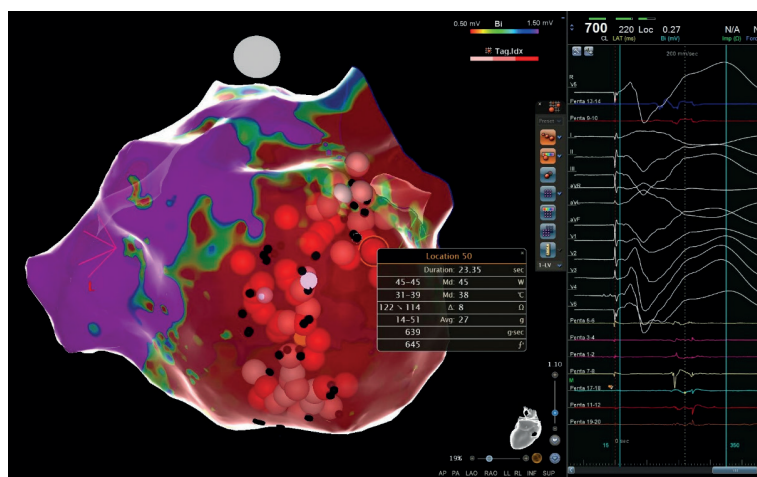




ОФИЦИАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ ВСЕРОССИЙСКОГО
НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО
КЛИНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ,
АРИТМОЛОГИИ И КАРДИОСТИМУЛЯЦИИ

ISSN 1561-8641 (print)
ISSN 2658-7327 (online)
ISSN 2713-3265 (english)

3 2025



*Фрагмент рисунка к статье В.А.Аманатовой,
М.Р.Хачирова, Т.М.Ускач и других*

Journal of Arrhythmology

ВЕСТНИК
АРИТМОЛОГИИ

Сайт: <https://vestar.elpub.ru>
Включен в Scopus, ядро РИНЦ,
Перечень изданий и журналов
рекомендованных экспертным советом ВАК
Подписной индекс Почты России: ПМ033

ВЕСТНИК АРИТМОЛОГИИ VESTNIK ARITMOLOGII

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Том 32 № 3 (121) 2025

Издается с 1993 года

ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ*:

А.Ш. Ревитшвили
Е.В. Шляхто

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕДАКТОРЫ:

М.М. Медведев
Е.Н. Михайлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Е. Баталов	А.А. Костарева	Ю.В. Шубик	J. Kautzner
Ю.Н. Беленков	Д.С. Лебедев	E. Aliot	J. Kosiuk
Л.А. Бокерия	Л.Б. Митрофанова	I. Efimov	N. Marrouche
С.П. Голицын	С.В. Попов	J. Brachmann	A. Panfilov
Е.З. Голухова	А.Б. Романов	M. Haissaguerre	C. Pappone
Р.С. Карпов	М.А. Школьников	J. Jalife	P. Platonov

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

А.С. Абдрахманов	К.В. Давтян	И.М. Рощевская	А.А. Чернова
А.В. Ардашев	А.А. Калемберг	С.Ф. Соколов	Ю.А. Шнейдер
Е.А. Артюхина	С.Г. Канорский	В.М. Тихоненко	В.А. Шульман
А.Б. Выговский	В.В. Купцов	Т.В. Трешкур	С.М. Яшин
Т.П. Гизатулина	С.Е. Мамчур	М.С. Харлап	
О.Л. Гордеев	С.Ю. Никулина	В.А. Цырлин	
Ю.Н. Гришкин	Ф.Г. Рзаев	А.В. Чапурных	

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕКРЕТАРЬ

Ю.О. Муравская

ПОМОЩНИК РЕДАКТОРА

Н.З. Гасимова

* - Аффилиации редакционной коллегии и редакционного совета журнала размещены на сайте <https://vestar.elpub.ru>

Рецензенты номера:

Журнал зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати № 016512 от 13 августа 1997 г.

Периодичность: 4 номера в год. **Подписной индекс каталога Почты России:** ПМ033. Свободная цена.

Материалы журнала распространяются под лицензией Creative Commons.

Журнал включен в Scopus, Перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК, Российский индекс научного цитирования (включен в ядро РИНЦ), двухлетний импакт-фактор РИНЦ - 0,403.

Электронная версия: <https://vestar.elpub.ru>, www.vestar.ru, www.elibrary.ru. Префикс DOI: 10.35336.

© Вестник аритмологии, 2025

Адрес редакции: 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2. Электронная почта: vestnik_aritmologii@mail.ru.

Сдано в набор 25.07.2025 г. Подписано в печать 16.08.2025 г. Отпечатано в ООО «Аргус СПб».

Адрес типографии: 198320, г. Санкт-Петербург, Вн.тер. Красное Село, ул. Юных Пионеров д. 38, литера А

Бумага мелованная 110 г/м², формат 60х90 1/8. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,0. Заказ . Тираж 3000 экз.

НАО Институт кардиологической техники. Издатель. Лицензия на осуществление издательской деятельности ЛР № 065572 выдана Комитетом Российской Федерации по печати 16.12.97 г.

Адрес издателя: 194214 г. Санкт-Петербург, Выборгское ш., д. 22А, НАО «ИНКАРТ»

Учредители журнала

ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» Минздрава России, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2
НП «Санкт-Петербургское кардиологическое общество», 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2
НАО «Институт кардиологической техники», 194214, Санкт-Петербург, Выборгское ш., д. 22А

JOURNAL OF ARRHYTHMOLOGY
A PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL
Volume 32 No 3 (121) 2025
Founded in 1993

EDITORS-IN-CHIEF*:

A.Sh. Revishvili
E.V. Shlyakhto

DEPUTY EDITORS:

M.M. Medvedev
E.N. Mikhaylov

EDITORIAL BOARD:

R.E. Batalov	A.A. Kostareva	Yu.V. Shubik	J. Kautzner
Yu.N. Belenkov	D.S. Lebedev	E. Aliot	J. Kosiuk
L.A. Bokeriya	L.B. Mitrofanova	J. Brachmann	N. Marrouche
S.P. Golitsyn	S.V. Popov	I. Efimov	A. Panfilov
E.Z. Golukhova	A.B. Romanov	M. Haissaguerre	C. Pappone
R.S. Karpov	M.A. Shkolnikova	J. Jalife	P. Platonov

ADVISORY BOARD:

A.S. Abdrakhmanov	O.L. Gordeev	S.Yu. Nikulina	T.V. Treshkur
A.V. Ardashev	Yu.N. Grishkin	F.G. Rzaev	V.A. Tsyrlin
E.A. Artyukhina	A.A. Kalemberg	I.M. Roshchevskaya	A.B. Vygovsky
A.V. Chapurnykh	S.G. Kanorskii	Yu.A. Shneider	S.M. Yashin
A.A. Chernova	M.S. Kharlap	S.F. Sokolov	
K.V. Davtyan	V.V. Kuptsov	V.A. Shulman	
T.P. Gizatulina	S.E. Mamchur	V.M. Tikhonenko	

ASSOCIATE EDITOR

N.Z. Gasimova

EDITORIAL ASSISTANT

Yu.O. Muravskaja

* - Affiliations can be found on the website <https://vestar.elpub.ru>

Reviewers:

The journal was registered by the Committee of the Russian Federation for Press № 016512 on August 13, 1997.

Periodicity - 4 issues per year. **Subscription index of the Russian Post catalog:** PM033.

The journal is distributed according to the Creative Commons license.

The Journal is listed by the Scopus, Supreme Examination Board (VAK), indexed by the Russian Science Citation Index (RSCI core). Two-year RSCI impact factor: 0.403. Electronic version: <https://vestar.elpub.ru>, www.vestar.ru, www.elibrary.ru. DOI prefix: 10.35336.

© Journal of Arrhythmology, 2025

Editorial office address: 197341, St. Petersburg, 2 Akkuratova str. E-mail: vestnik_aritmologii@mail.ru.

Put in the set on 25/07/2025. Signed in print 16/08/2025.

Printing house address: 198320, St. Petersburg, In. ter. Krasnoe Selo, 38 Yunyh Pioneerov str., 38A.

Coated paper 110 g/m², format 60x90 1/8. Offset printing. Conditional printed sheets 9.0. Order. edition 3000 copies.

Publishing House NAO «Institute of Cardiology Technic».

Publishing License LR No. 065572 issued by the Press Committee of the Russian Federation on December 16, 1997

Publishing house address: 194214 St. Petersburg, Vyborgskoye sh., 22A, NAO «INCART»

Founders

Almazov National Medical Research Centre, 2. Akkuratova str., 197341 St. Petersburg
NP «St. Petersburg Cardiology Society», 2. Akkuratova str., 197341 St. Petersburg
NAO «Institute of Cardiology Technic», 22A Vyborgskoye shosse, 194214 St. Petersburg

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.Ю.Цивковский, А.В.Чапурных, В.Б.Нижниченко ВОЛЬТАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У БОЛЬНЫХ С ПЕРСИСТИРУЮЩЕЙ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ.....	5
К.А.Чуева, О.А.Кофейникова, Д.С.Лебедев, Р.Б.Татарский, Е.С.Васичкина СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ КАРДИОМИОПАТИИ У ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМИ ЖЕЛУДОЧКОВЫМИ АРИТМИЯМИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОДНОЦЕНТРОВОГО НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	14
В.В.Базылев, А.В.Козлов, С.С.Дурманов ЛОКАЛЬНЫЕ ЗАХВАТЫ МИОКАРДА ЛЕГОЧНЫХ ВЕН ЯВЛЯЮТСЯ ПРЕДИКТОРОМ УЛУЧШЕНИЯ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ НЕПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФОРМЫ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ.....	21
В.А.Аманатова, М.Р.Хачиров, Т.М.Ускач, Д.Ф.Ардус, А.В.Верещагина, М.А.Подьянов, Д.И.Черкашин, И.Р.Гришин, О.В.Сапельников ОЦЕНКА ИНДЕКСА АБЛАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАТЕТЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА И СИСТОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ	29
С.Н.Азизов, Р.Д.Хузиахметов, В.В.Ляшенко, В.А.Белов, А.Т.Коженков СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕХЛЕТНЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ ABLATION INDEX И КРИОБАЛЛОНА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ	37
И.Б.Лукин, Д.В.Федерякин, Д.Ю.Гридякина, М.Х.Караагач ВЛИЯНИЕ ПРЕДСЕРДНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА РИСК РАЗВИТИЯ ПРЕДСЕРДНЫХ ТАХИАРИТМИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДВУХКАМЕРНЫМИ ЭЛЕКТРОКАРДИО- СТИМУЛЯТОРАМИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	45

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

А.Ю.Бокач, Н.С.Игембеков, Ж.Е.Серикова СЛУЧАЙ ПРОСПЕКТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ РЕБЕНКА С ГЕНЕТИЧЕСКИ ПОДТВЕРЖДЕННЫМ СИНДРОМОМ КЕРНСА-СЕЙРА И ИМПЛАНТИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОМ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ	51
--	----

ОБЗОРЫ

Д.А.Зорин, А.А.Нечепуренко, А.А.Демидов, О.Н.Дьякова, Н.Н.Илов, Н.П.Зорина, К.Н.Иванкова БАЛАНС МЕЖДУ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬЮ: ВЫБОР УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЕРДЕЧНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ.....	55
В.И.Стеклов, Е.А.Ким, М.В.Емельяненко, С.О.Лепендин, Ф.Г.Рзаев МЕТОДЫ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ	64
Д.А.Степанов, А.А.Татарникова, А.П.Немирко, Л.А.Манило НОВЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ.....	е1

CONTENT

ORIGINAL ARTICLES

V.Yu.Tcivkovskii, A.V.Chapurnykh, V.B.Nizhnichenko LEFT ATRIAL VOLTAGE CHARACTERISTICS IN PATIENTS WITH PERSISTENT ATRIAL FIBRILLATION	5
K.A.Chueva, O.A.Kofeynikova, D.S.Lebedev, R.B.Tatarskiy, E.S.Vasichkina RISK SCORE FOR DEVELOPING ARRHYTHMIA-INDUCED CARDIOMYOPATHY IN CHILDREN WITH IDIOPATHIC VENTRICULAR ARRHYTHMIAS BASED ON SINGLE CENTER DATA	14
V.V.Bazylev, A.V.Kozlov, S.S.Durmanov LOCAL CAPTURES OF THE PULMONARY VEIN MYOCARDIUM ARE A PREDICTOR OF IMPROVED LONG-TERM RESULTS OF RADIOFREQUENCY ABLATION OF NONPAROXYSMAL ATRIAL FIBRILLATION	21
V.A.Amanatova, M.R.Khachirov, T.M.Uskach, D.F.Ardus, A.V.Vereshchagina, M.A.Podyanov, D.I.Cherkashin, I.R.Grishin, O.V. Sapelnikov EVALUATION OF THE ABLATION INDEX DURING CATHETER TREATMENT WITHOUT FLUOROSCOPY IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE AND SYSTOLIC DYSFUNCTION.....	29
S.N.Azizov, R.D.Khuziakhmetov, V.V.Lyashenko, V.A.Belov, A.T.Kozhenov COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE-YEAR EFFICACY OF CATHETER ABLATION OF ATRIAL FIBRILLATION USING THE ABLATION INDEX MODULE AND THE SECOND-GENERATION CRYOBALLOON	37
I.B.Lukin, D.V.Federiakin, D.Iu.Gridiakina, M.H.Karaagach THE EFFECT OF ATRIAL PACING ON THE RISK OF ATRIAL TACHYARRHYTHMIAS IN PATIENTS WITH DUAL-CHAMBER CARDIAC PACEMAKERS: A PILOT STUDY.....	45
CASE REPORT	
A.Y.Bokach, N.S.Igembekov, Zh.E.Serikova FOLLOW-UP OF A CHILD WITH KEARNS-SAYRE SYNDROME AND IMPLANTED PACEMAKER: A CASE REPORT	51
REVIEWS	
D.A.Zorin, A.A.Nechepurenko, A.A.Demidov, O.N. Dyakova, N.N.Ilov, N.P.Zorina, K.N.Ivankova BALANCING BETWEEN CLINICAL EFFICACY AND ECONOMIC EXPEDIENCY: CHOOSING A DEVICE FOR CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY	55
V.I.Steklov, E.A.Kim, M.V.Emelianenko, S.O.Lependin, F.G.Rzaev METHODS OF ANESTHESIOLOGICAL SUPPORT IN THE ELECTROPHYSIOLOGICAL LABORATORY	64
D.A.Stepanov, A.A.Tatarinova, A.P.Nemirko, L.A.Manilo NOVEL ELECTROCARDIOGRAPHIC RISK PREDICTORS OF SUDDEN CARDIAC DEATH	e1

ВОЛЬТАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У БОЛЬНЫХ
С ПЕРСИСТИРУЮЩЕЙ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

В.Ю.Цивковский, А.В.Чапурных, В.Б.Нижниченко

*ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» управления делами президента РФ, Москва,
ул. Маршала Тимошенко, д. 15.*

Цель. Оценка влияния сопутствующих заболеваний и аритмического анамнеза на вольтажные характеристики левого предсердия у пациентов с персистирующей фибрилляцией предсердий (ФП).

Материал и методы исследования. В исследование было включено 50 пациентов с персистирующей ФП, направленных на первичную радиочастотную абляцию. Всем пациентам выполнялось вольтажное картирование левого предсердия. Вольтажные карты состояли как минимум из 2000 точек, среднее количество точек 2128 ± 104 . Области с амплитудой биполярного сигнала 0,1–0,5 мВ относили к области низкого вольтажа (НВ), области с амплитудой биполярного сигнала менее 0,1 мВ расценивали, как область очень низкого вольтажа. Для каждой карты был рассчитан НВ% и процент очень низкого вольтажа.

Результаты. Мы выявили статистически значимую заметную корреляцию НВ% с возрастом ($p < 0,001$, $r = 0,720$), женским полом ($p = 0,016$) и длительностью анамнеза на момент старта персистирования ($p < 0,001$, $r = 0,503$). На основании полученных нами данных для прогнозирования НВ% была разработана оригинальная шкала. Шкала включает: возраст, женский пол, длительность аритмического анамнеза на момент старта персистирования. При возрасте более 65 лет присваивался 1 балл, пациентам женского пола присваивался 1 балл, при длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирования более 4 месяцев 1 балл, в остальных случаях 0 баллов. Количество баллов по данной шкале показало высокую корреляцию с НВ% ($p < 0,001$, $r = 0,768$). Шкала получила название ВЖД-ритм (Возраст, Женский пол, Длительность анамнеза на момент старта персистирования).

Заключение. Возраст, женский пол, и длительность аритмического анамнеза на момент старта персистирования являются предикторами процента сниженного вольтажа левого предсердия у пациентов с персистирующей ФП. Предложенная оригинальная шкала ВЖД-ритм может использоваться для прогнозирования объема сниженного вольтажа у пациентов с персистирующей ФП.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; радиочастотная абляция; высокоплотное картирование; снижение вольтажа левого предсердия

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 11.02.2025 **Исправленная версия получена:** 09.06.2025 **Принята к публикации:** 25.06.2025

Ответственный за переписку: Цивковский Виктор Юрьевич, E-mail: tsivkov@gmail.com

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

Для цитирования: Цивковский ВЮ, Чапурных АВ, Нижниченко ВБ. Вольтажные характеристики левого предсердия у больных с персистирующей фибрилляцией предсердий. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 5-13. <https://doi.org/10.35336/VA-1468>.

LEFT ATRIAL VOLTAGE CHARACTERISTICS IN PATIENTS WITH PERSISTENT ATRIAL
FIBRILLATION

V.Yu.Tcivkovskii, A.V.Chapurnykh, V.B.Nizhnichenko

Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, 15 Marshala Timoshenko str.

Aim. The aim of the study was to assess the impact of comorbidities and duration of arrhythmic anamnesis on the results of left atrium voltage mapping in patients with persistent atrial fibrillation (AF).

Methods. The study enrolled 50 patients who underwent the first radiofrequency ablation of persistent AF. Left atrium endocardial voltage maps were obtained using a 3D electroanatomical mapping system during AF. The voltage maps consisted of at least 2,000 points, with an average of $2,128 \pm 104$ points. Low-voltage areas (LVA) were defined as < 0.5 mV. The percentage of LVA% and very LVA% were calculated.

Results. We found a statistically significant correlation of LVA% with age ($p < 0.001$, $r = 0.720$), female sex ($p = 0.016$), and the duration of arrhythmic history at the time of the start of persistence ($p < 0.001$, $r = 0.503$). Based on the data obtained, an original scale was developed to predict LVA%. The scale includes age, female sex, and the duration of arrhyth-

mic history at the start of persistence. A score of 1 point was assigned for an age over 65 years, 1 point for female gender, and 1 point for a duration of arrhythmic history over 4 months; otherwise, 0 points were given. The total score on of the scale showed a high correlation with LVA% ($p < 0.001$, $r = 0.768$). The scale was named AFD-rhythm (Age, Female Sex, Duration of arrhythmic anamnesis at the Start of Persistence).

Conclusions. Age, female sex, and the duration of arrhythmic anamnesis at the start of persistence are predictors of LVA% of the left atrium in patients with persistent atrial fibrillation. The original AFD-rhythm scale can be used to predict the percentage of left atrium low voltage in patients with persistent AF.

Key words: atrial fibrillation; radiofrequency ablation; high-density mapping; left atrial low voltage

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 11.02.2025 **Revision received:** 09.06.2025 **Accepted:** 25.06.2025

Corresponding author: Tsivkovskii Viktor, E-mail: tsivkov@gmail.com

V.Yu.Tsivkovskii - ORCID ID 0009-0007-5470-4969, A.V.Chapurnykh - ORCID ID 0000-0001-5517-855X, V.B.Nizhnichenko - ORCID ID 0000-0003-2329-8156

For citation: Tsivkovskii VYu, Chapurnykh AV, Nizhnichenko VB. Left atrial voltage characteristics in patients with persistent atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 5-13. <https://doi.org/10.35336/VA-1468>.

Идентификация эктопии легочных вен (ЛВ), как триггера фибрилляции предсердий (ФП), представленная в работах M.Naissaguerre et al. (1998), привела к разработке метода изоляции ЛВ, который на сегодняшний день имеет первый класс показаний при выполнении радиочастотной абляции (РЧА) ФП [1]. Однако вскоре стало понятно, что эктопическая активность может локализоваться не только в области ЛВ, триггер-индуцируемая пароксизмальная ФП трансформируется в субстрат-зависимую персистирующую и длительно персистирующую аритмию. Это подтверждается работами J.Seitz et al. (2017) которые показали, что абляция триггеров ФП вне ЛВ без изоляции ЛВ приводила к свободе от аритмии у 85% пациентов в течение 18 месяцев наблюдения [2].

В то же время, эмпирическое выполнение дополнительных линейных абляций и модификация субстрата, производимые с целью лечения субстрат-зависимой ФП, изученные в исследовании STAR-AF II, не выявили снижения частоты рецидивов ФП по сравнению с классической антральной изоляцией ЛВ [3]. Исследователи сделали вывод, что пациент-специфическая абляция субстрата требует более глубокого понимания.

Одним из механизмов трансформации аритмии является распространение фиброза левого предсердия (ЛП) и его аритмогенный эффект. Золотым стандартом визуализации распространения фиброза миокарда является магнитно-резонансная томография (МРТ) с поздним захватом гадолиния, что обеспечивает не прямое изучение распространенности фиброза в ЛП [4]. В применении этого метода есть множество ограничений - от стоимости исследования до наличия противопоказаний к его проведению, да и сам метод оказался невоспроизводим при его выполнении в различных исследовательских центрах [5]. R.S.Oakes et al. (2009) удалось установить корреляцию объема позднего захвата гадолиния с низковольтажными зонами при электроанатомическом картировании [6]. В последующем было установлено, что площадь низковольтажных зон, напрямую коррелирует с частотой рецидивов ФП [7].

Было предложено большое количество шкал, позволяющих прогнозировать процент областей сниженного вольтажа в ЛП. Однако, в ходе исследований, подтверждающих эффективность шкал, электроанатомическое картирование выполнялось на синусовом ритме после выполнения кардиоверсии, у пациентов с персистирующей ФП, что могло повлиять на результаты картирования. В то же время изучению факторов, влияющих на амплитудные характеристики предсердного сигнала на фоне ФП, уделено мало внимания.

Целью данного исследования явилась оценка влияния сопутствующих заболеваний и аритмического анамнеза на результаты вольтажного картирования ЛП у пациентов с персистирующей ФП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 50 пациентов с персистирующей ФП, направленных на первичную РЧА. Средний возраст больных составил $67,10 \pm 9,49$ лет, 36 мужчин (72%) и 14 женщин (28%). У всех пациентов аритмия была клинически значима и проявлялась ощущениями постоянного или преходящего учащенного сердцебиения и/или снижением толерантности к физической нагрузке. Наличие ФП у всех пациентов документировано на электрокардиограмме и холтеровском мониторинге электрокардиограммы.

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

Вольтажные карты ЛП строили с применением системы навигационного картирования CARTO 3 (Biosense Webster, США). Картирование выполняли мультиэлектродным катетером PentaRay (Biosense Webster, США) с использованием функции «tissue

proximity», с расстоянием точек от анатомической модели предсердия не более 5 мм, с применением модуля confidense со следующими параметрами: стабильность положения катетера 6 мм, плотность электроанатомических точек 1 мм. Все вольтажные карты состояли как минимум из 2000 точек, среднее количество точек 2128 ± 104 . После картирования проводили анализ вольтажных карт, определение областей сниженного вольтажа и подсчет процента областей сниженного вольтажа.

