart as a risk factor for the development of atrial fibrillation in patients after correction of acquired heart defects. *Russian Journal of Cardiology*. 2023; 28 (7): 5323 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5323
13. Esposito G., Piras P., Evangelista A., Nuzzi V., Nardinocchi P., Pannarale G. et al. Improving performance of 3D speckle tracking in arterial hypertension and paroxysmal atrial fibrillation by using novel strain parameters. *Sci. Rep*. 2019; 9 (1): 7382. DOI: 10.1038/s41598-019-43855-7
14. Petre I., Onciul S., Iancovici S., Zamfir D., Stoian M., Scărlătescu A. et al. Left atrial strain for predicting atrial fibrillation onset in hypertensive patients. *High Blood Press Cardiovasc. Prev*. 2019; 26 (4): 331–337. DOI: 10.1007/s40292-019-00326-4
15. Boveda S., Metzner A., Nguyen D.Q., Chun K.R.J., Goehl K., Noelker G. et al. Single-procedure outcomes and quality-of-life improvement 12 months post-cryoballoon ablation in persistent atrial fibrillation: results from the multicenter CRYO4PERSISTENT AF trial. *JACC Clin. Electrophysiol*. 2018; 4 (11): 1440–1447. DOI: 10.1016/j.jacep.2018.07.007
16. Аванесян Г.А., Филатов А.Г. Нарушения ритма сердца после COVID-19. Эпидемиология, этиология и патофизиология. *Анналы аритмологии*. 2023; 20 (1): 52–58. DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.6
    Avanesyan G.A., Filatov A.G. Heart rhythm disturbances after COVID-19. Epidemiology, etiology and pathophysiology. *Annals of Arrhythmology*. 2023; 20 (1): 52–58. DOI: 10.15275/annaritmol.2023.1.6
17. Быстров Д.О., Комаров Р.Н., Шонбин А.Н., Афонин Б.О., Сорокин Р.О., Мацуганов Д.А., Сорванова И.С. Непосредственные результаты торакоскопической радиочастотной аблации левого предсердия у больных с фибрилляцией предсердий: опыт одного центра. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2024; 66 (3): 340–347. DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347

Bystrov D.O., Komarov R.N., Shonbin A.N., Afonin B.O., Sorokin R.O., Matsuganov D.A., Sorvanova I.S. Immediate results of thoracoscopic radiofrequency ablation of the left atrium in patients with atrial fibrillation: the experience of one center. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2024; 66 (3): 340–347 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2024-66-3-340-347

18. Бокерия Л.А., Радин В.В., Климчук И.Я., Фатулаев З.Ф., Санакоев М.К., Мироненко М.Ю. Отдаленные результаты хирургического лечения фибрилляции предсердий при пороках аортального клапана. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2023; 65 (6): 682–691. DOI: 10.24022/0236-2791-2023-65-6-692-701
Bockeria L.A., Radin V.V., Klimchuk I.Ya., Fatulaev Z.F., Sanakoev M.K., Mironenko M.Yu. Long-term results of surgical treatment of atrial fibrillation of aortic valve disease. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2023; 65 (6): 682–691 (in Russ.). DOI: 10.24022/0236-2791-2023-65-6-692-701
19. Chen S., Schmidt B., Bordignon S., Bologna F., Perrotta L., Nagase T., Chun K.R.J. Atrial fibrillation ablation using cryoballoon technology: recent advances and practical techniques. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2018; 29 (6): 932–943. DOI: 10.1111/jce.13607
20. Akhtar T., Berger R., Marine J.E., Daimee U.A., Calkins H., Spragg D. Cryoballoon ablation of atrial fibrillation in octogenarians. *Arrhythm. Electrophysiol. Rev*. 2020; 9 (2): 104–107. DOI: 10.15420/aer.2020.18
21. Аванесян Г.А., Филатов А.Г., Шалов Р.З., Ковалев А.С. Оценка эффективности и выявление предикторов рецидива у пациентов после криобаллонной изоляции устьев легочных вен с пароксизмальной и персистирующей формами фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (2): 78–85. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.2.2
Avanesyan G.A., Filatov A.G., Shalov R.Z., Kovalev A.S. Evaluation of efficacy and identification of predictors of relapse in patients after cryoballoon isolation of pulmonary vein orifices with paroxysmal and persistent forms of atrial fibrillation. *Annals of Arrithmology*. 2022; 19 (2): 78–85 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.2.2
22. Аванесян Г.А., Филатов А.Г. Биофизические аспекты аблации миокардиальной ткани при лечении пациентов с фибрилляцией предсердий. *Анналы аритмологии*. 2022; 19 (1): 23–31. DOI: 10.15275/annaritmol.2022.1.4
Avanesyan G.A., Filatov A.G. Biophysical aspects of myocardial tissue ablation in the treatment of patients with atrial fibrillation. *Annals of Arrithmology*. 2022; 19 (1): 23–31 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2022.1.4
23. Bertaglia E., Iacopino S., Verlato R., Arena G., Pieragnoli P., Tondo C. et al. Safety and efficacy of cryoablation for atrial fibrillation in young patients: a multicenter experience in the 1STOP project. *Clin. Cardiol*. 2023; 46 (2): 142–150. DOI: 10.1002/clc.23951
24. Yalin K., Ikitimur B., Aksu T., Ozcan E.E., Ding W.Y., Soysal A.U. et al. Catheter Ablation for Atrial Fibrillation in Patients ≤30 Years of Age. *Am. J. Cardiol*. 2022; 166: 53–57. DOI: 10.1016/j.amjcard.2021.11.020
25. Segev A., Maor E., Goldenfeld M., Itelman E., Grossman E., Beinart R. et al. Atrial fibrillation in young hospitalized patients: Clinical characteristics, predictors of new onset, and outcomes. *J. Cardiol*. 2023; 82 (5): 408–413. DOI: 10.1016/j.jjcc.2023.04.013
26. Rausch K., Scalia G.M., Sato K., Edwards N., Lam A.K., Platts D.G., Chan J. Left atrial strain imaging differentiates cardiac amyloidosis and hypertensive heart disease. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 37 (1): 81–90. DOI: 10.1007/s10554-020-01948-9
27. Asarcikli L.D., Can F., Guvenc T.S., Sert S., Osken A., Dayi S.U. The effect of urgent blood pressure reduction on left atrial strain in patients with hypertensive attack: Blood pressure lowering affects LA strain. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2023; 39 (7): 1221–1230. DOI: 10.1007/s10554-023-02828-8
28. Mukai Y., Nakanishi K., Daimon M., Iwama K., Yoshida Y., Hirose K. et al. Prevalence, associated factors, and echocardiographic estimation of left atrial hypertension in patients with atrial fibrillation. *J. Am. Heart Assoc*. 2023; 12 (18): e030325. DOI: 10.1161/JAHA.123.030325