Области с амплитудой биполярного сигнала более 0,5 мВ были определены как области нормального вольтажа, зоны с амплитудой биполярного сигнала 0,1-0,5 мВ относили к области низкого вольтажа, а области с амплитудой биполярного сигнала менее 0,1 мВ как область очень низкого вольтажа. Вышеописанные пороги сниженного вольтажа выбраны на основании проведенных ранее многочисленных исследований. Так в ряде работ был предложен порог сниженного вольтажа в 0,5 мВ [8-10]. В настоящее время этот порог является наиболее распространенным в литературе. В исследовании Y.Lin et al. (2014) значение вольтажа менее 0,1 мВ определено как «плотный рубец» [11].

Для каждой карты был рассчитан процент низкого вольтажа (НВ%) и очень низкого вольтажа (ОНВ%). При подсчете процента областей низкого вольтажа определяли площадь карты ЛП. Использовали функцию «area measurement», которая рассчитывает общую площадь карты ЛП, из общей площади вычитали площадь кольца митрального клапана и устьев ЛВ. Измерение площади кольца митрального клапана и устьев ЛВ представлено на рис. 1. После чего рассчитывалась площадь областей сниженного вольтажа, так же с использованием функции «area measurement» (рис. 2). На основании построенной анатомической модели ЛП, после исключения ЛВ, рассчитывали его объем, включая ушко ЛП.

Нами был проведен корреляционный анализ связи НВ% и ОНВ% с полом, возрастом, длительностью аритмического анамнеза, длительностью персистирующего, длительностью анамнеза на момент старта персистирующего, ассоциированными заболеваниями (атеросклерозом коронарных артерий, толщиной межжелудочковой перегородки (как маркера гипертрофии

миокарда левого желудочка), сахарным диабетом, величиной индекса массы тела, уровнем скорости клубочковой фильтрации (СКФ)), передне-задним размером ЛП измеренном при эхокардиографии, индексом размера ЛП, фракцией выброса левого желудочка, скоростью изгнания из ушка ЛП измеренной при предоперационной чреспищеводной эхокардиографии а так же с объемом ЛП измеренном на основании построенной карты ЛП.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.6.3 (разработчик - ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (М) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 - Q3). Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона (при нормальном распределении сопоставляемых показателей), с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении, отличном от нормального). Прогностическая модель, характеризующая зависимость количественной переменной от факторов, разрабатывалась с помощью метода линейной регрессии. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами установлена статистически значимая высокая корреляция НВ% с возрастом ($p < 0,001$, $r = 0,720$), женским полом ($p = 0,016$) и средняя корреляция с длительностью анамнеза на момент старта персистирующего ($p < 0,001$, $r = 0,503$). Мы выявили статистически значимую, слабую связь НВ% с уровнем СКФ ($p = 0,002$, $r = -0,336$), объемом ЛП, измеренном при построении карты ЛП ($p = 0,019$, $r = 0,330$), индексом размера ЛП ($p < 0,001$, $r = 0,432$) и скоростью изгнания из ушка ЛП ($p = 0,023$, $r = -0,335$).

Мы не выявили корреляции НВ% с длительностью персистирующего ($p = 0,728$), толщиной межжелудочковой перегородки ($p = 0,976$), индексом массы тела ($p = 0,814$), наличием атеросклероза коро-

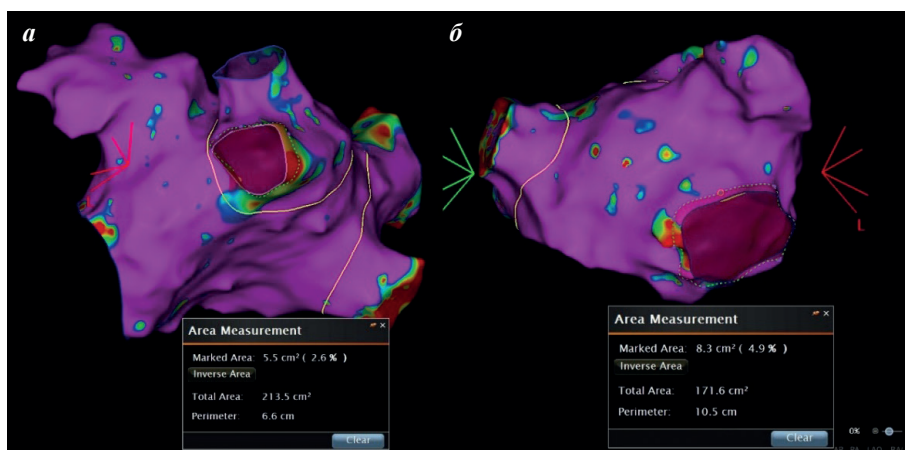


Рис. 1. Вольтажное картирование левого предсердия: а - расчёт площади устьев левой нижней легочной вены, б - кольца митрального клапана.

нарных артерий ($p=0,058$), сахарного диабета ($p=0,192$), фракцией выброса левого желудочка ($p=0,125$), переднезадним размером ЛП ($p=0,213$).

При анализе ОНВ% нами выявлена статистически значимая корреляция с возрастом ($p<0,001$, $r=0,656$) и женским полом ($p=0,039$), слабая связь ОНВ% с уровнем СКФ ($p=0,013$, $r=-0,357$) и длительностью анамнеза аритмии на момент старта персистирувания ($p<0,003$, $r=0,410$), а также очень слабая связь с индексом размера ЛП ($p=0,048$, $r=-0,276$).

Мы не выявили корреляции ОНВ% с длительностью персистирувания ($p=0,567$), толщиной МЖП ($p=0,876$), индексом массы тела ($p=0,900$), наличием атеросклероза коронарных артерий ($p=0,055$), сахарного диабета ($p=0,098$), фракцией выброса левого желудочка ($p=0,300$), переднезадним размером ЛП ($p=0,481$), объемом ЛП ($p=0,618$) и скоростью изгнания из ушка ЛП ($p=0,371$).

Таким образом наибольшую степень корреляции с ОНВ% и ОНВ% показали: возраст, женский пол, длительность аритмического анамнеза на момент старта персистирувания, уровень СКФ. На основании полученных нами данных для прогнозирования ОНВ% была разработана оригинальная шкала. Эта шкала включает: возраст, женский пол, длительность аритмического анамнеза на момент старта персистирувания.

Для выбора пороговых значений возраста и длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирувания был проведен ROC-анализ. Для каждой переменной построена ROC-кривая. Площадь под кривой использовалась для оценки дискриминирующей способности показателей. Оптимальные пороговые значения определялись с использованием критерия Юдена (J), рассчитываемого по формуле: $J = \text{чувствительность} + \text{специфичность} - 1$. Точка, соответствующая максимальному значению индекса Юдена, рассматривалась как оптимальный диагностический порог. Для бинаризации исходной переменной использован порог ОНВ%=35%, так как медианное значение ОНВ% составляет 35,57%, кроме того, значение 35% является границей выраженного фиброза по шкале Utah. Наилучшее значение индекса Юдена для возраста достигается при пороге 65 лет, для длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирувания достигается при пороге 4 месяца. ROC-кривые представлены на рис. 3, значения чувствительности, специфичности и индекса Юдена в табл. 1.

При возрасте более 65 лет присваивался 1 балл, пациентам женского пола присваивался 1 балл, при длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирувания более 4 месяцев 1 балл, в остальных случаях 0 баллов. Количество баллов по данной шкале показало высокую корреляцию с ОНВ% ($p<0,001$, $r=0,778$). Шкала получила название ВЖД-ритм (Возраст, Женский пол, Длительность анамнеза на момент старта персистирувания).

Приведен график регрессионного анализа взаимосвязи количества баллов по шкале и ОНВ% (рис. 4) и результаты корреляционного анализа взаимосвязи факторов, включенных в шкалу и количества баллов по шкале и ОНВ% (табл. 2). Так же количество баллов по

данной шкале показало среднюю корреляцию с ОНВ% ($p<0,001$, $r=0,597$).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Существуют разнообразные шкалы для прогнозирования процента низкого вольтажа в ЛП, которые включают в себя различные факторы. Шкала DR-FLASH, в которую входят: сахарный диабет, почечная дисфункция, персистирующее течение ФП, переднезадний размер ЛП более 45 мм, возраст более 65 лет, женский пол и артериальная гипертензия, показала высокую эффективность для прогнозирования наличия областей сниженного вольтажа [12-14].

Для прогнозирования рецидивов ФП после РЧА у пациентов, перенесших первичное и повторное вмешательство, была разработана шкала APPLE. В нее вошли: возраст более 65 лет, персистирующая форма

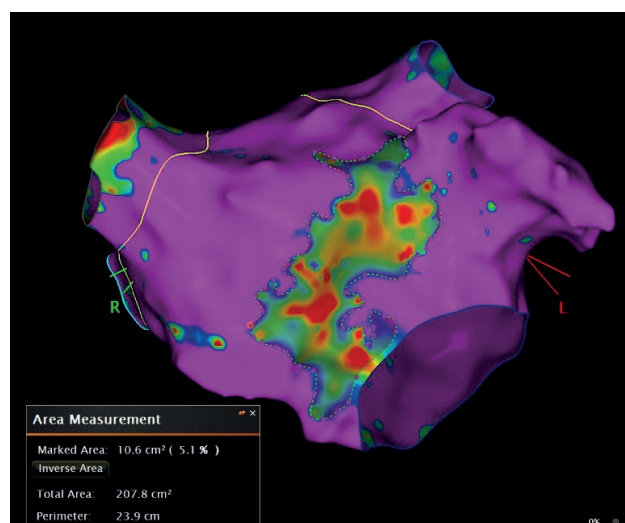


Рис. 2. Расчёт площади области сниженного вольтажа.

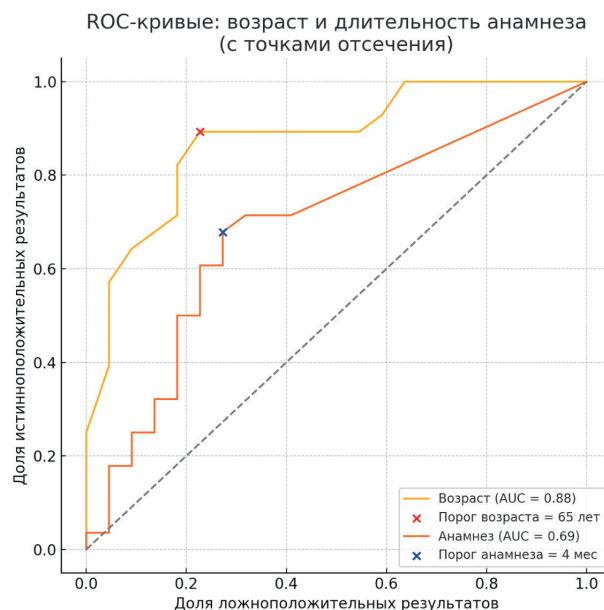


Рис. 3. ROC-кривые для определения точки разделения возраста и длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирувания относительно ОНВ%

ФП, снижение СКФ менее <60 мл/мин/1,73м², переднезадний размер ЛП более 42 мм, фракция выброса левого желудочка менее 50%. Эта шкала предоставила возможность прогнозирования областей сниженного вольтажа [12]. В табл. 3 представлены встречающиеся в литературе шкалы для прогнозирования распространения областей низкого вольтажа.

Важным моментом является то, что в ходе исследований, подтверждающих эффективность шкал, электроанатомическое картирование выполнялось на синусовом ритме. Пациентам с персистирующей и длительно персистирующей ФП выполнялась кардиоверсия, а затем проводилось вольтажное картирование на синусовом ритме или предсердной стимуляции. Однако A.Lahuerta et al. (2022) показали, что результаты вольтажного картирования на ФП и на синусовом ритме после кардиоверсии у одного и того же пациента значительно отличаются [15]. Исследование N.A.Qureshi et al. (2019) показало, что корреляция между областями низкого вольтажа, выявленными при эндокардиальном картировании и областями фиброза, диагностированными при МРТ с поздним захватом гадолиния, значительно повышается при картировании во время ФП по

Таблица 1.

Значения при оптимальном пороге чувствительности, специфичности и индекса Юдена при оптимальном пороге

Показатель	Чувствительность	Специфичность	Индекс Юдена
Возраст ≥ 65 лет	0,89	0,77	0,67
Анамнез ≥ 4 мес	0,68	0,73	0,41

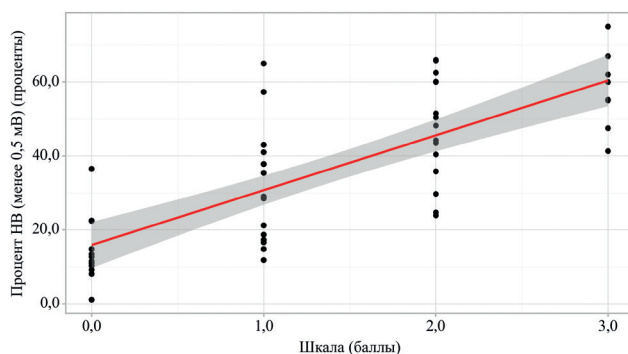


Рис. 4. График регрессионной функции, характеризующий зависимость НВ% от количества баллов по оригинальной шкале.

Таблица 2.

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи факторов, включенных в шкалу и количества баллов по шкале и НВ%

Показатель	ρ	p
Возраст	0,720	$<0,001$
Женский пол		0,016
Длительность анамнез аритмии*	0,503	$<0,001$
Количество баллов по шкале	0,778	$<0,001$

Примечание: * - на момент старта персистирования

сравнении с картированием на синусовом ритме [16]. Так же в работе J.Chen et al. (2019) продемонстрировано что большинство аритмогенных областей ЛП (области пространственно-временной дисперсии и продолженной активности) совпадает по локализации с областями сниженного вольтажа, выявленными при картировании на ФП что говорит о важности исследования областей сниженного вольтажа даже вне связи с фиброзом предсердия [15].

Кроме того, в подобного рода исследованиях пациенты с неэффективной кардиоверсией или с рецидивом ФП сразу после восстановления ритма исключались из исследования. В одном из исследований доля таких пациентов составила 12,9% [17]. На наш взгляд исключение из анализа таких пациентов с более тяжелым течением аритмии может серьезно повлиять на результаты исследования. Одним из важных факторов, оказывающих влияние на результаты вольтажного картирования, является электрическая кардиоверсия и тот факт, что картирование проводится сразу после ее выполнения.

Как было отмечено выше, результаты вольтажного картирования на ФП и синусовом ритме у одного и того же пациента значительно отличаются и на настоящий момент не до конца понятно картирование на каком ритме более соответствует реальной картине фиброза ЛП. На наш взгляд вышеупомянутые факторы такие как картирование на синусовом ритме сразу после выполненной кардиоверсии и исключение из анализа пациентов с неэффективной кардиоверсией говорят о том, что вольтажное картирование на аритмии у пациентов с персистирующей ФП видится более рациональным.

В нашем исследовании при высокоплотном картировании среднее количество проанализированных электрограмм составило более 2000 на карту ЛП. При этом в более ранних исследованиях их количество составляло около 200, что не соответствует представлениям о высокоплотном картировании и может повлиять на результаты исследования [18-20]. Также в некоторых исследованиях использовалось картирование разными типами электродов (3,5 мм аблационным и мультиэлектродным катетером) [12, 13, 18, 19, 21]. E.Anter et al. (2015) показали, что при картировании областей сохранного вольтажа амплитуда биполярного сигнала была одинаковой при использовании различного типа катетеров, но при картировании областей сниженного вольтажа общая площадь областей вольтажа $<0,5$ мВ, измеренная с использованием мультиэлектродных катетеров с диаметром электрода 1 мм, была меньше, чем площадь, измеренная с использованием аблационного катетера 3,5 мм [9, 22].

Наиболее дискуссионным остается вопрос различий в результатах картирования на синусовом ритме и ФП. Ранее упомянутые работы показали существенную разницу в результатах последовательного вольтажного картирования на ФП и синусовом ритме у одного и того же пациента с использованием порогового значения НВ 0,5 и 0,3 мВ [14, 16]. Это говорит о необходимости поиска разных порогов низкого вольтажа для картирования на ФП и синусовом ритме.

Предпринято большое количество попыток определить порог сниженного вольтажа для картирования на фоне ФП, в результате которых предлагались разные значения порогового вольтажа от 0,24 до 0,35 мВ, которые могут соответствовать порогу 0,5 мВ при синусовом ритме [16, 23, 24]. Однако прийти к единому значению порогового вольтажа на данный момент не удалось. Как отмечают в своей работе D.Nairn et al. (2023), при использовании новых пороговых значений соответствие областей сниженного вольтажа между синусовым ритмом и ФП остается умеренным, с большей выявляемостью сниженного вольтажа при картировании во время ФП [24].

На наш взгляд ввиду критичной разницы в направлении распространения возбуждения и скорости распространения импульса на синусовом ритме и ФП невозможно подобрать порог вольтажа, при котором вольтажные карты на синусовом ритме и ФП будут соответствовать друг другу. Поэтому определять предикторы областей низкого вольтажа для картирования на синусовом ритме и ФП, вероятно стоит отдельно друг от друга.

Опираясь на вышеупомянутые исследования, определившие порогом сниженного вольтажа 0,5 мВ, а также исследование N.A.Qureshi et al. (2019) показавшее, что картирование на ФП дает более высокую корреляцию с результатами МРТ с поздним захватом гадолиния, мы использовали пороги 0,5 мВ и 0,1 мВ для определения предикторов низкого вольтажа [16]. При этом не было отмечено существенной разницы в результатах корреляционного анализа с использованием порога для низкого и очень низкого вольтажа.

Снижение вольтажа левого предсердия и возраст

ФП является наиболее распространенной возраст-ассоциированной аритмией, и старение человека обычно связано с повышенным риском развития ФП [25]. Эта проблема описывалась в экспериментах на животных и исследованиях с небольшой выборкой, в которых сообщалось о возрастных изменениях электрофизиологических свойств клеток и нарушениях проводимости [25, 26].

Связь между фиброзом ЛП и возрастом была продемонстрирована при гистологических анализах образцов, полученных на вскрытии и при хирургических операциях на открытом сердце. Анализ ткани предсердий продемонстрировал корреляцию между фиброзом предсердий и ФП в анамнезе. Авторы показали отсутствие значительного фиброза у контрольных пациентов аналогичного возраста без ФП в анамнезе [27, 28].

Исследования, касающиеся корреляции между фиброзом ЛП и возрастом, противоречивы. При исследовании аутопсийного материала P.G.Platonov et al. (2011) не обнаружили никакой корреляции между возрастом и распространенностью фиброза ЛП [28]. В клиническом исследовании H.Cochet et al. (2015) возраст являлся предиктором фиброза, диагностированным при МРТ с гадолинием [29]. В нашем исследовании возраст показал наиболее сильную корреляцию с процентом сниженного вольтажа ЛП.

Снижение вольтажа левого предсердия и пол

Исследование EORP-AF показало различия, связанные с полом, в эпидемиологии, клиническом ведении и лечении ФП [30]. Было показано, что у женщины

Таблица 3.

Шкалы прогнозирования распространения областей сниженного вольтажа в левом предсердии

Название шкалы	Параметры	Количество точек при картировании ЛП	Картирующий катетер
DR-FLASH [12, 13]	СД, ХБП, ПерсФП, ЛП > 45 мм, возраст > 65 лет, женский пол, АГ	>1000; 144±76	SmartTouch (Biosense Webster), TactiCath (Abbot), мультиэлектродный циркулярный катетер
APPLE [11, 18]	Возраст > 65, ПерсФП, СКФ < 60 мл/мин/1,73 м ² , ЛП > 43 мм, ФВ < 50%	>1000; >200	SmartTouch (Biosense Webster), TactiCath (Abbot), Мультиэлектродный циркулярный катетер
(m)APPLE [19]	Возраст > 65, ПерсФП, СКФ < 60 мл/мин/1,73 м ² , иОЛП ≥ 39 мл/м ² , ФВ ЛП < 31%	>1000	SmartTouch (Biosense Webster), TactiCath (Abbot), Мультиэлектродный циркулярный катетер
SPEED [21]	Женский пол, ПерсФП, возраст > 70 лет, proBNP > 400 пг/мл, СД	≥100 (3,5-мм аблационный катетер), ≥1000 мультиэлектродный катетер	3,5-мм аблационный или мультиэлектродный катетер Biosense Webster /Boston Scientific/Abbot
ZAQ [20]	Возраст > 65 лет, женский пол, иОЛП 57 мл/м ²	>200	TactiCath (Abbot), ThermoCool SmartTouch (Biosense Webster)
ANP [43]	Возраст > 65 лет, NT-proBNP ≥ 17 нг/мл, Перс ФП	>1000	Reflexion Spiral (Abbot), Lasso (Biosense Webster)
ATLAS [45]	Возраст > 60 лет, женский пол, ПерсФП, курение, иОЛП (1 балл за каждые 10 мл/м ²)	2876 ± 1058	PentaRay (Biosense Webster)

Примечание: ЛП - левое предсердие; СД - сахарный диабет; ХБП - хроническая болезнь почек; ПерсФП - персистирующая фибрилляция предсердий; АГ - артериальная гипертензия; СКФ - скорость клубочковой фильтрации; ФВ - фракция выброса; иОЛП - индексированный объем левого предсердия.

с ФП имеют в 1,3-2,0 раза более высокий риск рецидива ФП после РЧА [31-33]. Исследование FIRE and ICE продемонстрировало, что женский пол ассоциирован с почти 40% увеличением рецидивов предсердных аритмий после изоляции ЛВ [34]. Другие исследования показали, что несмотря на то, что частота рецидивов аритмии после РЧА у женщин выше, в ходе повторных процедур реконнекции ЛВ у женщин наблюдались реже чем у мужчин [35, 36]. Это может быть объяснено большим количеством не венозных триггеров ФП, которые могут быть связаны с областями сниженного вольтажа. В ранее проведенных исследованиях женский пол был независимым предиктором фиброза ЛП [37-39]. Это наблюдение связано с прямым гендерно-зависимым эффектом, основанном на различиях во влиянии половых гормонов на неблагоприятное ремоделирование ЛП и фиброз. В нашем исследовании мы наблюдали, что женский пол коррелирует с повышенным процентом областей сниженного вольтажа ЛП.

Снижение вольтажа левого предсердия и длительность аритмического анамнеза

Интересным является наблюдение о взаимосвязи длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирующего и НВ%. Пациенты, имевшие историю пароксизмального течения аритмии перед тем, как «перейти» в персистирующее имели больший НВ% чем пациенты первым проявлением аритмии у которых явилось персистирующее. Это может с одной стороны указывать на различные механизмы персистирующего ФП, с другой стороны на необходимость более раннего вмешательства для контроля синусового ритма и минимизации распространения областей сниженного вольтажа, которые влияют на дальнейший прогноз течения аритмии и эффективность хирургического лечения. Так же полученные данные говорят о том, что распространение областей сниженного вольтажа является в большей степени результатом пароксизмов ФП, предшествовавших персистирующему, а длительность персистирующего аритмии вносит меньший вклад в распространение сниженного вольтажа.

Наши данные об отсутствии связи длительности персистирующего и снижения вольтажа согласуются с данными других исследований [40]. Мы не встретили работ, исследовавших корреляцию длительности аритмического анамнеза на момент старта персистирующего и НВ%. В данной работе впервые обращено внимание на длительность течения ФП предшествующую персистирующему и на ее влияние на распространенность сниженного вольтажа.

Снижение вольтажа левого предсердия и ассоциированные заболевания

Согласно полученным нами данным, ассоциированные заболевания не оказывают влияния на процент областей очень низкого вольтажа. Это согласуется с результатами некоторых исследований не продемонстрировавших связи ассоциированных заболеваний со снижением вольтажа ЛП у пациентов с персистирующим течением ФП [40]. В то же время исследования, изучавшие эффективность ранее предложенных шкал, показали их значимость в прогнозировании распространения областей сниженного вольтажа ЛП [12]. В экспериментальных моделях на животных была показана связь артериальной гипертензии и фиброза ЛП [41]. Кроме того, в эксперименте на животных выявлено влияние ожирения на развитие фиброза ЛП, и обратное развитие фиброза при снижении веса [42].

Отдельно стоит выделить почечную дисфункцию, так как уровень СКФ показал статистически значимую, умеренную связь как с НВ%, так и с ОНВ%. Встречаются данные как о связи уровня СКФ с распространением сниженного вольтажа, так и об отсутствии такой связи [43, 44]. Вероятно, такая неубедительная корреляция связана с тем, что в исследуемой группе встречались лишь пациенты с умеренным снижением СКФ (средний уровень СКФ 61,8), в то время как ни у одного из наших пациентов не было IV и V стадий хронической болезни почек.

Нами разработана оригинальная шкала ВЖД-ритм для прогнозирования объема сниженного вольтажа у пациентов с персистирующей ФП. Данная шкала прогнозирует процент сниженного вольтажа для пациентов с ФП, картирование у которых выполнялось на аритмии. Как упоминалось выше, исследования показали корреляцию между объемом низковольтажных зон и рецидивами ФП после РЧА [7]. На основании этого можно сделать предположение что разработанная нами шкала может прогнозировать эффективность РЧА ФП. Однако это утверждение требует подтверждения в дальнейших исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возраст, женский пол, и длительность аритмического анамнеза на момент старта персистирующего являются предикторами объема сниженного вольтажа ЛП у пациентов с персистирующей ФП. Предложенная оригинальная шкала ВЖД-ритм может использоваться для прогнозирования объема сниженного вольтажа у пациентов с персистирующей ФП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haïssaguerre M, Jaïs P, Shah DC, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med.* 1998;339(10): 659-66. <https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003>.
2. Seitz J, Bars C, Théodore G, et al. AF Ablation Guided by Spatiotemporal Electrogram Dispersion Without Pulmonary Vein Isolation: A Wholly Patient-Tailored Approach. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(3): 303-21. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.065>.
3. Verma A, Jiang CY, Betts TR, et al. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med.* 2015;372(19): 1812-22. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1408288>.
4. Marrouche NF, Naccarelli GV, Akoum Y, et al. Association of Atrial Tissue Fibrosis Identified by Delayed Enhancement MRI and Atrial Fibrillation Catheter Ablation: The DECAAF Study. *JAMA.* 2014;312(17): 1805-14. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3>.
5. Sramko M, Peichl P, Wichterle D, et al. Clinical value of assessment of left atrial late gadolinium enhancement

- in patients undergoing ablation of atrial fibrillation. *Int J Cardiol.* 2015;179: 351-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.11.072>.
6. Oakes RS, Badger TJ, Kholmovski EG, et al. Detection and quantification of left atrial structural remodeling with delayed-enhancement magnetic resonance imaging in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 2009;119(13): 1758-67. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.811877>.
 7. Yamaguchi T, Tsuchiya T, Nagamoto Y, et al. Long-term results of pulmonary vein antrum isolation in patients with atrial fibrillation: an analysis in regard to substrates and pulmonary vein reconnections. *Europace.* 2014;16(5): 511-20. <https://doi.org/10.1093/europace/eut265>.
 8. Sanders P, Morton JB, Kistler PM, et al. Electrophysiological and electroanatomic characterization of the atria in sinus node disease: Evidence of diffuse atrial remodeling. *Circulation.* 2004;109(11): 1514-22. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000121734.47409.AA>.
 9. Anter E, Tschabrunn CM, Josephson ME. High-resolution mapping of scar-related atrial arrhythmias using smaller electrodes with closer interelectrode spacing. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2015;8(3): 537-45. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.114.002737>.
 10. Saghy L, Callans DJ, Garcia F, et al. Is there a relationship between complex fractionated atrial electrograms recorded during atrial fibrillation and sinus rhythm fractionation? *Heart Rhythm.* 2012;9(2): 181-8. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2011.09.062>.
 11. Lin Y, Yang B, Garcia FC, et al. Comparison of left atrial electrophysiologic abnormalities during sinus rhythm in patients with different type of atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol.* 2014;39(1): 57-67. <https://doi.org/10.1007/s10840-013-9838-y>.
 12. Kornej J, Schumacher K, Dinov B, et al. Prediction of electro-anatomical substrate and arrhythmia recurrences using APPLE, DR-FLASH and MB-LATER scores in patients with atrial fibrillation undergoing catheter ablation. *Sci Rep.* 2018;8(1): 12686. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31133-x>.
 13. Kosiuk J, Dinov B, Kornej J, et al. Prospective, multicenter validation of a clinical risk score for left atrial arrhythmogenic substrate based on voltage analysis: DR-FLASH score. *Heart Rhythm.* 2015;12(9): 2207-12. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.07.003>.
 14. Andrés Lahuerta A, Roberto C, Saiz FJ, et al. Atrial low voltage areas: A comparison between atrial fibrillation and sinus rhythm. *Cardiol J.* 2022;29(2): 252-62. <https://doi.org/10.5603/CJ.a2021.0125>.
 15. Chen J, Arentz T, Cochet H, et al. Extent and spatial distribution of left atrial arrhythmogenic sites, late gadolinium enhancement at magnetic resonance imaging, and low-voltage areas in patients with persistent atrial fibrillation: comparison of imaging vs. electrical parameters of fibrosis and arrhythmogenesis. *Europace.* 2019;21(10): 1484-93. <https://doi.org/10.1093/europace/euz159>.
 16. Qureshi NA, Kim SJ, Cantwell CD, et al. Voltage during atrial fibrillation is superior to voltage during sinus rhythm in localizing areas of delayed enhancement on magnetic resonance imaging: An assessment of the posterior left atrium in patients with persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2019;16(9): 1357-67. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2019.05.032>.
 17. Kiedrowicz RM, Wielusinski M, Wojtarowicz A, et al. Predictors of the voltage derived left atrial fibrosis in patients with long-standing persistent atrial fibrillation. *Cardiol J.* 2022;29(4): 660-9. <https://doi.org/10.5603/CJ.a2020.0069>.
 18. Kornej J, Büttner P, Sommer P, et al. Prediction of electro-anatomical substrate using APPLE score and biomarkers. *Europace.* 2019;21(1): 54-9. <https://doi.org/10.1093/europace/euy120>.
 19. Seewöster T, Kosich F, Sommer P, et al. Prediction of low-voltage areas using modified APPLE score. *Europace.* 2021;23(4): 575-80. <https://doi.org/10.1093/europace/eaab311>.
 20. D'Ambrosio G, Romano S, Alothman O, et al. Computed tomography-derived left atrial volume index, sex, and age to predict the presence and the extent of left atrial low-voltage zones in patients with atrial fibrillation: The ZAQ score. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(4): 895-902. <https://doi.org/10.1111/jce.14391>.
 21. Matsuda Y, Masuda M, Asai M, et al. A new clinical risk score for predicting the prevalence of low-voltage areas in patients undergoing atrial fibrillation ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(12): 3150-8. <https://doi.org/10.1111/jce.14761>.
 22. Гасимова НЗ, Шабанов ВВ, Сафонов НВ, и др. Многоконтактное картирование в лечении различных нарушений ритма сердца. *Вестник аритмологии.* 2024;31(1): 110-122 [Gasimova NZ, Shabanov VV, Safonov NV, et al. Multipolar mapping in the management of different arrhythmias. *Journal of Arrhythmology.* 2024;31(1): 110-122] <https://doi.org/10.35336/VA-1297>.
 23. Rodríguez-Mañero M, Valderrábano M, Baluja A, et al. Validating Left Atrial Low Voltage Areas During Atrial Fibrillation and Atrial Flutter Using Multielectrode Automated Electroanatomic Mapping. *JACC Clin Electrophysiol.* 2018;4(12): 1541-52. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2018.08.015>.
 24. Nairn D, Eichenlaub M, Lehrmann H, et al. Spatial correlation of left atrial low voltage substrate in sinus rhythm versus atrial fibrillation: The rhythm specificity of atrial low voltage substrate. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2023;34(8): 1613-21. <https://doi.org/10.1111/jce.15984>.
 25. Anyukhovskiy EP, Sosunov EA, Plotnikov A, et al. Cellular electrophysiologic properties of old canine atria provide a substrate for arrhythmogenesis. *Cardiovasc Res.* 2002;54: 462-9. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(02\)00271-7](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(02)00271-7).
 26. Gramley F, Lorenzen J, Knackstedt C, et al. Age-related atrial fibrosis. *Age.* 2009;31: 27-38. <https://doi.org/10.1007/s11357-008-9077-9>.
 27. Kainuma S, Masai T, Yoshitatsu M, et al. Advanced left-atrial fibrosis is associated with unsuccessful maze operation for valvular atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(1): 61-9. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.11.008>.
 28. Platonov PG, Mitrofanova LB, Orshanskaya V, et al. Structural abnormalities in atrial walls are associated with presence and persistency of atrial fibrillation but not with age. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(21): 2225-32. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.05.032>.

org/10.1016/j.jacc.2011.05.061.

29. Cochet H, Mouries A, Nivet H, et al. Age, atrial fibrillation, and structural heart disease are the main determinants of left atrial fibrosis detected by delayed-enhanced magnetic resonance imaging in a general cardiology population. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2015;26: 484-92. <https://doi.org/10.1111/jce.12651>.
30. Lip GY, Laroche C, Boriani G, et al. Sex-related differences in presentation, treatment, and outcome of patients with atrial fibrillation in Europe: a report from the Euro Observational Research Programme Pilot survey on Atrial Fibrillation. *Europace.* 2015;17: 24-31. <https://doi.org/10.1093/europace/euu155>.
31. Xiaocheng C, Qiongwen H, Lei G, et al. Sex-related differences in catheter ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Europace.* 2019;21(10): 1509-18. <https://doi.org/10.1093/europace/euz179>.
32. Wong GR, Nalliah CJ, Lee G, et al. Sex-related differences in atrial remodeling in patients with atrial fibrillation: relationship to ablation outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2022;15(1). <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.009925>.
33. Kerr CR, Humphries K. Gender-related differences in atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46: 1307-8. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.07.007>.
34. Kuck KH, Brugada J, Schlüter M, et al. The FIRE AND ICE Trial: What We Know, What We Can Still Learn, and What We Need to Address in the Future. *J Am Heart Assoc.* 2018;7(24). <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.010777>.
35. Tanaka N, Inoue K, Kobori A, et al. Sex differences in atrial fibrillation ablation outcomes: insights from a large-scale multicentre registry. *Europace.* 2020;22(9): 1345-57. <https://doi.org/10.1093/europace/euaa104>.
36. Sugumar H, Nanayakkara S, Chieng D, et al. Arrhythmia recurrence is more common in females undergoing multiple catheter ablation procedures for persistent atrial fibrillation: Time to close the gender gap. *Heart Rhythm.* 2020;17(5 Pt A):692-98. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2019.12.013>.
37. Akoum N, Mahnkopf C, Kholmovski EG, et al. Age and sex differences in atrial fibrosis among patients with atrial fibrillation. *Europace.* 2018;20(7): 1086-92. <https://doi.org/10.1093/europace/eux260>.
38. Huo Y, Gaspar T, Pohl M, et al. Prevalence and predictors of low voltage zones in the left atrium in patients with atrial fibrillation. *Europace.* 2018;20(6): 956-62. <https://doi.org/10.1093/europace/eux082>.
39. Wu N, Liu W, Yang G, et al. Sex difference in atrial scar prevalence: What can we learn from the STABLE-SR-III trial? *Heart Rhythm.* 2024;21(7): 1001-07. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.02.020>.
40. Ammar-Busch S, Buiatti A, Tatzber A, et al. Predictors of low voltage areas in persistent atrial fibrillation: is it really a matter of time? *J Interv Card Electrophysiol.* 2020;57: 345-52. <https://doi.org/10.1007/s10840-018-0471-7>.
41. Krijthe BP, Kunst A, Benjamin EJ, et al. Projections on the number of individuals with atrial fibrillation in the European Union, from 2000 to 2060. *Eur Heart J.* 2013;34(35): 2746-51. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/eh280>.
42. Mahajan R, Lau DH, Brooks AG, et al. Electrophysiological, Electroanatomical, and Structural Remodeling of the Atria as Consequences of Sustained Obesity. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.04.058>.
43. Matsuda Y, Masuda M, Asai M, et al. Impact of Renal Dysfunction on Left Atrial Low-Voltage Areas in Patients With Atrial Fibrillation. *Circ J.* 2019;83(5): 985-90. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-18-1277>.
44. Seewöster T, Büttner P, Zeynalova S, et al. Are the atrial natriuretic peptides a missing link predicting low-voltage areas in atrial fibrillation? Introducing the novel biomarker-based atrial fibrillation substrate prediction (ANP) score. *Clin Cardiol.* 2020;43(7): 762-68. <https://doi.org/10.1002/clc.23378>.
45. Kiedrowicz RM, Wielusiński M, Wojtarowicz A, et al. Atrial fibrillation risk scores to evaluate left atrial substrate based on voltage analysis in long-standing persistent type of arrhythmia. *Kardiologia Pol.* 2021;79(5): 525-30. <https://doi.org/10.33963/kp.15902>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1516><https://elibrary.ru/EGRSWN>

СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ КАРДИОМИОПАТИИ У ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМИ
ЖЕЛУДОЧКОВЫМИ АРИТМИЯМИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОДНОЦЕНТРОВОГО
НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

К.А.Чуева, О.А.Кофейникова, Д.С.Лебедев, Р.Б.Татарский, Е.С.Васичкина
ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» МЗ РФ, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д.2.

Цель. Разработать прогностическую модель и балльную шкалу вероятности развития кардиомиопатии (КАА), ассоциированной с идиопатическими желудочковыми аритмиями (ЖА) у детей.

Материал и методы исследования. В исследование было включено 492 ребенка в возрасте от 1 до 17 лет с идиопатическими ЖА. Для создания прогностической модели была сформирована обучающая выборка (n=392), для валидации - тестовая выборка (n=100). Поиск независимых предикторов осуществлялся методом бинарной логистической регрессии, баллы для каждого предиктора устанавливались на основании показателя оценки шансов.

Результаты. Было установлено, что площадь поверхности тела $\geq 1,7$ м² увеличивает шансы развития КАА в 4,9 раза (1 балл), длительность предэкзотического интервала желудочковой экстрасистолы < 434 мс - в 3,7 раза (1 балл), плотность ЖА 25-29% - в 8,4 раза (2 балла), плотность ЖА 30-34% - в 11,3 раза (3 балла), плотность ЖА $\geq 35\%$ - в 17,2 раза (4 балла). Методом ROC анализа была определена специфичность суммы баллов. При сумме баллов до 2 определялась низкая вероятность (специфичность $< 48,1\%$), при сумме баллов 3-4 - средняя вероятность (специфичность 67,5-81,8%), при сумме баллов 5-6 - высокая вероятность развития КАА (специфичность $> 95,1\%$). AUC шкалы прогноза развития КАА составила $0,805 \pm 0,037$ (95% ДИ: 0,732-0,878), $p < 0,001$.

AUC шкалы прогноза развития КАА у тестовой группы составила $0,893 \pm 0,034$ (95% ДИ: 0,827-0,96), $p < 0,001$. Разность площади ROC-кривой суммы баллов обучающей и тестовой групп составила $0,088 \pm 0,05$. Площади под ROC-кривыми были сопоставимы ($p = 0,078$).

Заключение. В ходе исследования были выявлены независимые предикторы развития КАА у детей с идиопатическими ЖА. На основании полученных предикторов была разработана шкала вероятности развития КАА, использование которой позволит рутинно оценивать вероятность развития КАА и сформировать персонализированный подход к наблюдению и лечению каждого ребенка с идиопатическими ЖА.

Ключевые слова: идиопатические; желудочковая аритмия; желудочковая тахикардия; кардиомиопатия ассоциированная с аритмией; тахииндуцированная кардиомиопатия; прогнозирование; дети

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 29.04.2025 **Исправленная версия получена:** 16.06.2025 **Принята к публикации:** 25.06.2025

Ответственный за переписку: Чуева Ксения Андреевна, E-mail: kseniia.chueva@gmail.com

К.А.Чуева - ORCID ID 0000-0002-5027-0565, О.А.Кофейникова - ORCID ID 0000-0003-4720-9023, Д.С.Лебедев - ORCID ID 0000-0001-9948-7303, Р.Б.Татарский - ORCID ID 0000-0001-6752-3306, Е.С.Васичкина - ORCID ID 0000-0001-7336-4102

Рукопись участвовала в конкурсе на лучшую научную работу молодых ученых по клинической и фундаментальной аритмологии в рамках XI Всероссийского съезда аритмологов.

Для цитирования: Чуева КА, Кофейникова ОА, Лебедев ДС, Татарский РБ, Васичкина ЕС. Стратификация риска развития кардиомиопатии у детей с идиопатическими желудочковыми аритмиями на основе данных одноцентрового наблюдательного исследования. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 14-20. <https://doi.org/10.35336/VA-1516>.

RISK SCORE FOR DEVELOPING ARRHYTHMIA-INDUCED CARDIOMYOPATHY IN CHILDREN
WITH IDIOPATHIC VENTRICULAR ARRHYTHMIAS BASED ON SINGLE CENTER DATA

K.A.Chueva, O.A.Kofeynikova, D.S.Lebedev, R.B.Tatarskiy, E.S.Vasichkina
Almazov National Medical Research Centre of the MH RF, Russia, Saint-Petersburg, 2 Akkuratova str.

Aim. To develop a predictive model and a clinical risk score for developing arrhythmia-induced cardiomyopathy (AIC) in children with idiopathic ventricular arrhythmias (VA).

Methods. The study included 492 children aged 1 to 17 years with idiopathic VA. In 392 patients demographic, clinical and diagnostic-related variables were evaluated as potential prognostic factors using binary logistic regression. The scores for each predictor were set based on the odds ratio. Validation of the model was carried out on a test group (n=100).

Results. It was found that body surface area $\geq 1,7 \text{ m}^2$ increases the ratio of developing AIC by 4,9 times (1 point), the premature ventricular contraction's coupling interval $< 434 \text{ ms.}$ - by 3,7 times (1 point), the burden of VA 25-29% - by 8,4 times (2 points), the burden of VA 30-34% - 11,3 times (3 points), the burden of VA $\geq 35\%$ - 17,2 times (4 points). The specificity of the risk score was determined by the ROC curve. A low probability of developing AIC was determined with a score of up to 2 (specificity $< 48,1\%$), an average probability was determined with a score 3-4 (specificity 67,5-81,8%), a high probability was determined with a score 5-6, (specificity $> 95,1\%$). The AUC of the predictive scale was 0.805 ± 0.037 (95% CI: 0.732-0.878), $p < 0.001$.

The AUC of the of the predictive scale in the test group was 0.893 ± 0.034 (95% CI: 0.827-0.96), $p < 0.001$. The difference in the AUC of the scores in training and test groups was 0.088 ± 0.05 . The AUCs were comparable ($p = 0.078$).

Conclusion. In this study we identified independent predictors of IAC in children with idiopathic VA. A clinical risk scale of AIC has been developed based on the obtained predictors. Routine use of the AIC risk scale will lead to personalized monitoring and treatment of each child with idiopathic VA.

Key words: idiopathic; ventricular arrhythmia; ventricular tachycardia; arrhythmia-induced cardiomyopathy; tachycardia-induced cardiomyopathy; prognosis; risk scale; children

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 29.04.2025 **Revision received:** 16.06.2025 **Accepted:** 25.06.2025

Corresponding author: Chueva Ksenia, E-mail: ksenia.chueva@gmail.com

K.A.Chueva - ORCID ID 0000-0002-5027-0565, O.A.Kofeynikova - ORCID ID 0000-0003-4720-9023, D.S.Lebedev - ORCID ID 0000-0001-9948-7303, R.B.Tatarskiy - ORCID ID 0000-0001-6752-3306, E.S.Vasichkina - ORCID ID 0000-0001-7336-4102

The manuscript participated in the competition for the best scientific work of young scientists in clinical and fundamental arrhythmology within the framework of the XI All-Russian Congress of Arrhythmologists.

For citation: Chueva KA, Kofeynikova OA, Lebedev DS, Tatarskiy RB, Vasichkina ES. Risk score for developing arrhythmia-induced cardiomyopathy in children with idiopathic ventricular arrhythmias based on single center data. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 14-20. <https://doi.org/10.35336/VA-1516>.

Желудочковые аритмии (ЖА) имеют высокую распространенность в детском возрасте. По данным скрининговых обследований единичная желудочковая экстрасистолия (ЖЭ) регистрируется примерно у половины детей подросткового возраста [1]. В подавляющем большинстве случаев ЖА у детей являются идиопатическими и характеризуются доброкачественным течением [2-5]. Однако, длительно существующие ЖА могут приводить к формированию кардиомиопатии,

ассоциированной с аритмией (КАА). Частота возникновения кардиомиопатии, ассоциированной с идиопатическими ЖА у детей, не превышает 20% [6-11]. Несмотря на большой интерес к проблеме, в литературе опубликовано небольшое число исследований, посвященных поиску предикторов возникновения КАА в педиатрической популяции [6, 9, 11]. Ограничениями данных исследований являются небольшие выборки пациентов, что приводит к получению противоречивых

результатов и не позволяет применять их в клинической практике. Поиск независимых предикторов и создание шкалы вероятности развития КАА позволит оптимизировать подходы к наблюдению и лечению детей с идиопатическими ЖА.

Цель: разработать прогностическую модель и балльную шкалу вероятности развития кардиомиопатии, ассоциированной с идиопатическими ЖА у детей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения поставленной цели нами были проанализированы данные 492 детей в возрасте от 1 до 17 лет

Таблица 1.

Клиническая характеристика пациентов обучающей и тестовой групп

Показатель	Обучающая группа (n=392)	Тестовая группа (n=100)	p
Возраст, лет. Ме [IQR]	13,0 [9,0; 15,0]	12,0 [9,0; 15,0]	0,069
ППТ, м ² . Ме [IQR]	1,48 [1,12; 1,72]	1,55 [1,37; 1,68]	0,053
Мужской пол, n (%)	222 (56,6)	64 (58,1)	0,183
Наличие ЖТ, n (%)	214 (54,6)	64 (64)	0,090
Плотность ЖА, %. Ме [IQR]	25,2 [16,2; 36,4]	24,0 [15,0; 36,5]	0,548
КАА, n (%)	35 (8,9)	24 (24,0)	-
Снижение ФВ и дилатация ЛЖ, n (%)	6 (1,7)	3 (12,5)	0,917
Только дилатация ЛЖ, n (%)	5 (1,3)	3 (12,5)	
Только снижение ФВ, n (%)	24 (6,6)	18 (75)	

Примечание: здесь и далее p - уровень статистической значимости, ППТ - площадь поверхности тела; ЖТ - желудочковая тахикардия; ЖА - желудочковая аритмия; КАА - кардиомиопатия, ассоциированная с аритмией; ЛЖ - левый желудочек; ФВ - фракция выброса.