Поступила 19.08.2024
Принята к печати 16.12.2024

Вниманию авторов!

Примеры оформления блока ***«Литература/References»***
(рубрикация дана для авторов и носит пояснительный характер)

Статья из журнала:

1. Duppen N., Etnel J.R., Spaans L., Takken T., Van den Berg-Emons R.J., Boersma E. et al. Does exercise training improve cardiopulmonary fitness and daily physical activity in children and young adults with corrected tetralogy of Fallot or Fontan circulation? A randomized controlled trial. *Am. Heart J.* 2015; 170 (3): 606–14. DOI: 10.1016/j.ahj.2015.06.018
2. Киселева М.Г. Психологические особенности детей второго года жизни с врожденными пороками сердца. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2017; 18 (5): 501–6. DOI: 10.24022/1810-0694-2017-18-5-501-506
   Kiseleva M.G. Psychological characteristics of childrenof the second year of life with congenital heart disease. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases.* 2017; 18 (5): 501–6 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2017-18-5-501-506

Статья из электронного журнала:

3. Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am. J. Nurs.* 2002; 102 (6). http://nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm (дата обращения 17.10.2013/accessed October 17, 2013).

Книга (монография, сборник):

4. Mavroudis C., Backer C. (Eds.) Pediatric cardiac surgery. 3rd ed. Philadelphia: Mosby; 2003.
5. Бокерия Л.А., Голухова Е.З. (ред.) Клиническая кардиология: диагностика и лечение. В 3 т. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2011. Т. 3.
   Bockeria L.A., Golukhova E.Z. (Eds.). Clinical cardiology: diagnosis and treatment. In 3 vols. Moscow; 2011. V. 3 (in Russ.).

Глава из книги:

6. Кокшенёв И.В. Имплантаты в детской кардиохирургии. В кн.: Бокерия Л.А., Шаталов К.В. (ред.) Детская кардиохирургия: руководство для врачей. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева МЗ РФ; 2016.
   Kokshenev I.V. Implants in pediatric cardiac surgery. In: Bockeria L.A., Shatalov K.V. (Eds.) Pediatric cardiac surgery: a guide for physicians. Moscow; 2016 (in Russ.).

Интернет-ресурс:

7. Z-score calculator. Boston Children's Hospital. https://zscore.chboston.org/ (дата обращения 28.08.2021/accessed August 28, 2021).

Материалы научных конференций:

8. Актуальные вопросы гематологии и трансфузиологии: материалы научно-практической конференции. 8 июля 2009 г. Санкт-Петербург. СПб.; 2009.
   Actual issues of hematology and transfusiology: proceedings of scientific and practical conference. July 8, 2009. Saint Petersburg; 2009 (in Russ.).
9. Салов И.А., Маринушкин Д.Н. Акушерская тактика при внутриутробной гибели плода. В кн.: Материалы IV Российского форума «Мать и дитя». М.; 2000: 516–9.
   Salov I.A., Marinushkin D.N. Obstetric tactics for fetal death. In: Proceedings of the 4th Russian Forum "Mother and Child". Moscow; 2000: 516–9 (in Russ.).
10. European meeting on hypertension. Milan, June 15–19, 2007. Milan; 2007.
11. Harnden P., Joffe J.K., Jones W.G. (Eds.) Germ cell tumours V: Proceedings of the 5th Germ cell tumour conference. 2001, Sept. 13–15; Leeds; UK. New York: Springer; 2001.

Методические пособия, клинические рекомендации:

12. Попов Д.А. Алгоритмы периоперационной антибиотикопрофилактики и терапии в сердечно-сосудистой хирургии: Методические рекомендации. М.: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева; 2020.
    Popov D.A. Algorithms for perioperative antibiotic prophylaxis and therapy in cardiovascular surgery: Guidelines. Moscow; 2020 (in Russ.).
13. Голухова Е.З. (ред.) Комплексная программа по физической и психологической реабилитации пациентов с респираторными осложнениями после кардиохирургических операций и ассоциированной с COVID-19 пневмонией: Методическое пособие. М.: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева; 2021.
    Golukhova E.Z. (Ed.) A comprehensive program for the physical and psychological rehabilitation of patients with respiratory complications after cardiac surgery and pneumonia associated with COVID-19: A guide. Moscow; 2021 (in Russ.).
14. Национальные рекомендации по ведению, диагностике и лечению клапанных пороков сердца. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2009.
    National guidelines for the management, diagnosis and treatment of valvular heart disease. Moscow; 2009 (in Russ.).