с идиопатическими ЖА, которые проходили обследование и лечение в Центре в 2011-2025 гг. Критериями не включения в исследования были наличие структурной патологии сердца, текущего воспалительного процесса в миокарде или перенесенного миокардита в анамнез, верифицированной каналопатии и экстракардиальных причин ЖА. «Идиопатическая» ЖА был диагнозом исключения после тщательного сбора анамнеза и проведения комплексного кардиологического обследования. Всем пациентам выполнялись клинический и биохимический анализ крови с определением уровня кардиоспецифических ферментов и острофазовых белков, электролитов, тиреоидного статуса, поверхностная 12 канальная электрокардиография (ЭКГ), суточное ЭКГ-мониторирование, эхокардиография. 403 пациентам был проведен тест с дозированной физической нагрузкой на тредмиле и 116 пациентам проводилась магнитно-резонансная томография сердца. Под КАА понималось снижение фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) и/или дилатация ЛЖ после дебюта ЖА. Оценка размеров полостей сердца и сократительной способности миокарда выполнялась по стандартной методике [12]. Эхокардиографические показатели индексировались с помощью калькулятора z-score Boston Children's Hospital. Дилатация ЛЖ определялась при значении z-score конечно-диастолического размера ЛЖ $> +2,0$. ФВ ЛЖ измерялась методом Тейхольца и Симпсона.

В общей выборке пациентов 12% (59/492) детей имели критерии КАА. У 15% (n=9/59) детей отмечалось сочетание дилатации и снижения ФВ ЛЖ, у 14% (n=8/59) - дилатация без снижения ФВ ЛЖ и у 71% (n=42/59) - изолированное снижение ФВ ЛЖ.

На первом этапе был проведен поиск предикторов формирования КАА у пациентов тренировочной группы (n=392). Для выполнения этой задачи были проанализированы и сопоставлены клинические показатели, данные анамнеза и результаты инструментальных методов обследования пациентов в зависимости от наличия КАА. Результаты первого этапа исследования были опубликованы нами ранее [13].

Второй этап исследования заключался в построении прогностической модели и шкалы вероятности развития КАА, используя показатели, полученные при обработке данных тренировочной группы пациентов. Апробация разработанной шкалы вероят-

ности развития КАА проводилось на тестовой выборке, в которую было включено 100 детей с идиопатическими ЖА. Объем тестовой выборки определялся исходя из соотношения тренировочной и тестовой выборок как 80% и 20%, соответственно. Пациенты в тренировочной и тестовой группах были сопоставимы по возрасту, антропометрическим показателям и полу. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Статистическая анализ

Проводилась в программе IBM SPSS Statistics v.26. На первоначальном этапе на тренировочной выборке проводился поиск потенциальных предикторов возникновения КАА методом однофакторной логистической регрессии. Для устранения возможной мультиколлинеарности предикторов использовалось построение корреляционной матрицы. В качестве критерия оценки связи применялся коэффициент корреляции Спирмена. Построение прогностической модели выполнялось методом бинарной логистической регрессии. Отбор независимых предикторов осуществлялся методом пошаговой селекции статистики Вальда. Статистическая значимость модели и предикторов определялась критерием χ^2 . Пороговое значение вероятности возникновения КАА (P) с оптимальным уровнем чувствительности и специфичности определялось методом анализа ROC-кривых.

Таблица 2.

Характеристики связи предикторов модели с вероятностью развития кардиомиопатии, ассоциированной аритмиями у детей

Предикторы	Нескорректированный		Скорректированный	
	ОШ; 95% ДИ	p	ОШ; 95% ДИ	p
ППТ	4,531; 1,774-11,576	0,002	5,742; 2,161-15,254	<0,001
Возраст	1,124; 1,015-1,245	0,025		
Наличие жалоб	2,455; 1,118-5,388	0,025		
Наличие ЖТ	3,677; 1,566-8,637	0,003		
Плотность ЖА	1,049; 1,026-1,072	<0,001	1,04; 1,014-1,067	0,003
Парные ЖЭ	3,698; 1,309-10,445	0,014		
ПЭИ средний	0,956; 0,909-0,990	0,021	0,997; 0,996-0,999	0,006

Примечание: здесь и далее ОШ - отношение шансов; ДИ - доверительный интервал; ЖЭ - желудочковая экстрасистолия; ПЭИ - предэктопический интервал.

Таблица 3.

Балльная шкала вероятности развития кардиомиопатии, ассоциированной с аритмиями у детей

Предиктор	Изменения вероятности при наличии предиктора		p	Балл
	AOR	95% ДИ		
Плотность ЖА 25-29%	8,434	1,291-55,106	0,026	2
Плотность ЖА 30-34%	11,276	1,686-75,416	0,012	3
Плотность ЖА $\geq 35\%$	17,15	3,603-81,639	<0,001	4
Средний ПЭИ до 434 мс.	3,742	1,304-10,738	0,014	1
ППТ $\geq 1,7$ м ²	4,945	1,766-13,461	0,002	1

Примечание: AOR - скорректированное отношение шансов, где вероятность развития КАА низкая (0-2 балла), средняя (3-4 балла) и высокая (5-6 баллов).

Для разработки балльной шкалы вероятности развития КАА количественные переменные в модели были переведены в категориальные. Для каждого предиктора были определены оценки шансов (ОШ) методом бинарной логистической регрессии. За 1 балл принималось минимальное значение ОШ, полученное в модели. Для каждого предиктора количество баллов рассчитывалось путем деления его значения ОШ на минимальное значение ОШ в модели. Каждому пациенту из тренировочной группы вычислялась сумма баллов. Пограничные значения суммы баллов, которые разделяют пациентов на группы высокой, средней и низкой вероятности развития КАА определялись методом анализа ROC-кривых. Оценка вероятности развития изучаемого исхода основывалась на уровне специфичности суммы баллов. Низкая вероятность возникновения исхода определялась при специфичности суммы баллов менее 50%, от 50% до 90% - средняя вероятность, а при специфичности более 90% - высокая вероятность развития КАА. Для валидации шкалы вероятности развития КАА был проведен расчёт суммы баллов по предложенной шкале для тестовой группы пациентов с последующим определением чувствительности и специфичности суммы баллов методом ROC-кривых.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для разработки многофакторной модели в анализ данных были включены факторы, обладающие лучшим прогностическим потенциалом ($p < 0,05$) (табл. 2). При построении корреляционной матрицы было уста-

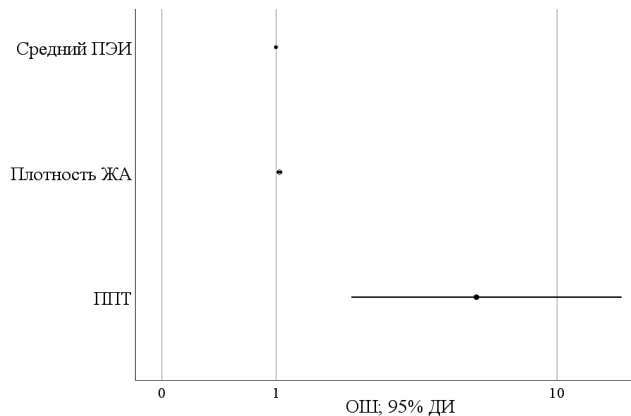


Рис. 1. Оценки отношения шансов с 95% доверительным интервалом для изучаемых предикторов вероятности развития кардиомиопатии, ассоциированной с аритмиями у детей

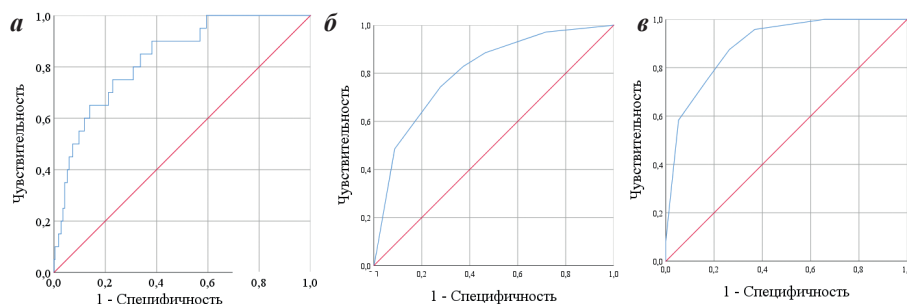


Рис. 2. ROC-кривые, характеризующие вероятности развития кардиомиопатии, ассоциированной аритмиями, в зависимости от значения логистической функции (а), у детей обучающей группы (б) и тестовой группы (в).

новлены корреляционные связи между показателями возраст и площадь поверхности тела (ППТ) ($p = 0,849$; $p < 0,001$). При построении прогностической модели одновременно не включались предикторы, имеющие корреляционные связи. Для описания зависимости вероятности развития КАА у детей с идиопатическими ЖА от изучаемых факторов была выбрана модель, обладающая наибольшими показателями чувствительности и специфичности. Наблюдаемая зависимость описывается уравнением (1):

$$P = 1 / (1 + e^{-z})$$

$$z = -5,217 + 0,039 * X_{\text{плот}} - 0,003 * X_{\text{пэи}} + 1,748 * X_{\text{ппт}} \quad (1)$$

где P - вероятность развития КАА, $X_{\text{плот}}$ - плотность ЖА, %, $X_{\text{пэи}}$ - длительность среднего предэктопического интервала (ПЭИ) ЖЭ, мс, $X_{\text{ппт}}$ - ППТ пациента, м².

Полученная регрессионная модель является статистически значимой ($p < 0,001$). Учитывая значение коэффициента детерминации Найджелкерка, 35,3% дисперсии вероятности развития КАА определяются факторами, включенными в модель (1).

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, такие предикторы как ППТ и плотность ЖА имели прямую связь с вероятностью формирования КАА, а предиктор длительность среднего ПЭИ ЖЭ - обратную связь. Характеристики каждого из факторов представлены в табл. 3.

В соответствии с полученными результатами, при увеличении ППТ на 1 м² шансы развития КАА увеличиваются в 5,742 раза ($p < 0,001$). При увеличении плотности ЖА на 1% шансы развития КАА увеличиваются в 1,04 раза ($p = 0,003$). При уменьшении длительности ПЭИ ЖЭ на 1 мс шансы формирования КАА увеличивались в 1,003 раза ($p = 0,006$).

На рис. 1 сопоставлены значения скорректированного ОШ с 95% доверительным интервалом (ДИ) для изучаемых факторов, вошедших в модель (1). Пороговое значение логистической функции P было определено с помощью метода построения ROC-кривых. Полученная кривая представлена на рис. 2а.

Площадь под ROC-кривой составила $0,833 \pm 0,042$ (95% ДИ: 0,751 - 0,915). Пороговое значение вероятности формирования КАА P составило 0,0655. При значениях $P \geq 0,0655$ определялся высокий риск развития кардиомиопатии, ассоциированной с идиопатическими ЖА у детей. При значениях $P < 0,0655$ - низкий риск развития КАА. Чувствительность и специфичность модели (1) при данном пороговом значении составили 75,0% и 77,1% соответственно.

С целью клинического использования полученной модели была разработана балльная шкала определения вероятности развития КАА. Для этого все количественные показатели были переведены в категориальные, основываясь на значениях медианы и процентилей. Разработанная балльная шкала представлена в табл. 3.

Пограничные значения суммы баллов, которые разде-

ляют пациентов на группы высокой, средней и низкой вероятности развития КАА были определены методом ROC-анализа (рис. 2б). Площадь под ROC-кривой шкалы прогноза развития КАА составила $0,805 \pm 0,037$ (95% ДИ: 0,732-0,878). Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Чувствительность и специфичность балльной шкалы прогнозирования вероятности спонтанного разрешения ЖА представлена в табл. 4.

Таким образом, при использовании независимых предикторов риска возникновения КАА, были выделены 3 группы. Группа 1 - пациенты с низкой вероятностью (сумма баллов от 0 до 2), группа 2 - пациенты со средней вероятностью (сумма баллов от 3 до 4) и группа 3 - пациенты с высокой вероятностью развития КАА (сумма баллов от 5 до 6) (табл. 3). В обучающей выборке среди пациентов с КАА 6 (17,1%) детей по сумме баллов относились к группе низкой вероятности, 12 (34,3%) детей - к группе средней вероятности и 17 (48,6%) - детей к группе высокой вероятности развития КАА.

Для валидации шкалы вероятности развития КАА была рассчитана сумма баллов для 100 детей тестовой группы. Для определения чувствительности и специфичности суммы баллов была построена ROC кривая (рис. 2в). Показатели чувствительности и специфичности суммы баллов представлены в табл. 4. Площадь под ROC-кривой шкалы прогноза развития КАА у тестовой группы составила $0,893 \pm 0,034$ (95% ДИ: 0,827-0,96). Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$).

В тестовой выборке среди пациентов с КАА 1 (4,2%) ребенок по количеству баллов относился в группе с низкой вероятностью, 7 (29,2%) детей - к группе со средней вероятностью и 16 (66,6%) детей - к группе с высокой вероятностью развития КАА. По результатам тестовой группы количество баллов 3-4 имели специфичность более 50%, а специфичность суммы баллов более 5 приближалась к 100%. Разность площади ROC-кривой суммы баллов обучающей и тестовой групп составила $0,088 \pm 0,05$. Площади под ROC-кривыми были сопоставимы ($p = 0,078$).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Имеющиеся клинические рекомендации предлагают проводить лечение у детей с идиопатическими ЖА при наличии симптомов, либо при возникновении дилатации и/или снижения ФВ ЛЖ [14]. В то же время выявление пациентов с высоким риском развития КАА может позволить изменить тактику наблюдения или начать превентивное лечение, до развития симптомов сердечной недостаточности.

Проблема формирования КАА была широко изучена на когорте взрос-

лых пациентов с ЖА и структурно нормальным сердцем. Было доказано, что плотность аритмии играет ключевую роль в формировании КАА у взрослых пациентов с ЖА. По данным многочисленных исследований плотность ЖЭ от 20-26% имела строгую ассоциацию с формированием КАА у взрослых [15-18]. Согласно отечественным клиническим рекомендациям, дисфункция ЛЖ может наблюдаться у пациентов с количеством ЖЭ, превышающим 15% [14]. Как показывают наблюдательные исследования, у детей плотность ЖА 15-20% редко приводит к формированию КАА, а дисфункция ЛЖ как правило развивается при количестве ЖЭ более 26-30% [7, 8, 10, 19]. В нашем исследовании было продемонстрировано, что количество желудочковых эктопических комплексов в сутки является одним из основных факторов, влияющих на возникновение КАА. С увеличением плотности ЖА увеличивается риск формирования КАА. По полученным данным при плотности ЖА от 25 до 29% увеличиваются шансы развития КАА в 8 раз, при плотности от 30 до 34% - в 11 раз, а при плотности более 35% - в 17 раз.

Другой электрокардиографический показатель - длительность ПЭИ ЖЭ также вносит немаловажный вклад в формирование КАА. Ряд исследований демонстрируют прямую взаимосвязь между длительностью ПЭИ и гемодинамическими показателями. При уменьшении длительности ПЭИ ЖЭ отмечалось снижение систолического артериального давления [20] и уменьшение фракции выброса ЛЖ [6, 11]. S.Abadir et al. показали, что среднее значение ПЭИ ЖЭ менее 365 мс ассоциировалась с риском возникновения КАА с чувствительностью 85,7% и специфичностью 86,5%

Таблица 4.

Чувствительность и специфичность балльной шкалы прогнозирования вероятности спонтанного разрешения желудочковой аритмии у обучающей и тестовой групп

Количество баллов	Чувствительность	Специфичность	Всего пациентов, n (%)	Пациентов с КАА, n (%)
Обучающая группа				
0	100,0%	0,0%	102 (26,0)	1 (2,9)
1	92,8%	40,9%	93 (23,7)	3 (8,6)
2	85,8%	48,1%	35 (8,9)	2 (5,7)
3	78,6%	67,5%	37 (9,4)	3 (8,6)
4	61,5%	81,8%	77 (19,6)	9 (25,7)
5	51,5%	95,1%	42 (10,7)	15 (42,9)
6	3,0%	99,5%	6 (1,5)	2 (5,7)
Тестовая группа				
0	100,0%	0,0%	26 (26,0)	0 (0,0)
1	97,9%	50,7%	23 (23,0)	1 (4,2)
2	95,8%	68,5%	10 (10,0)	2 (8,3)
3	89,6%	78,3%	10 (10,0)	3 (12,5)
4	72,9%	88,8%	13 (13,0)	4 (16,7)
5	35,4%	97,4%	16 (10,0)	12 (50,0)
6	4,2%	100,0%	2 (2,0)	2 (8,3)

[6]. По результатам настоящего исследования также установлено, что при уменьшении длительности среднего ПЭИ ЖЭ увеличивается вероятность развития КАА. При длительности среднего ПЭИ ЖЭ менее 434 мс. шансы развития КАА у ребенка увеличивались в 4 раза.

Следует отметить, что риск развития КАА зависит от возраста и антропометрических данных детей. Как в нашем, так и в других исследованиях дисфункция ЛЖ чаще наблюдалась у детей-подростков по сравнению с другими возрастными группами [9, 13]. Однако, при построении прогностической модели нами было установлено, что антропометрические показатели, в частности ППТ, имеют большую прогностическую значимость, чем возраст ребенка. С увеличением ППТ растет вероятность формирования КАА, а наличие ППТ более 1,7 м² увеличивало шансы развития КАА в 5 раз.

В ходе нашего исследования методом многофакторного анализа были выявлены 3 независимых предиктора развития КАА у детей с идиопатическими ЖА, к которым относятся плотность ЖА, длительность среднего ПЭИ ЖЭ и ППТ ребенка. На основании полученной модели была разработана балльная шкала, позволяющая определять пациентов низкого, среднего и высокого риска развития КАА. Данные факторы обеспечивают 35,3% дисперсии вероятности развития КАА. Вопрос дальнейшего поиска дополнительных факторов, определяющих формирование КАА остается актуальным.

Для валидации модели была набрана тестовая группа с оптимальным общим количеством пациентов и пациентов с изучаемым исходом. Данные, полученные при валидации модели на тестовой группе, подтверждают хорошую прогностическую способность метода ($AUC=0,893\pm0,034$; 95% ДИ: 0,827-0,96). Таким образом, разработанная в ходе настоящего исследования шкала вероятности развития КАА у детей с идиопатическими ЖА продемонстрировала свою эффективность и может использоваться в клинической практике. Использование предложенной модели позволит выявлять детей с высоким риском развития КАА и проводить своевременное лечение, не дожидаясь развития осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования были выявлены три независимых предиктора развития КАА у детей с идиопатическими ЖА. К ним относятся плотность ЖА более 25%, длительность среднего ПЭИ менее 434 мс. и ППТ ребенка более 1,7 м². На основании полученных предикторов была разработана шкала вероятности развития КАА у данной группы пациентов. Прогностическая шкала основана на данных стандартных общеклинических и инструментальных методов обследования, а также не требует проведения сложных вычислений. Простота в применении позволит рутинно оценивать вероятность развития КАА и сформировать персонализированный подход к наблюдению и лечению каждого ребенка с идиопатическими желудочковыми нарушениями ритма сердца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров ЛМ. Холтеровское мониторирование. 4-е издание изд. Москва: ИД «МЕДПРАКТИКА-М»; 2017:504. [Makarov LM. Holter monitoring. 4-th edition. Moscow «MEDPRACTICE-M»; 2017:504 (In Russ.)] ISBN 978-5-98803-362-2.
2. Alexander ME, Berul CI. Ventricular arrhythmias: When to worry. *Pediatr Cardiol.* 2000;21(6): 532-41.
3. Davis AM, Gow RM, McCrindle BW, et al. Clinical spectrum, therapeutic management, and follow-up of ventricular tachycardia in infants and young children. *Am Heart J.* 1996;131(1): 186-91.
4. Şengül FS, Kafali HC, Güzeltaş A, et al. Clinical spectrum and long-term course of sustained ventricular tachycardia in pediatric patients: 10 years of experience. *Anatol J Cardiol.* 2021;25(5): 313-22.
5. Song MK, Baek JS, Kwon BS, et al. Clinical spectrum and prognostic factors of pediatric ventricular tachycardia. *Circ J.* 2010;74(9): 1951-8.
6. Abadir S, Blanchet C, Fournier A, et al. Characteristics of premature ventricular contractions in healthy children and their impact on left ventricular function. *Heart Rhythm.* 2016;13(11): 2144-8.
7. Kakavand B, Ballard HO, Disessa TG. Frequent ventricular premature beats in children with a structurally normal heart: A cause for reversible left ventricular dysfunction? *Pediatr Cardiol.* 2010;31(7): 986-90.
8. Bertels RA, Hartevelde LM, Filippini LH, et al. Left ventricular dysfunction is associated with frequent premature ventricular complexes and asymptomatic ventricular tachycardia in children. *Europace.* 2017;19(4): 617-21.
9. Przybylski R, Meziab O, Gauvreau K, et al. Premature ventricular contractions in children and young adults: natural history and clinical implications. *Europace.* 2024;26(3).
10. Spector ZZ, Seslar SP. Premature ventricular contraction-induced cardiomyopathy in children. *Cardiol Young.* 2016;26(4): 711-7.
11. Sun Y, Blom NA, Yu Y, et al. The influence of premature ventricular contractions on left ventricular function in asymptomatic children without structural heart disease: An echocardiographic evaluation. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2003;19(4): 295-9.
12. Lopez L, Saurers DL, Barker PCA, et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Pediatric Transthoracic Echocardiogram: Recommendations From the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2024;37(2): 119-70.
13. Чуева КА, Кофейникова ОА, Татарский РБ, и др. Факторы риска развития тахикардической кардиомиопатии у детей с идиопатическими желудочковыми аритмиями. *Детские болезни сердца и сосудов.* 2024;21(4): 297-304. [Chueva KA, Kofeynikova OA, Tatarskiy RB, et al. Risk factors for the development of tachycardia-induced cardiomyopathy in children with idiopathic ventricular arrhythmia. *Children's Heart and Vascular Diseases.* 2024; 21 (4): 297-304 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.24022/1810-0686-2024-21-4-297-304>.
14. Лебедев ДС, Михайлов ЕН, Неминуший ЕН, и др. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые та-

- хикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2021;26(7): 4600. [Lebedev DS, Mikhailov EN, Neminuschiy NM, et al. Ventricular arrhythmias. Ventricular tachycardias and sudden cardiac death. 2020 Clinical guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7): 4600. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4600>.
15. Baman TS, Lange DC, Ilg KJ, et al. Relationship between burden of premature ventricular complexes and left ventricular function. *Heart Rhythm*. 2010;7(7): 865-869.
16. Remme CA, Leclercq C, Behr ER. The European Cardiac Arrhythmia Genetics (ECGen) Focus Group. *European heart journal*. 2022;43(20): 1891-1894. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab698>.
17. Cha YM, Lee GK, Klarich KW, Grogan M. Premature ventricular contraction-induced cardiomyopathy: a treatable condition. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5(1): 229-236. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.963348>.
18. Ban JE, Park HC, Park JS., et al. Electrocardiographic and electrophysiological characteristics of premature ventricular complexes associated with left ventricular dysfunction in patients without structural heart disease. *Europace*. 2013;15(5): 735-741. <https://doi.org/10.1093/europace/eus371>.
19. Алексеева К.Б., Кручина Т.К., Малярова М.Ш., и др. Гемодинамические эффекты желудочковой экстрасистолии у детей по данным эхокардиографии. *REJR*. 2021;11(2): 143-152. [Alekseeva K, Kruchina T, Maliarova M, et al. Hemodynamic effects of premature ventricular contractions in children. *REJR*. 2021;11(2): 143-152 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2021-11-2-143-152>.
20. Шубик ЮВ, Корнеев АБ, Морозов АН. Гемодинамическая значимость желудочковых эктопических сокращений: влияние интервалов сцепления. *Вестник аритмологии*. 2025;32(1): 64-70. [Shubik YuV, Korneev AB, Morozov AN. Hemodynamic significance of ventricular ectopic beats: the impact of coupling intervals. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(1): 64-70 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.35336/VA-1390>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1462><https://elibrary.ru/DZIZJG>

ЛОКАЛЬНЫЕ ЗАХВАТЫ МИОКАРДА ЛЕГОЧНЫХ ВЕН ЯВЛЯЮТСЯ ПРЕДИКТОРОМ УЛУЧШЕНИЯ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ НЕПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФОРМЫ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

В.В.Базылев, А.В.Козлов, С.С.Дурманов**ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии». МЗ РФ, Россия, Пенза, ул. Стасова, д. 6**

Цель. Оценить прогностическое значение локальных захватов (ЛЗ) после изоляции устьев легочных вен (ЛВ) у пациентов с непароксизмальной формой фибрилляции предсердий (ФП) на отдаленные результаты радиочастотной абляции (РЧА).

Материал и методы исследования. Исследование одноцентровое обсервационное проспективное. Общее количество пациентов 110. Всем выполнена первичная катетерная абляция по поводу непароксизмальной формы ФП. Во время операции оценивалась активность ЛВ и наличие ЛЗ. Пациенты, у которых ЛЗ после изоляции ЛВ встречались хотя бы в одной ЛВ, вошли в первую группу; больные, у которых ЛЗ отсутствовали - во вторую. Первая группа - 54 пациента, вторая группа - 56 пациентов. Группы больных не имели статистически значимых различий по основным показателям - полу, весу, возрасту, длительности анамнеза, объему левого предсердия и фракции выброса левого желудочка, а также по сопутствующей патологии. Характеристики проведенных операций - время РЧА и флюороскопии, длительность - между группами так же не имели статистически значимых различий.

Результаты. Период наблюдения за больными составил в среднем 800 [286,5;800] дней. Среди всей когорты пациентов общая эффективность лечения составила 68,2% (75 пациентов из 110) с учетом повторных операций. В группе с ЛЗ синусовый ритм по истечении срока наблюдения сохранялся у 42 пациентов из 54 (77,7%), в группе без ЛЗ у 33 пациентов из 56 (58,9%). Различие является статистически значимым (отношение шансов 2,439 (95% доверительный интервал 1,060–5,615 $p=0,034$). Наличие ЛЗ при построении многофакторной логистической регрессионной модели является предиктором эффективности РЧА ($\chi^2=14,710$; $p=0,012$).

Заключение. В данном исследовании ЛЗ в ЛВ у пациентов с непароксизмальной формой ФП после выполнения катетерной изоляции ЛВ являлись предиктором улучшения отдаленных результатов радиочастотной абляции.

Ключевые слова: непароксизмальная форма фибрилляции предсердий; радиочастотная абляция; локальные захваты; предикторы эффективности; легочные вены

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 29.01.2025 **Исправленная версия получена:** 10.06.2025 **Принята к публикации:** 30.07.2025

Ответственный за переписку: Козлов Александр Викторович, E-mail: kozlov3619@yandex.ru

В.В.Базылев - ORCID ID 0000-0001-6089-9722, А.В.Козлов - ORCID ID 0000-0002-0529-0081, С.С.Дурманов - ORCID ID 0000-0002-4973-510X

Для цитирования: Базылев ВВ, Козлов АВ, Дурманов СС. Локальные захваты миокарда легочных вен являются предиктором улучшения отдаленных результатов радиочастотной абляции непароксизмальной формы фибрилляции предсердий. *Вестник аритмологии*. 2025; 32(3): 21-28. <https://doi.org/10.35336/VA-1462>.

LOCAL CAPTURES OF THE PULMONARY VEIN MYOCARDIUM ARE A PREDICTOR OF IMPROVED LONG-TERM RESULTS OF RADIOFREQUENCY ABLATION OF NONPAROXYSMAL ATRIAL FIBRILLATION

V.V.Bazylev, A.V.Kozlov, S.S.Durmanov**“Federal Center for Cardiovascular Surgery” the MH RF, Russia, Penza, 6 Stasova str.**

Aim. To evaluate the prognostic value of local captures after pulmonary vein isolation in patients with nonparoxysmal atrial fibrillation (AF) for the long-term results of radiofrequency ablation (RFA).

Methods. A single-center observational prospective study. The total number of patients 110. All patients underwent primary catheter ablation for nonparoxysmal AF. During the operation, the activity of pulmonary veins and the presence of local captures were assessed. Patients with local captures in at least one pulmonary vein were included in the first group. Patients who had no local captures were included in the second group. The number of patients in the first group is 54 patients, the number of patients in the second group is 56 patients. The groups had no statistically significant differences in the main indicators -gender, weight, age, duration of medical history, volume of the left atrium and left ventricular

ejection fraction, as well as in concomitant pathology. The time of RFA and fluoroscopy, and the duration of operations between the groups also had no statistically significant differences.

Results. The follow-up period was 800 [286.5;800] days. The overall effectiveness of the treatment was 68.2% (75 patients out of 110), considering repeated operations. In the group with local captures, sinus rhythm was maintained at the end of the follow-up period in 42 out of 54 patients (77.7%), in the group without local captures in 33 out of 56 patients (58.9%). The difference is statistically significant (odds ratio 2,439 (95% confidence interval 1,060 -5,615 $p=0,034$). The presence of local captures in the construction of a multifactorial logistic regression model is a predictor of the effectiveness of RFA ($\chi^2=14,710$; $p=0,012$).

Conclusion. In this study, local captures in the pulmonary veins in patients with nonparoxysmal atrial fibrillation were a predictor of improved long-term results of radiofrequency ablation.

Key words: nonparoxysmal form of atrial fibrillation; radiofrequency ablation; local captures; predictors of effectiveness; pulmonary veins

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 29.01.2025 **Revision Received:** 10.06.2025 **Accepted:** 30.07.2025

Corresponding Author: Kozlov Aleksandr, E-mail: kozlov3619@yandex.ru

V.V.Bazylev - ORCID ID 0000-0001-6089-9722, A.V.Kozlov - ORCID ID 0000-0002-0529-0081, S.S.Durmanov - ORCID ID 0000-0002-4973-510X

For citation: Bazylev VV, Kozlov AV, Durmanov SS. Local captures of the pulmonary vein myocardium are a predictor of improved long-term results of radiofrequency ablation of nonparoxysmal atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology*. 2025; 32(3): 21-28. <https://doi.org/10.35336/VA-1462>.

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространённой аритмией в человеческой популяции, повышая риски инсульта и неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов [1]. Эффективность лечения ФП далека от 100%, особенно при непароксизмальных формах [2]. Катетерная абляция, как показали рандомизированные клинические исследования, более эффективна, чем фармакологическое лечение, снижает риск рецидивов ФП и улучшает качество жизни пациентов. Также она может влиять на выживаемость пациентов с застойной сердечной недостаточностью [3-5].

ФП инициируется триггерами, а затем поддерживается различными механизмами в течение более длительного времени. Было показано, что эктопическая активность, особенно возникающая в легочных венах (ЛВ), играет центральную роль в индукции ФП [6]. Миокардиальные муфты в ЛВ - продолжение миокарда левого предсердия (ЛП) с клетками, обладающими способностью к спонтанной деполяризации [7], которые покрывают дистальную часть ЛВ. Миокард мышечных муфт в ЛВ имеет более медленную проводимость, более короткий эффективный рефрактерный период и большую уязвимость к индукции ФП во время программированной электрической стимуляции

[8]. Данные свойства мышечных муфт приводят к тому, что они являются аритмогенным субстратом, ответственным за инициацию и поддержание ФП.

Мышечные муфты в ЛВ реагируют на электрическую стимуляцию. Возникающую при этом электрическую активность можно зарегистрировать и измерить. Во время проведения стимуляции, используя циркулярный катетер, расположенный в устье ЛВ, можно обнаружить локальные электрические сигналы, следующие за артефактом стимула. Эти сигналы, называемые локальными захватами (ЛЗ), отражают электрическую активность, возникающую в непосредственной близости

Таблица 1.

Основные характеристики пациентов

	Все больные (n=110)	Первая группа ЛЗ(+) (n=54)	Вторая группа ЛЗ(-) (n=56)	P
Возраст (лет)	60,8±9,1	59,8±9,5	61,8±8,6	0,256
Мужской пол, n (%)	70 (63,6%)	38 (70,4%)	32 (57,1%)	0,152
ИМТ, кг/м ²	30,4±4,6	30,0±4,5	30,8±4,6	0,349
ФВЛЖ, %	56,1±9,3	55,2±9,8	57,1±8,7	0,293
Объем ЛП, мл	101,8±30,7	97,8±26,7	105,8±33,8	0,169
Диаметр ЛП, мм	43,4±5,6	42,9±5,4	43,8±5,8	0,404
ДАА, мес.	36 (12;72)	42 (12;75)	36 (10;69)	0,472
ДП, мес.	6,0 (3,0;10,25)	6,0 (2,0;9,5)	6,0 (2,5;10,0)	0,642
СД, n (%)	14 (12,7)	10 (18,5)	4 (7,1)	0,075
АГ, n (%)	97 (88,2)	51 (94,4)	48 (85,7)	0,082
ИБС, n (%)	16 (14,5)	8 (14,8)	8 (14,3)	0,938

Примечание: здесь и далее ИМТ - индекс массы тела; ФВЛЖ - фракция выброса левого желудочка; ЛП - левое предсердие; ДАА - длительность аритмического анамнеза; ДП - длительность персистенции; СД - сахарный диабет; АГ - артериальная гипертензия; ИБС - ишемическая болезнь сердца

сти от катетера. Так как мышечные муфты имеют относительно небольшой объем, возникающую при их стимуляции электрическую активность не всегда возможно зарегистрировать [9]. В доступной литературе мало данных о прогностической роли ЛЗ при интервенционном лечении ФП.

Мы предположили, что наличие локальных захватов в изолированных ЛВ указывает на большую массу миокарда муфт и, как следствие, на их большую роль в инициации и поддержании ФП. Таким образом, у пациентов с непароксизмальной формой ФП, имеющих ЛЗ после изоляции устьев ЛВ, высока вероятность устранения пускового и поддерживающего механизмов ФП. В то же время отсутствие ЛЗ в ЛВ может являться суррогатным маркером выраженности фибротических изменений в ЛП, которые снижают вероятность сохранения синусового ритма после катетерной абляции. Следовательно, наличие ЛЗ может являться предиктором эффективности интервенционного лечения ФП.

Цель исследования - оценить прогностическое значение ЛЗ после изоляции устьев ЛВ у пациентов с непароксизмальной формой ФП на отдаленные результаты радиочастотной абляции (РЧА).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование одноцентровое обсервационное проспективное. Период проведения - с апреля 2021 года по апрель 2022 года.

Критерии включения:

- непароксизмальная форма ФП (персистирующая или длительно персистирующая, определение взято из соглашения экспертов [1]);
- ФП является симптомной, рефрактерной к антиаритмической терапии (ААТ) (прием одного препарата IC или III класса, как минимум) или имеется непереносимость ААТ;
- первичная процедура РЧА;
- достаточный уровень антикоагуляции (целевые значения МНО 2,0-3,0 при приеме варфарина или прием прямых оральных антикоагулянтов);
- отсутствие патологии со стороны клапанного аппарата сердца;
- возраст от 40 до 75 лет.



Рис. 1. Схема проведения исследования, где ХМ - холтеровское мониторирование.

Критерии исключения:

- сочетание ФП с типичным или атипичным трепетанием предсердий;
- диаметр ЛП > 60 мм по данным эхокардиографии (ЭхоКГ);
- кардиохирургические вмешательства по поводу патологии митрального клапана в анамнезе;
- обратимые причины ФП;
- тромбоз ушка ЛП.

Всего отобрано 127 пациентов, перенесших первичную РЧА по поводу персистирующей или длительно персистирующей формы ФП. Основные характеристики пациентов приведены в табл. 1. Больные разделены на 2 группы. В первую группу вошли пациенты, имеющие ЛЗ после изоляции ЛВ (63 больных), вторую группу составили больные с отсутствием ЛЗ (64 пациента). Из исследования было исключено 17 пациентов из-за невозможности проведения динамического наблюдения (9 из первой группы и 8 из второй). Таким образом, исследование завершили 110 человек: 54 в первой группе и 56 во второй (рис. 1). Пациенты в группах не имели статистически значимых различий по основным показателям: возрасту, весу, полу, длительности анамнеза, сопутствующей патологии, объему ЛП, фракции выброса левого желудочка (табл. 1).

Перед операцией для исключения тромбоза ушка ЛП всем пациентам выполнялась чреспищеводная ЭхоКГ или компьютерная томография сердца с контрастным усилением. Операции проводились с использованием внутривенной седации. Пациент был доступен словесному контакту в течении всей процедуры. В качестве седативного препарата использовался дексметомидин, для обезболивания применялся фентанил.

Катетеризация коронарного синуса многополюсным катетером выполнялась из бедренного или подключичного доступов, в зависимости от предпочтений оператора. Пункция межпредсердной перегородки проводилась дважды под контролем флюороскопии, без использования чреспищеводной ЭхоКГ. В полость ЛП вводились два неуправляемых интродьюсера. Для достижения целевых значений активированного времени свертывания крови (>300 секунд) внутривенно болюсно вводилась нагрузочная доза гепарина.

При расчете дозы учитывалось, какие антикоагулянты получает пациент: варфарин или прямые оральные антикоагулянты. Пациентам, принимающим прямые оральные антикоагулянты, вводилась большая доза гепарина по сравнению с больными, принимающими варфарин ($17,9 \pm 4,4$ тыс. международных единиц (МЕ) и $14,8 \pm 5,1$ тыс. МЕ соответственно) [10]. В дальнейшем целевые значения активированного времени свертывания поддерживались непрерывной инфузией гепарина.

Для визуализации положения пищевода проводилась эзофагография с водорастворимым контрастным веществом Омнипак (GE HEALTHCARE IRELAND). Двадцатиполосный картирующий катетер Lasso® (Biosense Webster, Johnson &

Johnson, США) использовался для построения анатомической карты ЛП с применением системы нефлюороскопического трехмерного картирования CARTO 3 (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США). После построения карты ЛП с помощью катетера Lasso оценивалась активность ЛВ. Глубина введения катетера Lasso определялась при флюороскопии. Катетер позиционировался на границе контура сердца в проекции LAO 30° для левых ЛВ и RAO 30° для правых ЛВ. Если спайковая активность внутри вены не определялась, вена считалась неактивной.

По методике «CLOSE protocol» [11] изолировались устья ЛВ электродами EZ Steer Nav SmartTouch (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США). РЧ воздействия проводились с использованием генератора РЧ энергии Stockert (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) в режиме контроля по мощности. Максимальная мощность используемой РЧ энергии - 40 Вт. Ротационный насос CoolFlow (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) использовался для подачи физраствора со скоростью 30 мл/мин.

На задней стенке ЛП в проекции пищевода подача РЧ энергии ограничивалась мощностью 30 Вт, длительность - не более 10 секунд. Для визуализации точек приложения РЧ энергии применялись рекомендуемые производителем параметры модуля Visitag системы Carto 3: сила прижатия более 4 грамм не менее 35% времени воздействия, смещение кончика катетера не более 2,5 мм. Расстояние между точками приложения РЧ энергии менее 6 мм. Значения индекса абляции на передней стенке ЛП - 450, на задней - 300, рассчитаны специалистами Biosense Webster для нашей клиники после оценки 10 «ослепленных» процедур изоляции ЛВ [12].

После выполнения изоляции правых и левых ЛВ катетер Lasso помещался в каждую ЛВ. Для оценки плотности контакта электродов с тканью использовался модуль системы Carto 3 «Tissue proximity indication».

Выполнялась стимуляция со всех пар электродов с силой тока 10 мА и длительностью импульса 1 мс. Анализ эндограмм на предмет наличия ЛЗ проводился двумя врачами, при совпадении мнений считалось, что ЛЗ присутствуют (рис. 2). Любые сомнения при оценке наличия ЛЗ хотя бы у одного из экспертов трактовались в пользу отсутствия ЛЗ. Статистика частоты несовпадения мнений не велась. В том случае, когда у пациента на момент операции отмечался синусовый ритм, объем вмешательства ограничивался только изоляцией ЛВ. Если же в момент операции наблюдалась ФП, то части пациентов, по выбору оператора, кроме изоляции ЛВ выполнялась модификация субстрата ФП -

поиск и абляция участков миокарда предсердий с пространственно-временной дисперсией распространения возбуждения [13]. При этом отсутствовал стандартизированный набор повреждений в ЛВ, у каждого пациента дополнительные воздействия носили индивидуальный характер в зависимости от локализации зон с выявленной пространственно-временной дисперсией. При отсутствии восстановления синусового ритма выполнялась наружная кардиоверсия. После этого повторно оценивался блок входа и выхода во всех ЛВ.

Зафиксирован один случай гемоперикарда у пациента во второй группе, который разрешился на фоне дренирования полости перикарда. Других осложнений отмечено не было. У всех пациентов в течение 4 недель после РЧА продолжена антиаритмическая терапия. Отмена антиаритмиков оставлялась на усмотрение лечащего врача по месту жительства, исходя из клинической ситуации. Антикоагулянтная терапия не отменялась вне зависимости от эффективности выполненной операции.

Послеоперационное наблюдение за пациентами осуществлялось в очной и заочной формах. Часть больных посещала в плановом порядке поликлиническое отделение, где оценивался статус пациентов, выполнялось холтеровское мониторирование (ХМ). Больные из территориально отдаленных областей предоставляли медицинскую документацию, включавшую описание жалоб пациента и данных ХМ через 6, 12 и 24 месяца после РЧА. Рецидивом аритмии считался любой зафиксированный пароксизм ФП или предсердной тахикардии длительностью более 30 сек. В этом случае пациент приглашался на повторную операцию.

Первичная конечная точка - отсутствие предсердных аритмий по истечении срока наблюдения с учетом повторных вмешательств.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ IBM® SPSS® Statistics

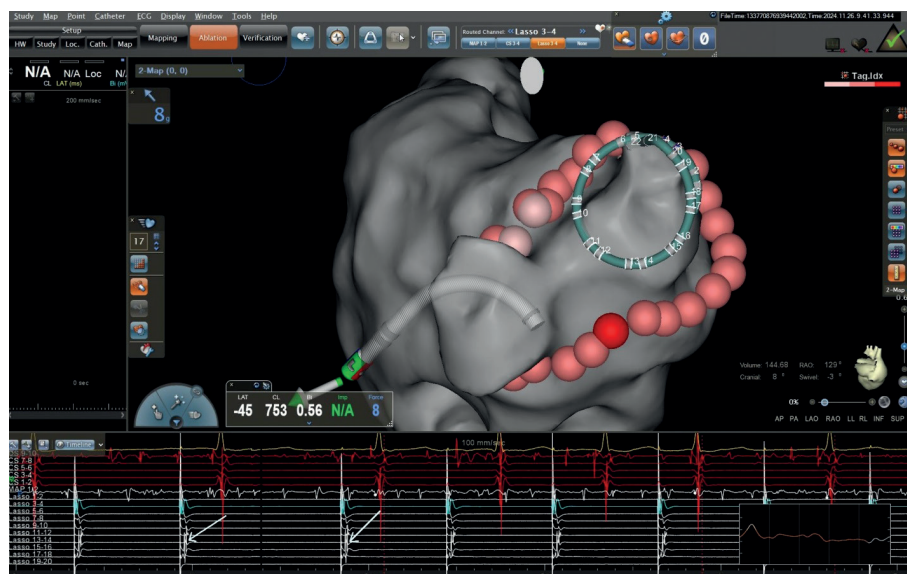


Рис. 2. Локальные захваты в верхней правой легочной вене. Белыми стрелками обозначены локальные захваты, регистрируемые на катетере Lasso. Модуль «Tissue proximity indication» (белые индикаторы, маркирующие электроды на катетере Lasso) показывает плотный контакт электрода с тканью легочных вен.

(Version 20, 2011). Оценка нормальности распределения выполнялась с помощью метода Колмогорова-Смирнова. При нормальном распределении результаты представлены как арифметическое среднее $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$) с указанием 95% доверительного интервала (95%ДИ). В случае ненормального распределения результаты представлены как медиана и интерквартильный интервал. При нормальном распределении для сравнения средних использовался t критерий Стьюдента, при ненормальном - критерий Манна-Уитни. Эффективность проведенного лечения оценивали по методу Каплана-Мейера, различия сравнивали с помощью 2-стороннего log-rank теста.

Построение многофакторной регрессионной модели проводилось в модуле бинарной логистической регрессии. В регрессионном анализе рассматривались параметры, предикторная роль которых в отношении эффективности РЧА была доказана с помощью однофакторного анализа при уровне значимости $p < 0,1$. Решение о включении предиктора в модель принималось при помощи статистики Вальда. Для построения модели применялся одновременный метод включения переменных в уравнение. Для оценки качества полученной модели использовался ROC-анализ. При проверке статистических гипотез критический уровень статистической значимости принимался за 0,05.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В первой группе (ЛЗ+) у 90,7% (49 пациентов) во время операции регистрировалась ФП, на синусовом ритме оперированы 9,3% (5 больных). Во второй группе (ЛЗ-) 85,7% (48 больных) оперированы на фоне ФП, у 14,3% (8 больных) во время операции отмечался синусовый ритм, статистически значимых различий между группами нет, $p=0,652$. В первой группе изоляция ЛВ без дополнительных воздействий в ЛП выполнена у 51,9% (28 пациентов), во второй группе у 46,4% (26 пациентов). Статистически значимой разницы не выявлено, $p=0,574$. Изоляция устьев ЛВ достигнута у 100% пациентов. В группе с ЛЗ большинство ЛВ было активными (213 активных вен из 216 (98,6%)), в группе без ЛЗ количество активных вен было менее выражено (174 активных вен из 224 (77,7%)). Различие является статистически значимым, $p<0,05$.

Статистически значимых различий в основных характеристиках проведенных операций между группами не отмечалось (табл. 2). Спонтанная эктопическая активность в изолированных ЛВ регистрировалась только в первой группе (ЛЗ+) в 25 ЛВ у 19 пациентов, во второй группе (ЛЗ-) эктопическая активность в ЛВ не отмечалась. Различие является статисти-

чески значимым, $p<0,05$. По частоте встречаемости эктопической активности ЛВ распределились следующим образом - в правой верхней ЛВ в 15 случаях, в левой верхней ЛВ в 7 случаях, в нижней левой ЛВ в 2 случаях, в нижней правой ЛВ в 1 случае. При наличии эктопической активности в ЛВ в 100% случаев в этой же ЛВ определялись и ЛЗ.

Частота встречаемости ЛЗ совпадала с частотой встречаемости спонтанной эктопической активности. ЛЗ регистрировались в правой верхней ЛВ в 44 случаях, в левой верхней ЛВ в 36 случаях, в левой нижней ЛВ в 15 случаях, в правой нижней ЛВ в 12 случаях. Локальные захваты во всех 4 ЛВ были зафиксированы у 1 пациента (1,9%), в трех ЛВ у 14 пациентов (25,9%), в двух ЛВ у 22 пациентов (40,7%) и в одной ЛВ у 17 пациентов (31,5%). У больных с ЛЗ в одной ЛВ эффективность РЧА составила 75%. Пациенты с ЛЗ в двух и трех ЛВ показали одинаковую эффективность - 64,3% и 65,2%, соответственно. У единственного пациента с ЛЗ во всех ЛВ отмечался рецидив аритмии после 580 дней наблюдения. Статистически значимой разницы в эффективности лечения у пациентов с различным количеством ЛЗ не выявлено, $p=0,317$. ЛВ с ЛЗ в 100% случаев являлись полностью изолированными, как на синусовом ритме, так и при ФП.

Очно наблюдались 46 (41,8%) пациентов, заочное наблюдение осуществлялось у 64 пациентов (58,2%). Синусовый ритм после РЧА у пациентов с очным наблюдением сохранился у 31 пациента (67,4%), у больных с заочным наблюдением синусовый ритм сохранился у 44 пациентов (68,8%). Различие между группами статистически не значимо, $p=0,621$.

Период наблюдения за больными составил в среднем 800 [286,5;800] дней. Среди всей когорты пациентов общая эффективность лечения составила 68,2% (75 пациентов из 110). В группе с ЛЗ повторные операции выполнены 12 пациентам (22,2%), в группе без ЛЗ повторные вмешательства проведены 19 пациентам (33,9%), различия между группами статистически не значимы $p=0,122$. В первой группе у всех пациентов при повторных процедурах отмечалось восстановление проведения как минимум в одной ЛВ, в то время как во второй группе изоляция устьев ЛВ сохранялась у 10 пациентов (52,6%). Различие является статистически значимым, $p<0,05$. В первой группе (ЛЗ+) синусовый ритм по истечении срока наблюдения сохранялся у 42 пациентов из 54 (77,7%), во второй группе (ЛЗ-) у 33 пациентов из 56 (58,9%). Различие является статистически значимым ОШ 2,439 (95% ДИ 1,060–5,615, $p=0,034$) (рис. 3).

С использованием однофакторного регрессионного анализа был определен ряд факторов с наибольшим предикторным потенциалом: индекс массы тела, артериальная гипертензия, наличие ЛЗ (табл. 3). На основании полученных данных выполнен многофакторный регрессионный анализ, показатели (индекс массы тела, ЛЗ) продемонстрировавшие статистически значимую связь с конечной точкой были использованы для построения прогностической модели. Построенная модель статистически значима ($\chi^2=14,710$;

Таблица 2.

Основные характеристики проведенных операций

	Первая группа ЛЗ (+) N=54	Вторая группа ЛЗ (-) N=56	P
Время операции, мин	108 $\pm$ 27,2	101,9 $\pm$ 26,9	0,194
Время флюроскопии, с	164,1 $\pm$ 77,7	170,7 $\pm$ 96,5	0,695
Время РЧА, мин	32,2 $\pm$ 10,3	29,8 $\pm$ 9,9	0,213

Примечание: РЧА - радиочастотная абляция

$p=0,012$). Коэффициент детерминации Найджелкерка - 0,175, Хосмера-Лемешова - 0,247. Наличие ЛЗ как при однофакторном, так и при многофакторном регрессионном анализе являлось предиктором сохранения синусового ритма в отдаленном периоде после РЧА.

Для определения качества полученной модели построена ROC-кривая. Площадь под ROC-кривой $0,7 \pm 0,057$ (ДИ 95% 0,588–0,813) (рис. 4). Значение функции в точке cut-off составило 0,6058 (чувствительность 73,3%, специфичность 63%). Площадь под ROC-кривой для полученной новой дихотомизированной переменной 0,718 (ДИ 95% 0,611–0,814). После поправки порога классификации, исходя из результатов ROC-анализа, диагностическая эффективность полученной многофакторной модели составила 70% (чувствительность 78,3% специфичность 65%).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты интервенционного лечения больных с персистирующей формой ФП далеки от желаемого. Многочисленные попытки улучшить эффективность путем добавления к изоляции ЛВ дополнительных повреждений в пилотных исследованиях показывали многообещающие результаты [14]. Однако в больших рандомизированных многоцентровых исследованиях не удалось выявить преимуществ дополнительных повреждений в ЛП по сравнению только с изоляцией ЛВ [15]. Таким образом, в настоящее время оптимальный набор очагов поражения для пациентов с персистирующей ФП не установлен. Вероятно, что персистирующая ФП имеет множество лежащих в своей основе электрофизиологических механизмов, и выявление причины у отдельного пациента будет иметь решающее значение для разработки конкретной стратегии абляции [16]. В отличие от пароксизмальной ФП, при которой преобладает роль триггера, на персистирующую ФП в основном влияет другой фактор - субстрат. Одним из ограничений модификации субстрата является то, что всегда трудно классифицировать и выявить пациентов, которым может быть полезен такой подход. Поэтому представляется затруднительным предложить стандартизированный и, прежде всего, воспроизводимый подход к абляции при персистирующей ФП [17]. Одним из возможных вариантов индивидуального подхода к интервенционному лечению непароксизмальной ФП можно предложить определение объема вмешательства, исходя из наличия или отсутствия ЛЗ в изолированных ЛВ. Известно, что чем более выражены процессы фиброза в ЛП, тем более вероятен рецидив ФП после катетерной абляции [18, 19]. Возможно, отсутствие ЛЗ

является суррогатным маркером распространенности фибротических изменений, затрагивающих не только миокард ЛП, но и мышечные муфты в ЛВ. В таком случае при отсутствии активных ЛВ их роль в инициации и поддержании персистирующей ФП минимальна, и для достижения клинического эффекта требуется расширенная абляция в ЛП. Напротив, наличие ЛЗ может предполагать большее участие ЛВ в поддержании ФП, и их изоляции может быть достаточно для поддержания синусового ритма. К сожалению, в данном исследовании не проводилась прямая оценка степени фиброза в ЛП и его связь с наличием либо отсутствием ЛЗ. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Связь между наличием ЛЗ и эффективностью интервенционного лечения различных форм ФП остается недостаточно ясной. В литературе мало данных, оценивающих влияние ЛЗ на клинический эффект катетерных процедур. В основном описывается использование ЛЗ в качестве удобного маркера, позволяющего судить о достижении изоляции ЛВ [20]. Авторы

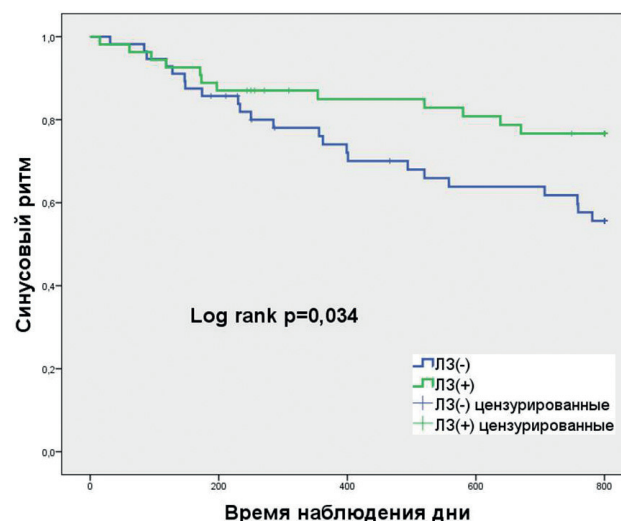


Рис. 3. Сохранение синусового ритма в первой и второй группах пациентов.

Таблица 4.

Данные однофакторного и многофакторного регрессионного анализа

	Однофакторная регрессия			Многофакторная регрессия		
	ОШ	95%ДИ	P	ОШ	95%ДИ	P
Возраст (лет)	1,162	0,223-6,145	0,859			
Мужской пол, n (%)	1,500	0,689-3,478	0,344			
ИМТ, кг/м ²	1,086	0,898-1,875	0,086	1,112	1,005-1,230	0,039
ФВЛЖ, %	1,083	0,992-1,095	0,105			
Объем ЛП, мл	1,002	0,984-1,014	0,787			
Диаметр ЛП, мм	0,982	0,952-1,067	0,837			
ДАА, мес.	0,994	0,984-1,014	0,121			
ДП, мес.	1,173	0,490-2,793	0,719			
СД, n (%)	3,364	0,664-14,03	0,136			
АГ, n (%)	1,408	0,989-1,344	0,099	1,779	0,424-7,467	0,431
ИБС, n (%)	1,009	0,940-4,707	0,719			
Локальные захваты	0,424	0,178-0,944	0,036	0,293	0,115-0,747	0,010

Примечание: ОШ - отношение шансов; ДИ - доверительный интервал

сумели найти данные только одного опубликованного исследования, проведенного A.Babak, et al. (2024) [21]. В этом исследовании, включающем 390 пациентов, изучали электрофизиологические свойства ЛВ после криобаллонной абляции у больных с различными формами ФП, а также их влияние на отдаленные результаты. У пациентов с персистирующей ФП ЛЗ были выявлены в 17,1%, тогда как в нашем исследовании этот показатель составил 49,1%. Возможно, применение модуля системы Carto 3 «Tissue proximity indication» позволило добиться максимально плотного контакта электрода с тканью, тем самым создавая оптимальные условия для стимуляции мышечных муфт и выявления ЛЗ. Пациенты с персистирующей формой ФП, имевшие ЛЗ после изоляции ЛВ, показали больший процент сохранения синусового ритма по сравнению с пациентами, не имевшими ЛЗ. Исходя из этого, исследователи так же предлагают использовать ЛЗ как фактор, определяющий стратегию абляции у пациентов с персистирующей формой ФП. В нашем исследовании мы получили сходные результаты, несмотря на различия в виде используемой энергии.

Предположение, что ЛЗ связаны с большей аритмогенностью ЛВ, нашло подтверждение у пациентов с пароксизмальной формой ФП [9]. Больные с ЛЗ показали большую эффективность РЧА, чем пациенты без ЛЗ. Хотя ЛЗ как обязательное условие успешности изоляции ЛВ не упоминаются в большей части литературы, их наличие описывается как благоприятный признак [22]. Вызывает интерес статья F.Marshlinski et al. [23], где авторы рассматривают потерю ЛЗ после изоляции ЛВ как критерий успешной изоляции. В исследовании участвовали 30 пациентов, перенесших

первичную или повторную изоляцию ЛВ. До абляции 99,8% ЛВ продемонстрировали наличие ЛЗ, после изоляции авторы смогли выявить ЛЗ только в 60,9% ЛВ. Отсутствие ЛЗ коррелировало с низкой вероятностью восстановления проведения возбуждения при проведении аденозинового теста (4% ЛВ без ЛЗ против 23% для ЛВ с ЛЗ). Четкое электрофизиологическое объяснение потери ЛЗ после антральной изоляции ЛВ в статье отсутствует. Пытаясь объяснить данный феномен, авторы предполагают, что ЛВ с потерей захвата имели меньшую массу мышечных волокон в миокардиальных муфтах. Антральные линии абляции могли привести к повреждению ганглионарных сплетений или аксонов, идущих к ЛВ, что, в свою очередь, приводило к снижению возбудимости мышечных муфт и отсутствию ЛЗ. Авторы предлагают использовать исчезновение ЛЗ как критерий надежности выполненной изоляции ЛВ.

В нашем исследовании у пациентов с персистирующей формой ФП наличие ЛЗ после изоляции ЛВ являлось предиктором эффективности РЧА. У всех пациентов с ЛЗ, перенесших повторные процедуры РЧА, отмечалось восстановление проведения возбуждения как минимум в одной ЛВ. В то же время более чем у 50% пациентов без ЛЗ изоляция ЛВ сохранялась, но эффективность РЧА была ниже, чем в первой группе. Данный факт можно попытаться объяснить следующим образом: при наличии ЛЗ ЛВ, по нашим предположениям, имеет большую массу миокардиальных муфт и, следовательно, играет большую роль в инициации и поддержании ФП, чем ЛВ без ЛЗ. С другой стороны, в ЛВ без ЛЗ мало мышечных волокон, что снижает аритмогенность ЛВ и повышает вероятность сохранения изоляции. Таким образом, при реконнекции в ЛВ с ЛЗ вероятность рецидива ФП становится больше, чем при реконнекции в ЛВ без локальных захватов. Возможно, при наличии ЛЗ следует более тщательно подходить к изоляции данной ЛВ, в том числе использовать тесты на скрытое проведение.

Ограничения исследования

Ограничениями исследования является его одноцентровой характер и небольшая выборка пациентов. Кроме того, оценка наличия ЛЗ требует определенных практических навыков, что может вызвать затруднения в интерпретации полученных результатов. Кроме того, отсутствие статистики несовпадения мнений экспертов при оценке наличия ЛЗ так же может внести некоторые коррективы в сторону увеличения частоты встречаемости ЛЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании локальные захваты в легочных венах у пациентов с непароксизмальной формой фибрилляции предсердий являлись предиктором улучшения отдаленных результатов радиочастотной абляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stylianou T, Edward P, Jonathan K, et al. 2024 European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgi-

- cal ablation of atrial fibrillation. *EP Europace* 2024;26(4). <https://doi.org/10.1093/europace/eaec043>.
2. Chander S, Kumari R, Luhana S, et al. Antiarrhythmic drug therapy and catheter ablation in patients with parox-

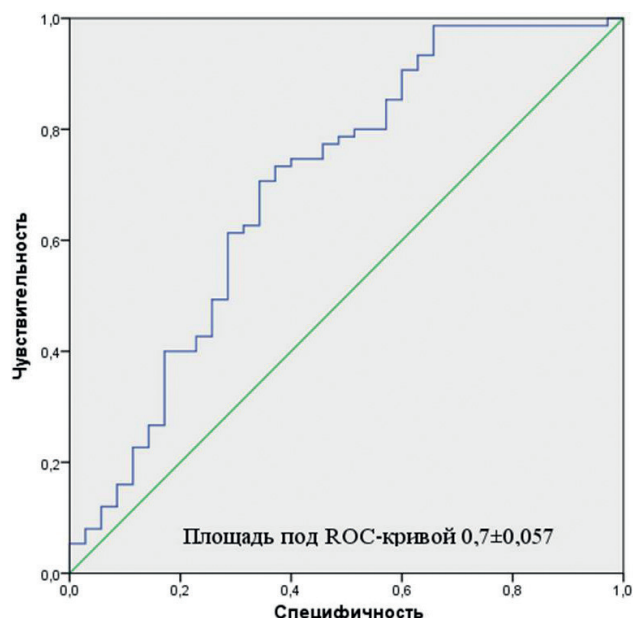


Рис. 4. ROC-кривая многофакторной логистической регрессионной модели.

- ysmal or persistent atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.* 2024;24(1): 32. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-03983-z>.
3. Packer D, Mark D, Robb R, et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy on Mortality, Stroke, Bleeding, and Cardiac Arrest Among Patients With Atrial Fibrillation: The CABANA Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2019;321(13): 1261-1274. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.0693>.
 4. Sohns C, Fox H, Marrouche N, et al. Catheter Ablation in End-Stage Heart Failure with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* 2023;389(15): 1380-1389. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2306037>.
 5. Базылев ВВ, Козлов АВ, Дурманов СС, и др. Качество жизни после этапного интервенционного или одномоментного хирургического лечения пароксизмальной формы фибрилляции предсердий и ишемической болезни сердца. *Анналы аритмологии.* 2021;18(1): 53-61. [Bazylev VV, Kozlov AV, Durmanov SS, et al. Quality of life after staged interventional or simultaneous surgical treatment of paroxysmal atrial fibrillation and coronary heart disease. *Annaly aritmologii.* 2021;18(1): 53-61. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2021.1>.
 6. Haissaguerre M, Jais P, Shah D, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med.* 1998;339(10): 659-666. <https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003>.
 7. Bredeloux P, Pasqualin C, Bordy R, et al. Automatic Activity Arising in Cardiac Muscle Sleeves of the Pulmonary Vein. *Biomolecules.* 2021;12(1): 23. <https://doi.org/10.3390/biom12010023>.
 8. Teh A, Kistler P, Lee G, et al. Electroanatomic properties of the pulmonary veins: slowed conduction, low voltage and altered refractoriness in AF patients. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2011;22(10): 1083-91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2011.02089.x>.
 9. Базылев ВВ, Козлов АВ, Дурманов С.С. Наличие локальных захватов миокарда легочных вен после радиочастотной изоляции улучшает результат лечения у пациентов с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий. *Вестник аритмологии.* 2023;30(4): 5-12. [Bazylev VV, Kozlov AV, Durmanov SS. The presence of local captures of the myocardium of the pulmonary veins after radiofrequency isolation improves the outcome of treatment in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology.* 2023;30(4): 5-12. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-1186>.
 10. Попылькова ОВ, Дурманов СС, Базылев ВВ, и др. Варфарин против прямых оральных антикоагулянтов: как отличается степень коагуляции во время катетерной абляции фибрилляции предсердий *Вестник аритмологии.* 2022;29(3): 13-20. [Popylkova OV, Durmanov SS, Bazylev VV, et al. Warfarin versus direct oral anticoagulants: how the degree of coagulation differs during catheter ablation of atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology.* 2022;29(3): 13-20. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-02>.
 11. Philips T, El Haddad M, Duytschaever M, et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol, *EP Europace.* 2018;20(3): 419-427. <https://doi.org/10.1093/europace/eux376>.
 12. Михайлов ЕН, Гасимова НЗ, Айвазян СА, и др. Факторы, ассоциированные с эффективностью радиочастотной катетерной абляции фибрилляции предсердий: мнение специалистов, применяющих технологию «индекс абляции». *Вестник аритмологии.* 2020;27(3): 9-24. [Mikhaylov EN, Gasimova NZ, Ayvazyan SA, et al. Factors associated with the efficacy of atrial fibrillation radiofrequency catheter ablation: opinion of the specialists who use the "ablation index" module. *Journal of Arrhythmology.* 2020;27(3): 9-24. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2020-3-9-24>.
 13. Seitz J, Bars C, Théodore G, et al. AF Ablation Guided by Spatiotemporal Electrogram Dispersion Without Pulmonary Vein Isolation: A Wholly Patient-Tailored Approach. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(3): 303-321. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.065>.
 14. Griffin M, Calvert P, Gupta D. Persistent Atrial Fibrillation Ablation: Ongoing Challenges Defining the Target Population and Substrate. *Curr Treat Options Cardio Med.* 2023;25(10): 461-475. <https://doi.org/10.1007/s11936-023-01011-5>.
 15. Cheng-ming M, Ye-jian H, Wen-wen L, et al. Optimal Catheter Ablation Strategy for Patients with Persistent Atrial Fibrillation and Heart Failure: A Retrospective Study. *Cardiology Research and Practice.* 2022;1: 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/3002391>.
 16. Dhillon GS, Honarbakhsh S, Graham A, et al. Driver characteristics associated with structurally and electrically remodeled atria in persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm O2.* 2022;3(6Part A): 631-638. <https://doi.org/10.1016/j.hroo.2022.09.016>.
 17. Palamà Z, Nesti M, Robles AG, et al. Tailoring the Ablative Strategy for Atrial Fibrillation: A State-of-the-Art Review. *Cardiol Res Pract.* 2022;2022: 9295326. <https://doi.org/10.1155/2022/9295326>.
 18. Kwon S, Choi EK, Lee SR, et al. The left atrial low-voltage area and persistent atrial fibrillation treated with pulmonary vein isolation alone. *European Heart Journal.* 2022;43(Supplement2) <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac544.464>.
 19. Ma J, Chen Q, Ma S. Left atrial fibrosis in atrial fibrillation: Mechanisms, clinical evaluation and management. *J Cell Mol Med.* 2021;25(6): 2764-2775. <https://doi.org/10.1111/jcmm.16350>.
 20. Yang F, Raiszaden F, Fisher J, et al. Pulmonary Vein Isolation: Making the Most of Local Vein Capture with Exit Block. *The Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management* 2015;6: 2078-2084. <https://doi.org/10.19102/icrm.2015.060705>.
 21. Babak A, Kauffman CB, Lynady C, et al. Pulmonary vein capture is a predictor for long-term success of stand-alone pulmonary vein isolation with cryoballoon ablation in patients with persistent atrial fibrillation. *Front Cardiovasc Med.* 2024;10: 1150378. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1150378>.
 22. Issa ZF, Miller JM, Zipes DP. Clinical Arrhythmology and Electrophysiology. 1st ed. Philadelphia: Saunders; 2009:242.
 23. Squara F, Liuba I, Chik W, et al. Loss of local capture of the pulmonary vein myocardium after antral isolation: prevalence and clinical significance. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2015;26(3): 242-250. <https://doi.org/10.1111/jce.12585>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1479>

ОЦЕНКА ИНДЕКСА АБЛАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАТЕТЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА И СИСТОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ

В.А.Аманатова¹, М.Р.Хачиров², Т.М.Ускач^{1,3}, Д.Ф.Ардус¹, А.В.Верещагина¹, М.А.Подьянов¹, Д.И.Черкашин¹, И.Р.Гришин¹, О.В.Сапельников¹¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, Россия, Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А; ²ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В.В. Верещаева Департамента здравоохранения Москвы», Россия, Москва, ул. Лобненская, д. 10; ³ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ, Россия, Москва, ул. Смольная, д. 38.

Цель. Изучить значение индекса аблации (ИА) в рамках катетерной аблации (КА) желудочковых тахикардий (ЖТ) без применения флюороскопии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью

Материал и методы исследования. В проспективном исследовании 47 пациентам с ишемической болезнью сердца, хронической сердечной недостаточностью была выполнена КА устойчивых ЖТ. Оценивались интраоперационные параметры КА, в том числе величина среднего индекса аблации. Оценивался факт индукции аритмии после серии радиочастотных (РЧ) воздействий. Также проводилась оценка рецидива ЖТ. Срок наблюдения составил 12 месяцев.

Результаты. Во время оперативного вмешательства после нанесения РЧ-воздействий индукция аритмии была неосуществима у 100% пациентов. Спустя 12 месяцев наблюдения свобода от аритмии составила 84,8%. Пациенты без рецидива ЖТ имели статистически значимо больший показатель среднего ИА (612 [522,5;683,5]), чем с рецидивом ЖТ (7 (15,2%) пациентов) (438 [416,5;462]) ($p=0,001$). Также проводилась оценка возможности прогнозирования рецидива ЖТ в зависимости от величины среднего ИА. Было получено, что при величине среднего ИА больше или равном 473, риск рецидива ЖТ ниже ($p=0,001$).

Заключение. ИА может быть использован в качестве параметра контроля эффективного РЧ-воздействия в рамках проведения КА ЖТ наряду с другими детерминантами, используемыми в настоящее время.

Ключевые слова: желудочковая тахикардия; индекс аблации; сердечная недостаточность; ишемическая болезнь сердца; катетерная аблация

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 04.03.2025 **Исправленная версия получена:** 25.07.2025 **Принята к публикации:** 06.08.2025

Ответственный за переписку: Аманатова Валерия Александровна, E-mail: amanatova.v@yandex.ru,

В.А.Аманатова - ORCID ID 0000-0002-0678-9538, М.Р.Хачиров - ORCID ID 0000-0003-0180-2569, Т.М.Ускач - ORCID ID 0000-0003-4318-0315, Д.Ф.Ардус - ORCID ID 0000-0001-8305-1855, А.В.Верещагина - ORCID ID 0000-0001-8158-3794, М.А.Подьянов - ORCID ID 0009-0003-7069-6349, Д.И.Черкашин - ORCID ID 0000-0003-1679-1719, И.Р.Гришин - ORCID ID 0000-0002-2689-2751, О.В.Сапельников - ORCID ID 0000-0002-5186-2474

Для цитирования: Аманатова ВА, Хачиров МР, Ускач ТМ, Ардус ДФ, Верещагина АВ, Подьянов МА, Черкашин ДИ, Гришин ИР, Сапельников ОВ. Оценка индекса аблации при проведении катетерного лечения у пациентов с ишемической болезнью сердца и систолической дисфункцией. *Вестник аритмологии*. 2025; 32(3): 29-36. <https://doi.org/10.35336/VA-1479>.

EVALUATION OF THE ABLATION INDEX DURING CATHETER TREATMENT WITHOUT FLUOROSCOPY IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE AND SYSTOLIC DYSFUNCTION

V.A.Amanatova¹, M.R.Khachirov², T.M.Uskach^{1,3}, D.F.Ardus¹, A.V.Vereshchagina¹, M.A.Podyanov¹, D.I.Cherkashin¹, I.R.Grishin¹, O.V.Sapelnikov¹¹FSBI "Academician E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology" of the MH RF, Russia, Moscow, 15A Academician Chazov str.; ²SBHI "V.V.Veresev City Clinical Hospital of the Moscow Department of Health", Russia, Moscow, 10 Lobnenskaya str.; ³FSBEI of CPE "Russian Medical Academy of Continuous Professional Education" of the MH RF, Russia, Moscow, 38 Smolnaya str.

Aim. To study the ablation index (AI) in the context of catheter treatment of ventricular tachycardia (VT) without the use of fluoroscopy in patients with chronic heart failure.

Methods. Catheter ablation of VT was performed in 47 patients with coronary heart disease and chronic heart failure. Intraoperative parameters of the ablation, including the average ablation index, were assessed. The fact of arrhythmia

induction after a series of radiofrequency exposures was assessed. Recurrence of VT was also assessed. The observation period was 12 months.

Results. During surgery after ablation exposure, arrhythmia induction was impossible in 100% of patients. After 12 months of observation, freedom from arrhythmia was 84,8%. Patients without recurrence of VT had a statistically significantly higher mean AI (612 [522,5; 683,5]) than with recurrence of VT (7 (15,2%) patients) (438 [416,5; 462]) ($p=0,001$). The possibility of predicting recurrence of VT depending on the mean AI value was also assessed. It was found that with the mean AI value greater than or equal to 473, the risk of recurrence of VT is lower ($p=0,001$).

Conclusions. AI can be used as a parameter for monitoring effective ablation exposure in the context of catheter ablation of VT along with other determinants currently used.

Keywords: ventricular tachycardia; ablation index; heart failure; coronary artery disease; catheter ablation

Conflict of interest: none.

Funding: none.

Received: 04.03.2025 **Revision Received:** 25.07.2025 **Accepted:** 06.08.2025

Corresponding Author: Amanatova Valeria, E-mail: amanatova.v@yandex.ru

V.A.Amanatova - ORCID ID 0000-0002-0678-9538, M.R.Khachirov ORCID ID 0000-0003-0180-2569, T.M.Uskach - ORCID ID 0000-0003-4318-0315, D.F.Ardus - ORCID ID 0000-0001-8305-1855, A.V.Vereshchagina - ORCID ID 0000-0001-8158-3794, M.A.Podyanov - ORCID ID 0009-0003-7069-6349, D.I.Cherkashin - ORCID ID 0000-0003-1679-1719, I.R.Grishin - ORCID ID 0000-0002-2689-2751, O.V.Sapelnikov - ORCID ID 0000-0002-5186-2474

For citation: Amanatova VA, Khachirov MR, Uskach TM, Ardus DF, Vereshchagina AV, Podyanov MA, Cherkashin DI, Grishin IR, Sapelnikov OV. Evaluation of the ablation index during catheter treatment without fluoroscopy in patients with coronary heart disease and systolic dysfunction. *Journal of Arrhythmology*. 2025; 32(3): 29-36. <https://doi.org/10.35336/VA-1479>.

Желудочковая тахикардия (ЖТ) определяется как тахикардия (частота более 100 уд/мин), состоящая из трех или более последовательных комплексов, исходящих ниже бифуркации пучка Гиса, возникающих в специализированной проводящей системе, мышце желудочка или из обеих тканей, независимо от проведения по предсердиям и атриовентрикулярному узлу. Данные нарушения ритма могут возникать как у пациентов с ишемической болезнью сердца, так и с различными кардиомиопатиями. Патофизиология возникновения ЖТ у разных категорий пациентов отличается [1, 2].

У пациентов с перенесённым инфарктом миокарда (ИМ) большинство устойчивых мономорфных ЖТ вызвано механизмом макро re-entry, затрагивающей область рубца. Экспериментальные исследования показывают, что электрофизиологический субстрат для мономорфной ЖТ постепенно формируется в подострой стадии ИМ, при этом отсутствует разница между индуцированной ЖТ, развивающейся в подострый и хронический периоды со сравнимыми участками ранней пресистолической активации. Эти участки расположены преимущественно в пограничной зоне, рядом с плотными участками повреждения в обоих периодах [3]. Стойкая коронарная окклюзия обычно приводит к образованию центрального ядра плотного трансмурального рубца в области, снабжаемой окклюзированной артерией, окруженной тонким ободком (пограничной зоной), где тесно сплетены фиброзная ткань и жизнеспособные миокардиальные волокна. И наоборот, ранняя реперфузия может привести к формированию более сложного субстрата с нетрансмуральным некрозом миокарда, гетерогенным рубцеванием с множественными каналами жизнеспособного миокарда, расположенными в области рубца, и пограничных зон [4].

Развитие ЖТ значительно ухудшает прогноз и качество жизни пациентов. Имплантация кардиовертера-дефибриллятора (КВД) может снизить частоту летальных исходов у пациентов с ЖТ, однако, этот метод лечения не может повлиять на количество рецидивов нарушений ритма. Имплантируемые устройства могут помочь оценить «бремя» желудочковых аритмий [5, 6]. В 2022 году была выдвинута гипотеза о связи между «бременем» ЖТ и смертностью. При этом исследователями рассматривался как вариант ассоциации между двумя величинами: прогрессирование сердечной патологии увеличивает риск смертности и количество рецидивов ЖТ, так и вариант причинно-следственной связи, который иллюстрирует, что прогрессирование самого заболевания увеличивает количество рецидивов ЖТ, таким образом происходит замыкание порочного круга. Цикл эффектов ухудшения заболевания сердца, увеличивающих бремя ЖТ и наоборот, увеличивает риск смерти из-за кардиологической патологии [7].

ЖТ является причиной около 25% внезапных сердечных смертей в целом в популяции, если рассматривать группу сердечно-сосудистых заболеваний эта цифра достигает 50% [8]. Отдельной категорией, подверженной риску возникновения клинически значимых нарушений ритма, являются пациенты с хронической сердечной недостаточностью (ХСН). Возникновение аритмий у этой группы больных является отягощающим фактором течения их заболевания. В то же время, с учетом того, что ХСН является закономерным исходом большинства сердечно-сосудистых патологий, развитие желудочковых нарушений ритма является прогнозируемым у пациентов с ХСН [9]. Имплантация КВД в качестве первичной или вторичной профилактики внезапной сердечной смерти фигурирует в ряде современных рекомендаций [10]. Однако, шоки КВД могут в том чис-

ле вызывать прогрессирование ХСН и ухудшение качества жизни пациентов [11-13].

Эффективность процедуры катетерной абляции (КА) зависит от отбора пациентов на данное вмешательство, качества проведения процедуры и послеоперационного ведения больных [14, 15]. Несмотря на наличие методик картирования, существует множество аспектов необходимых для соблюдения при проведении КА и

повышения ее эффективности. Необходимо достижение трансмуральности и непрерывности линий абляции. Эти цели могут быть достигнуты при соблюдении стабильности позиции катетера во время аппликации; длительности аппликации; минимально необходимой силы соприкосновения абляционного катетера с миокардом; расстояния между соседними точками аппликации должно быть достаточным, для предупреждения форми-

рования канала электрического проведения; нанесения РЧ-аппликаций с достаточной мощностью и длительностью. При этом необходимо соблюдение определенного баланса, так как недостаточное радиочастотное воздействие может привести к формированию субоптимального повреждения, а чрезмерное - к осложнениям [16].

В рамках катетерного лечения фибрилляции предсердий была разработана технология измерения индекса абляции (ИА). ИА - новый маркер эффективности абляционного воздействия, объединяющий силу контакта, время и мощность в одном значении [17]. Применение технологии ИА при КА фибрилляции предсердий в данный момент активно изучается, при этом использование ИА в рамках лечения ЖТ описано в единичных случаях, либо в экспериментальных работах. В большинстве работ, посвященных оценке эффективности катетерного лечения ЖТ, такой показатель как ИА не учитывался. В настоящее время не существует действующих рекомендаций по его значению при КА ЖТ [18-21].

Цель данного исследования состояла в изучении индекса абляции в рамках катетерного лечения желудочковых тахикардий у пациентов с хронической сердечной недостаточностью.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование было одобрено Этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И.Чазова» МЗ РФ (протокол № 273 заседания

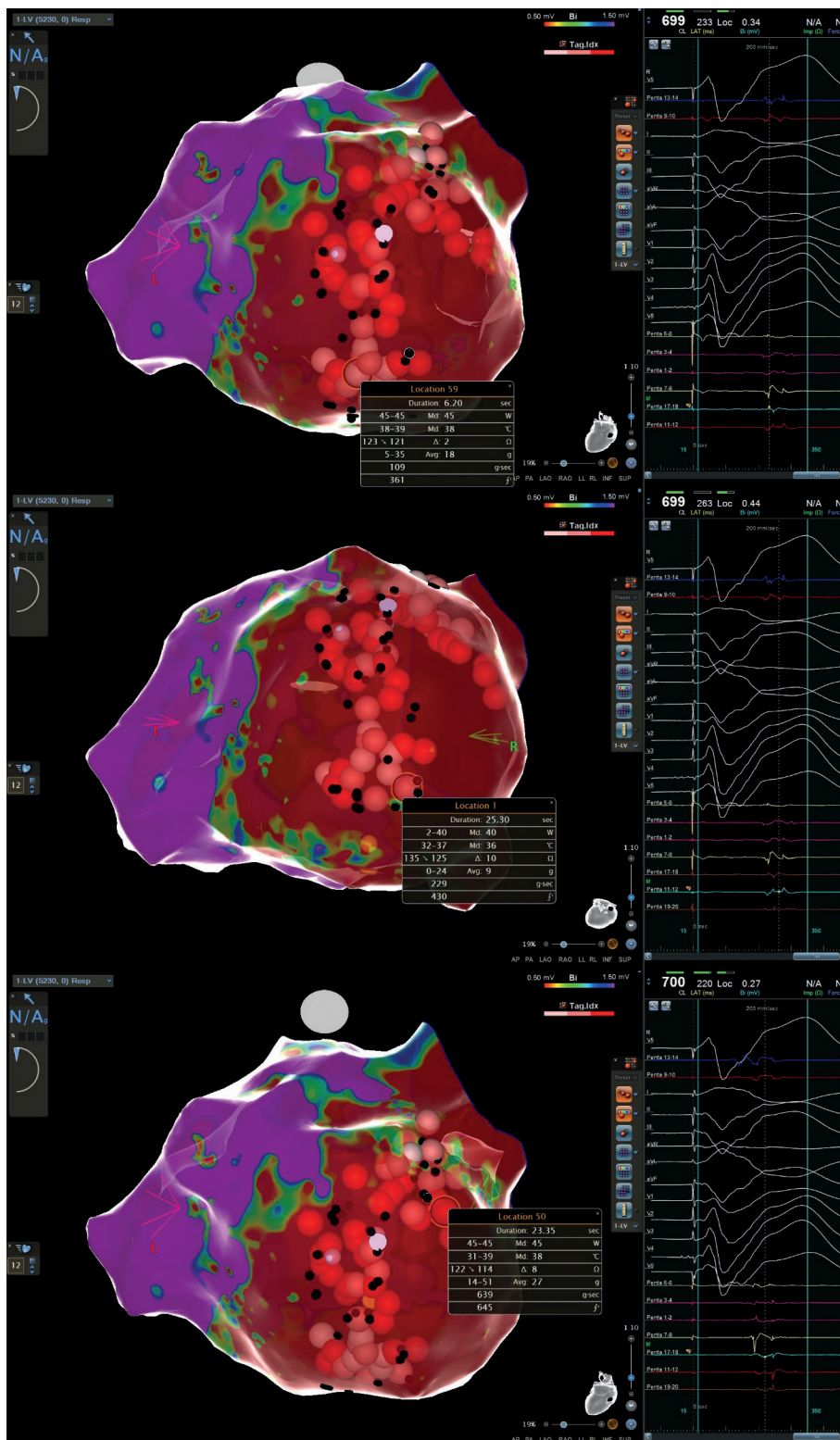


Рис. 1. Трехмерная электроанатомическая карта левого желудочка, где объемными точками обозначены РЧ-аппликации. Интенсивность цвета указывает на величину индекса абляции в каждой точке (до 400 белый цвет; 400-500 - розовый; свыше 500 - красный).

Комитета от 22 ноября 2021 г.). В проспективное исследование было включено 47 пациентов с ишемической болезнью сердца и ХСН, которым была выполнена РЧА ЖТ. Все пациенты, включенные в исследование, подписывали информированное добровольное согласие. Срок наблюдения составил 12 месяцев.

В исследование включались пациенты с: умеренно сниженной и низкой фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ), с II-III функциональным классом ХСН, перенесенным ранее ИМ, прошедшие процедуру реваскуляризации, с наличием гемодинамически значимой ЖТ. Также обязательным условием включения в исследование было стабильное состояние в течение 1 месяца, и прием оптимальной медикаментозной терапии ХСН не менее чем 3 месяца.

Критериями не включения являлись: отказ пациента от участия в исследовании, IV функциональный класс ХСН, декомпенсация ХСН на момент включения, обратимые причины ХСН, хирургические вмешательства, перенесенные в течение 3 месяцев, стенокардия напряжения III-IV функционального класса, неишемическая кардиомиопатия, как причина ХСН.

Техника катетерной аблации

Оперативное вмешательство проводилось под эндотрахеальным наркозом. Выполнялись пункции внутренней яремной вены и бедренной вены, устанавливались гемостатические интродьюсеры. Через управляемый интродьюсер проводился диагностический 10-полюсный катетер в правый желудочек. Производилась пункция межпредсердной перегородки (МПП). В полость ЛЖ заводился диагностический катетер PentaRay (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) под контролем внутрисердечной эхокардиографии. При невозможности картирования выходного тракта ЛЖ при доступе через пункцию МПП производился доступ через пункцию бедренной артерии (ретроградный). Эпикардальная аблация ЖТ выполнялась в тех случаях, когда ранее при картировании был доказан эпикардиальный очаг аритмогенеза. Производилась пункция перикарда из подмечевидного доступа. Во время оперативного вмешательства производилась коронарография для безопасного выполнения радиочастотных воздействий в области прохождения коронарных артерий. В ряде случаев при технических проблемах с картированием выполнялся комбинированный доступ - одномоментная пункция МПП и правой бедренной артерии.

Картирование проводилось на системе CARTO 3 (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) с использованием диагностического навигационного 22-полюсного катетера PentaRay (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США), и абляционного навигационного катетера Thermocool SmartTouch (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) (кривизна D/F) с измеряемой силой давления на миокард и определением ИА. Настройки сигналов для верификации рубца и жизнеспособной ткани устанавливались на 0,3-0,8 мВ. При активационном картировании основополагающую роль играет паттерн комплекса QRS клинически значимой ЖТ, зарегистрированной на 12-канальной ЭКГ. При вольтажном картировании поздние потенциалы (выходящие за

пределы QRS) отмечались на навигационной модели на желудочковой стимуляции если позволяла клиническая ситуация (стабильная гемодинамика, отсутствие индукции гемодинамически нестабильной ЖТ), в противном случае картирование выполняли на синусовом ритме.

ИА в зонах истонченного миокарда (4 мм, зоны аневризматического расширения ЛЖ) был не более 550, в зонах с толщиной миокарда более 5 мм - 700-800. При аблации истмуса тахикардии выполняли воздействия до купирования ЖТ, с последующей обработкой зоны интереса дополнительными воздействиями до конечной точки - отсутствия индукции ЖТ. При РЧА субстратных зон поздних потенциалов - выполняли воздействия во всех отмеченных зонах с последующим электрофизиологическим исследованием до конечной точки - отсутствия индукции ЖТ (рис. 1).

Статистический анализ

Статистический анализ данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Excel 2010 и статистических программ STATISTICA 10 (StatSoft Inc., США). Качественные величины представлены как абсолютные значения и проценты. Использовались следующие методы статистического анализа: U-критерий

Таблица 1.

Клинико-демографическая характеристика пациентов, включенных в исследование

Параметры	Значение (n=47)
Мужской пол, n (%)	41 (87,2)
Возраст, лет	65 [57; 71]
ИМТ, кг/м ²	28 [26; 30]
II ФК ХСН (NYHA), n (%)	28 (59,6)
III ФК ХСН (NYHA), n (%)	19 (40,4)
NT-proBNP, пг/мл	756 [493,5; 1106]
Общее значение ФВ ЛЖ, %	40 [34; 46]
ХСНусФВЛЖ, n (%)	26 (55,3)
ХСНнФВЛЖ, n (%)	21 (44,7)
Артериальная гипертония, n (%)	34 (72,3)
Пароксизмальная ФП, n (%)	24 (51,1)
Постоянная ФП, n (%)	4 (8,5)
Артифициальный ритм, n (%)	3 (6,4)
Сахарный диабет, n (%)	9 (19,1)
Хроническая болезнь почек, n (%)	9 (19,1)
Вмешательства в анамнезе	
ЧКВ, n (%)	38 (80,8)
АКШ/МКШ, n (%)	9 (19,2)
Имплантация КВД, n (%)	26 (55,3)

Примечание: здесь и далее ИМТ-индекс массы тела; ФК ХСН - функциональный класс хронической сердечной недостаточности; ХСНусФВЛЖ и ХСНнФВЛЖ - ХСН с умеренно сниженной и с низкой фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ); ФП - фибрилляция предсердий; ЧКВ - чрескожное коронарное вмешательство; АКШ - аортокоронарное шунтирование; МКШ - маммарокоронарное шунтирование; КВД - кардиовертер-дефибриллятор.

Манна-Уитни. Выборочные параметры, приводимые в таблице, представлены в виде M (sd) и Me [$Lq;Uq$], где M - среднее, sd - стандартное отклонение, Me - медиана, $Lq;Uq$ - межквартильный размах. Уровень различий считался достоверным при $p < 0,05$, значения $0,05 < p < 0,10$ интерпретировались как тенденция. Также проводилась оценка чувствительности и специфичности изучаемых параметров, с построением ROC-кривых. Количественная оценка характеристической кривой проводилась посредством расчёта площади под ней (AUC). Шкала значений AUC, отражающая качество диагностического теста: AUC = 0,9-1,0 - отличное; 0,8-0,9 - высокое; 0,7-0,8 - хорошее; 0,6-0,7 - среднее; 0,5-0,6 - неудовлетворительное.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди 47 пациентов, включенных в исследование в 87,2% были мужского пола, медиана возраста составила 65 [57;71] лет. Фенотип ХСН в основном был представлен ХСН с умеренно сниженной ФВ ЛЖ (55,3%), однако, в 44,7% присутствовали пациенты со сниженной ФВ ЛЖ. 26 пациентам перед проведением РЧА была выполнена имплантация КВД. Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Все пациенты, включенные в исследование, принимали оптимальную медикаментозную терапию ХСН. При этом в качестве антиаритмической терапии всем пациентам был назначен амиодарон (100%). До включения в исследование длительность анамнеза ЖТ у 5 пациентов (10,6%) составила 6 месяцев, у 17 пациентов (36,2%) - от полугода до года, у 25 пациентов (53,2%) - год и более. Таким образом медиана длительности ЖТ до госпитализаций составила 12 месяцев.

Все оперативные вмешательства были выполнены без применения флюороскопии, под контролем внутрисердечной эхокардиографии. Всем пациентам проводилось интраоперационное картирование. В 51% случаев ($n=24$) было выполнено стимуляционное картирование, 38,4% ($n=18$) - активационное и 10,6% ($n=5$) пациентам была выполнена гомогенизация рубца. Доступ в 8 случаях (17%) был ретроградным, в 33 (70,2%) -

транссептальным, в 4 (8,5%) - эпикардиальным, и в 2 случаях (4,2%) - комбинированным. Медиана продолжительности оперативного вмешательства составила 190 [150; 227] минут. ЖТ была индуцирована у всех пациентов при проведении вмешательства. После нанесения радиочастотного воздействия у 100% пациентов ЖТ была не индуцируема. Параметры радиочастотного воздействия были стандартными у всех пациентов: мощность РЧ тока - 40-50 Вт, сила контакта - 10-25 г/см, время аппликации - $31 \pm 10,4$ - $57,65 \pm 24,3$ с, температура - 43-46 °C.

Особое внимание уделялось изучению параметров ИА. При РЧА ЖТ на истонченном миокарде (постинфарктная зона или пограничная часть между здоровым миокардом и постинфарктным рубцом) значение ИА целенаправленно уменьшали до 400-500 во избежание осложнений, тогда как при воздействии на «толстом» миокарде - ИА увеличивали до 700-800 для достижения более высокой эффективности.

Через 12 месяцев проводилась оценка данных интеррогирования КВД и результатов холтеровского мониторирования. Пароксизмы ЖТ были зарегистрированы у 7 (15,2%) пациентов. Таким образом свобода от аритмии после проведенной РЧА ЖТ составила 84,8%. При этом, в течение 6 месяцев после проведенного вмешательства пароксизмы ЖТ отсутствовали у 100% пациентов.

Были проанализированы исходные данные эхокардиографии у пациентов с рецидивом и без рецидива ЖТ. В целом обе группы были сопоставимы по основным показателям, однако, отмечалась тенденция к более низкому уровню ФВ ЛЖ в группе с рецидивами ЖТ (табл. 2).

У всех больных был проанализирован ИА. Пациенты без рецидива ЖТ (39 [84,8%] пациентов) имели статистически значимо больший показатель среднего ИА ($612,0$ [$522,5; 683,5$]), чем с рецидивом ЖТ (7 (15,2%) пациентов) (438 [$416,5; 462$]), ($p=0,001$) (рис. 2). Также был изучен прогноз рецидива ЖТ в зависимости от величины среднего ИА. Для достижения этой цели был проведен ROC-анализ. Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза рецидива ЖТ и среднего ИА, составила $0,886 \pm 0,049$, 95% доверительный интервал (ДИ) $0,791-0,982$ (рис. 2). Полученная модель была статистически значимой ($p=0,001$). Пороговое значение среднего ИА в точке cut-off равно 473. При среднем ИА меньшем или равном данному значению прогнозировался высокий риск рецидива ЖТ. Чувствительность и специфичность метода составили 85,7% и 84,6% соответственно (рис. 3). Шанс рецидива ЖТ у пациентов со значением среднего ИА больше 473 снижался в 1,125 раза (95% ДИ $0,221-5,714$).

Таблица 2.

Сравнение исходных показателей эхокардиографии у пациентов в группах с наличием и отсутствием рецидива желудочковой тахикардии

Показатель	Пациенты с рецидивом ЖТ (n=7)	Пациенты без рецидива ЖТ (n=39)	p
ФВ ЛЖ, %	35 [25; 40]	42 [34; 46]	0,07
КДО ЛЖ, мм	170 [125; 280]	167 [135; 201]	0,6
КСО ЛЖ, мм	80 [55; 203]	79 [48; 120]	0,4
КДР ЛЖ, мм	62 [51; 75]	62 [58; 68]	0,9
КСР ЛЖ, мм	48 [38; 63]	47 [39; 53]	0,4
Аневризма ЛЖ, n (%)	1 (14,2)	7 (17,9)	0,8
ТЗСЛЖ, мм	0,9 [0,8; 1,0]	1 [0,7; 1,0]	0,6
NT-pro-BNP, пг/мл	809 [647; 1566]	722 [385; 1012]	0,2

Примечание: ЛЖ - левый желудочек; КДО - конечный диастолический объем; КСО - конечный систолический объем; КДР - конечный диастолический размер; КСР - конечный систолический размер; ТЗС - толщина задней стенки.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными факторами, которые способствуют повышению эффективности абляции являются определение аритмогенного субстрата и адекватная энергия воздействия для достижения трансмуральности [22]. На этапе предоперационной подготовки возможно выполнение магниторезонансной томографии (МРТ) с контрастированием. Выявленные зоны фиброза/рубца в большинстве случаев являются источниками возникновения ЖТ. Также с помощью МРТ можно получить информацию не только о локализации рубцовых зон, но и об их плотности и трансмуральности. Однако, проведение МРТ имеет свои ограничения, в том числе наличие у пациента имплантированного КВД приводит к возникновению артефактов, не позволяющих интерпретировать данные исследования [23].

Непосредственно при выполнении оперативного вмешательства проводится инвазивное картирование субстрата аритмии, направленное на выявление зон замедленного проведения. В последующем, ориентируясь на полученные данные, в найденных зонах проводятся РЧ-аппликации. Основная цель активационного картирования - определение критического истмуса, который играет ключевую роль в поддержании тахикардии. Однако, такой метод имеет определенные ограничения. Основные условия успешного картирования - стабильная последовательность активации и удовлетворительная переносимость аритмии, в связи с чем активационное картирование затруднено при гемодинамически нестабильных аритмиях, тахикардиях с вариабельной патологией и сложной или невоспроизводимой индукции тахикардий [24]. Стимуляционное картирование помогает определить локализацию источника тахикардии путем эндокардиальной стимуляции различных источников с последующим сравнением морфологии стимулированных комплексов ЭКГ и комплексов тахикардии [24]. Вышеописанные методы картирования в совокупности с данными предоперационного обследования позволяют локализовать источник аритмии, для выполнения радиочастотного воздействия.

Далее при проведении оперативного вмешательства учитывается ряд детерминант размера радиочастотного повреждения, например, мощность радиочастотного воздействия и время нанесения аппликации. В отечественной литературе имеется описание исследования, в котором проводилось сравнение КА высокой мощности (воздействие 50 Вт) со стандартной КА (45 Вт) при этом время абляции было стандартным - 60 с. Конечная точка по эффективности была достигнута у 100% пациентов - неиндуцируемость ЖТ в конце оперативного вмешательства. Через 12 месяцев в группе РЧА с высокой мощностью свобода от аритмии составила 82,6%, а в группе со стандартной РЧА 76,2% ($p=0,0286$). В данной работе впервые была проведена оценка показателя ИА при РЧА ЖТ. Было показано, что в группе РЧА высокой мощности зарегистрирован больший по величине средний ИА (475,4) по сравнению с пациентами другой группы

(461,1), что явилось статистически значимым различием ($p=0,0549$) [25].

Помимо стандартных показателей авторы статьи также оценили средний ИА, который ранее был изучен только в рамках абляции фибрилляции предсердий. Позднее авторы опубликовали статью, в которой повторно подвергли изучению значение среднего ИА в рамках лечения ЖТ. В исследование было включено 63 пациента с ишемической болезнью сердца, которых направили на проведение РЧА ЖТ. Всем пациентам проводилась РЧА с высокой мощностью - 50 Вт. В послеоперационном периоде ЖТ отсутствовала у 52 пациентов (82,6%). Было продемонстрировано, что более высокий средний ИА ($494,9 \pm 73,3$) отмечался в группе без рецидива ЖТ, в то время как в группе с возвратом ЖТ ИА имел значимо более низкие значения $383,2 \pm 44,3$ ($p < 0,0001$). Увеличение среднего ИА на 10 единиц было ассоциировано со снижением шанса возврата ЖТ в 1,37 раза ($p=0,0025$; 95% ДИ 1,16-1,77) [26].

В нашем исследовании были получены сопоставимые результаты, свидетельствующие о том, что

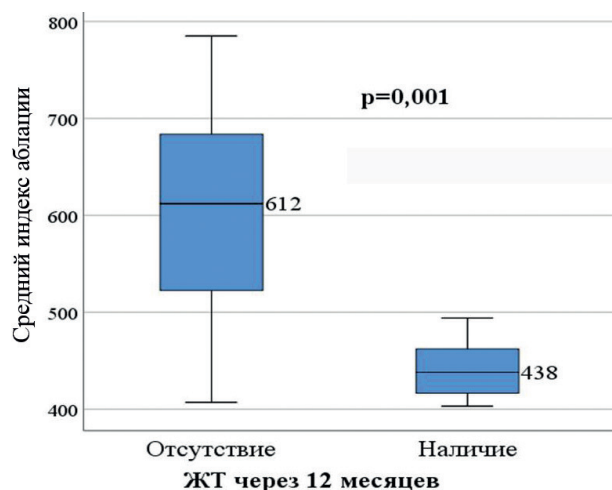


Рис. 2. Показатели среднего индекса абляции для пациентов с отсутствием и наличием рецидива аритмии в течение наблюдения.

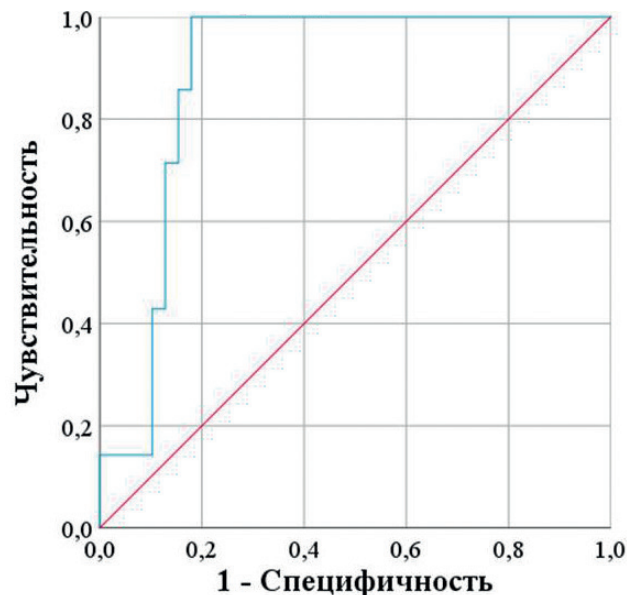


Рис. 3. Кривая зависимости рецидива желудочковой тахикардии от среднего индекса абляции.

больший средний ИА 612 [522,5; 683,5] связан с отсутствием рецидивов ЖТ. С учетом отсутствия референсных значений для ИА для аблации ЖТ, операторы ориентировались на значения данного показателя для левого предсердия. Согласно CLOSE-протоколу, показатели ИА для левого предсердия следующие: ≥ 550 при аблации передней стенки, ≥ 400 - при аблации задней стенки, ≥ 300 - при возникновении болей или повышении температуры в пищеводе [27]. Известно, что передняя стенка левого предсердия имеет большую толщину, по сравнению с задней стенкой, отсюда и различия в ИА для данных областей. Соответственно, эти данные были экстраполированы на аблацию ЖТ в нашей работе. При сравнении групп пациентов с рецидивом и без рецидива ЖТ была обнаружена тенденция к более тяжелой ХСН у пациентов с рецидивом ЖТ, что может обуславливать применение более низкого ИА у этой, более тяжелой группы пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение эффективности РЧА ЖТ является важным направлением современной аритмологии. ИА уже доказал свою эффективность в рамках лечения фибрилляции предсердий наряду с другими детерминантами нанесения РЧ-воздействия. Необходимы дальнейшие исследования с изучением ИА в рамках лечения желудочковых аритмий для определения его референтных значений для различных анатомических локализаций, модификации протокола РЧА ЖТ и, как следствие, повышения эффективности проведения процедуры. Целесообразно применение более высокого ИА при проведении РЧА ЖТ, но на данный момент сделать более фундаментальные выводы не позволяет малое количество исследований на эту тему. Значение индекса аблации для желудочковых аритмий требует дальнейшего изучения, увеличения выборки и применения различных дизайнов будущих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, Riva M, et al. ESC Scientific Document Group, 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: Developed by the task force for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *European Heart Journal*. 2022;43(40): 3997-4126. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac262>.
2. Лебедев ДС, Михайлов ЕН, Неминуший НМ., и др. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7): 4600. [Lebedev DS, Mikhailov EN, Neminsky NM, et al. Ventricular arrhythmias. Ventricular tachycardias and sudden cardiac death. 2020 Clinical guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7): 4600. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4600>.
3. Haris M. Haqqani MBBS(Hons), David J. Callans MD. Ventricular Tachycardia in Coronary Artery Disease. *Cardiac Electrophysiology Clinics*. 2014;6(3): 525-534.
4. Liuba I, Frankel DS, Riley MP, et al. Scar progression in patients with nonischemic cardiomyopathy and ventricular arrhythmias. *Heart Rhythm*. 2014;11(5): 755-762. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.02.012>.
5. Thomas H, Diamond J, Vieco A, et al. Global Atlas of Cardiovascular Disease 2000-2016: the path to prevention and control. *Glob Heart* 2018;13: 143-63. <https://doi.org/10.1016/j.ghheart.2018.09.511>.
6. Eckart RE, Shry EA, Burke AP, et al. Sudden death in young adults: an autopsy-based series of a population undergoing active surveillance. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58: 1254-61. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.01.049>.
7. Samuel M, Elsokkari I, Sapp JL. Ventricular Tachycardia Burden and Mortality: Association or Causality? *Can J Cardiol*. 2022;38(4): 454-464. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.01.016>.
8. Deyell MW, AbdelWahab A, Angaran P, et al. 2020 Canadian Cardiovascular Society/Canadian Heart Rhythm Society position statement of the management of ventricular tachycardia and fibrillation in patients with structural heart disease. *Can J Cardiol*. 2020;36: 822-36. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.04.004>.
9. Alvarez CK, Cronin E, Baker WL, Kluger J. Heart failure as a substrate and trigger for ventricular tachycardia. *J Interv Card Electrophysiol*. 2019;56(3): 229-247. <https://doi.org/10.1007/s10840-019-00623-x>.
10. Галявич АС, Терещенко СН, Ускач ТМ, и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11): 6162. [Galyavich AS, Tereshchenko SN, Uskach TM, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11): 6162. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162>.
11. Poole JE, Johnson GW, Hellkamp AS, et al. Prognostic importance of defibrillator shocks in patients with heart failure. *N Engl J Med*. 2008;359: 1009-17. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa071098>.
12. Powell BD, Saxon LA, Boehmer JP, et al. Survival after shock therapy in implantable cardioverter-defibrillator and cardiac resynchronization therapy-defibrillator recipients according to rhythm shocked. The ALTITUDE survival by rhythm study. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62: 1674-1679 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.04.083>.
13. Kamphuis HC, de Leeuw JR, Derksen R, et al. Implantable cardioverter defibrillator recipients: quality of life in recipients with and without ICD shock delivery: a prospective study. *Europace*. 2003;5: 381-9. [https://doi.org/10.1016/s1099-5129\(03\)00078-3](https://doi.org/10.1016/s1099-5129(03)00078-3).
14. Reddy VY, Reynolds MR, Neuzil P, et al. Prophylactic catheter ablation for the prevention of defibrillator therapy. *N Engl J Med*. 2007;357: 2657-2665. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa065457>.
15. Pandian J, Kaur D, Yalagudri S, et al. Safety and efficacy of epicardial approach to catheter ablation of ventricular tachycardia - An institutional experience. *Indian Heart J*. 2017; 69 (2): 170-175. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2016.10.010>.

16. Михайлов ЕН, Гасимова НЗ, Айвазян СА, и др. Факторы, ассоциированные с эффективностью радиочастотной катетерной абляции фибрилляции предсердий: мнение специалистов, применяющих технологию «Индекс Абляции». Вестник аритмологии. 2020;27(3): 9-24. [Mikhaylov EN, Gasimova NZ, Ayvazyan SA, et al. Factors associated with the efficacy of atrial fibrillation radiofrequency catheter ablation: opinion of the specialists who use the “ablation index” module. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(3): 9-24. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2020-3-9-24>.
17. Артюхина ЕА, Сатинбаев ЗИ. Катетерная абляция с использованием технологии «индекс абляции». *Анналы аритмологии*. 2022;19(1): 32-38. [Artyukhina, EA, Satinbaev ZI Catheter ablation using the “ablation index” technology. *Annals of Arrhythmology*. 2022;19(1): 32-38 (In Russ)] <https://doi.org/10.15275/annaritmology.2022.1.5>.
18. Liu Z, Liu L-f, Liu X-q, et al. Ablation index-guided ablation with milder targets for atrial fibrillation: Comparison between high power and low power ablation. *Cardiovasc. Med*. 2022;9:949918. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.949918>
19. Qin X, Jiang X, Yuan Q, et al. Optimal ablation index parameters for radiofrequency ablation therapy of atrial fibrillation. *Pak J Med Sci*. 2022;38(3): 632-638. <https://doi.org/10.12669/pjms.38.3.4971>.
20. Sciacca V, Vogler J, Eitel C, et al. Ablation index-guided catheter ablation of incessant ventricular tachycardia originating from the anterolateral papillary muscle. *Clin Res Cardiol*. 2022;111(5): 588-591. <https://doi.org/10.1007/s00392-021-01923-x>.
21. Younis A, Zilberman I, Yavin H, et al. Utility and Limitations of Ablation Index for Guiding Therapy in Ventricular Myocardium. *JACC Clin Electrophysiol*. 2023;9(8 Pt 3): 1668-1680. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2023.03.02>.
22. Pothineni NVK, Garcia FC, Santangeli P. Radiofrequency Ablation Strategies for Intramural Ventricular Arrhythmias. *Methodist Debaque Cardiovasc J*. 2021;17(1): 8-12. <https://doi.org/10.14797/PEYF3776>.
23. Nazarian S, Bluemke DA, Lardo AC, et al. Magnetic resonance assessment of the substrate for inducible ventricular tachycardia in nonischemic cardiomyopathy. *Circulation*. 2005;112(18): 2821-2825. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.549659>.
24. Guandalini GS, Liang JJ, Marchlinski FE. Ventricular Tachycardia Ablation: Past, Present, and Future Perspectives. *JACC Clin Electrophysiol*. 2019;5(12): 1363-1383. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2019.09.015>.
25. Королев СВ, Артюхина ЕА, Шабанов ВВ, и др. Сравнительная оценка результатов проспективного регистра радиочастотной абляции высокой мощности желудочковых нарушений ритма у пациентов с ишемической болезнью сердца. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. 2023;18(1): 28-35. [Korolev SV, Artyukhina EA, Shabanov VV, et al. Comparative evaluation of the results of a prospective registry of high-power radiofrequency ablation of ventricular arrhythmia in patients with coronary heart disease. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center N. I. Pirogov*. 2023;18(1): 28-35 (In Russ)] https://doi.org/10.25881/20728255_2023_18_1_28.
26. Королев СВ, Артюхина ЕА, Шабанов ВВ, и др. Радиочастотная абляция высокой мощности при лечении желудочковых тахикардий у пациентов со структурной патологией сердца: результаты одного года наблюдения многоцентрового проспективного регистра. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2023;27(2): 66-73. [Korolev SV, Artyukhina EA, Shabanov VV, et al. High-power radiofrequency ablation for ventricular tachycardia in patients with structural heart disease: one-year follow-up data from the multicenter prospective registry. *Circulatory pathology and cardiac surgery*. 2023;27(2): 66-73 (In Russ)] <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2023-2-66-73>.
27. Philips T, Taghji P, El Haddad M et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the ‘CLOSE’-protocol. *Europace*. 2018;20(3): f419-f427. <https://doi.org/10.1093/europace/eux376>.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕХЛЕТНЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ ABLATION INDEX И КРИОБАЛЛОНА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.Н.Азизов¹, Р.Д.Хузиахметов¹, В.В.Ляшенко², В.А.Белов¹, А.Т.Коженев³

¹ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г.Суханова» МЗ РФ, Россия, Пермь, ул. Маршала Жукова, д. 35; ²ФГБУ «Федеральный центр высоких медицинских технологий» МЗ РФ, Россия, Калининград, Калининградское шоссе, д.4; ³ГБУЗ «Городская клиническая больница №15 им О.М.Филатова Департамента здравоохранения города Москвы», Россия, Москва, ул. Вешняковская, д. 23.

Цель. Сравнить непосредственные и отдаленные результаты катетерного лечения фибрилляции предсердий (ФП) после криобаллонной абляции (КБА) легочных вен (ЛВ) с использованием криобаллона второго поколения и радиочастотной абляции (РЧА) ЛВ вен на навигационной системе с катетером с датчиком давления «катетер-ткань» с использованием модуля Ablation Index (AI).

Материал и методы исследования. В исследование были включены 199 пациентов, направленных на процедуру катетерной изоляции ЛВ в период 2018-2021 гг. Пациенты были распределены на две группы: исследуемая группа - 110 пациентов, у которых изоляция ЛВ достигалась путем РЧА с помощью катетера с модулем AI; контрольная группа - 89 пациентов, подвергшиеся КБА ЛВ криобаллоном второго поколения. Период наблюдения был ограничен 36 месяцами, средний период наблюдения составил 27,9±14,2 месяцев.

Результаты. Трехлетняя эффективность КБА и РЧА ЛВ является сопоставимой (свобода от предсердных тахикардий в группе РЧА - 0,61±0,05, в группе КБА - 0,62±0,05, (Log-Rank test, p = 0,896)) при сходной частоте и структуре осложнений (3,6% (4) vs. 4,5 (4), p=0,759). Частота рецидивов ФП в «слепом» периоде достоверно ниже в группе РЧА (1,8% (2) vs. 9,0% (8) в группе КБА, p=0,045). Длительность оперативного вмешательства значительно меньше в группе криоабляции (РЧА 92,7±20,9 мин, КБА 83,9±19,6 мин, p=0,005). Потребность в повторном оперативном вмешательстве сопоставима для обеих групп (РЧА 21,8% (n=24), КБА 30,3% (n=27), p=0,171).

Заключение. Сравнительный анализ трехлетней эффективности радиочастотной антральной изоляции легочных вен катетером с использованием модуля AI продемонстрировал сопоставимость результатов с аблацией криобаллоном второго поколения. При этом в «слепом» периоде наблюдения группа РЧА характеризовалась статистически значимым снижением частоты рецидивов предсердной тахикардии по сравнению с группой КБА.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; катетерная абляция; радиочастотная абляция; криобаллонная абляция; легочные вены

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 04.04.2025 **Исправленная версия получена:** 08.07.2025 **Принята к публикации:** 30.07.2025

Ответственный за переписку: Азизов Сардор Норматович, E-mail: azizov.s89@mail.ru

С.Н.Азизов - ORCID ID 0009-0006-1678-9175, Р.Д.Хузиахметов - ORCID ID 0009-0001-2835-9571, В.В.Ляшенко - ORCID ID 0000-0002-8501-4801, В.А.Белов - ORCID ID 0000-0002-0945-8208, А.Т.Коженев - ORCID ID 0009-0005-1750-1586

Для цитирования: Азизов СН, Хузиахметов РД, Ляшенко ВВ, Белов ВА, Коженев АТ. Сравнительный анализ трехлетней эффективности катетерной абляции фибрилляции предсердий с использованием модуля ablation index и криобаллона второго поколения. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 37-44. <https://doi.org/10.35336/VA-1504>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE-YEAR EFFICACY OF CATHETER ABLATION OF ATRIAL FIBRILLATION USING THE ABLATION INDEX MODULE AND THE SECOND-GENERATION CRYOBALLOON

S.N.Azizov¹, R.D.Khuziakhmetov¹, V.V.Lyashenko², V.A.Belov¹, A.T.Kozhenov³

¹FSBI «Federal Center of Cardiovascular Surgery named after S.G.Sukhanov» of the MH RF, Russia, Perm, 35 Marshal Zhukov str.; ²FSBI «Federal Center of High Medical Technologies» of the MH RF, Russia, Kaliningrad, 4 Kaliningradskoye Shosse; ³SBI «Municipal Clinical Hospital No.15 named after O.M.Filatov» of Department of Health of Moscow, Russia, Moscow, 23 Veshnyakovskaya str.

Aim. To compare immediate and long-term outcomes of catheter-based atrial fibrillation (AF) treatment following pulmonary vein (PV) cryoballoon ablation (CBA) using the second-generation cryoballoon and PV radiofrequency ablation (RFA) performed on the navigation system using the contact force-sensing catheter with the AI module.

Methods. The study included 199 patients referred for PV isolation between 2018 and 2021. Patients were divided into two groups: the study group (n=110) underwent PV isolation via RFA using the catheter with the AI module; the control group (n=89) underwent PV CBA using the second-generation cryoballoon. The follow-up period was limited to 36 months, with a mean follow-up of 27.9 ± 14.2 months.

Results. The three-year efficacy of CBA and RFA using the AI module was comparable (freedom from atrial tachyarrhythmias: RFA group 0.61 ± 0.05 , CBA group 0.62 ± 0.05 (Log-Rank test, $p = 0.896$)), with similar complication rates and profiles (3.6% (n=4) vs. 4.5% (n=4), $p=0.759$). The AF recurrence rate during the blanking period was significantly lower in the RFA group using the AI module (1.8% (n=2) vs. 9.0% (n=8) in the CBA group, $p=0.045$). Procedure duration was significantly shorter in the cryoablation group (RFA 92.7 ± 20.9 min, CBA 83.9 ± 19.6 min, $p=0.005$). The need for repeat intervention was comparable between groups (RFA 21.8% (n=24), CBA 30.3% (n=27), $p=0.171$).

Conclusion. Comparative analysis of the three-year efficacy of radiofrequency antral pulmonary vein isolation using the catheter with the “Ablation Index” (AI) module demonstrated results comparable to ablation with the second-generation cryoballoon. Furthermore, during the blanking period, the RFA group showed a statistically significant reduction in AF recurrence compared to the CBA group.

Key words: atrial fibrillation; catheter ablation; radiofrequency ablation; cryoballoon ablation; pulmonary veins

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 04.04.2025 **Revision Received:** 08.07.2025 **Accepted:** 30.07.2025

Corresponding Author: Azizov Sardor, E-mail: azizov.s89@mail.ru

S.N.Azizov - ORCID ID 0009-0006-1678-9175, R.D.Khuziakhmetov - ORCID ID 0009-0001-2835-9571, V.V.Lyashenko - ORCID ID 0000-0002-8501-4801, V.A.Belov - ORCID ID 0000-0002-0945-8208, A.T.Kozhenov - ORCID ID 0009-0005-1750-1586

For citation: Azizov SN, Khuziakhmetov RD, Lyashenko VV, Belov VA, Kozhenov AT. Comparative analysis of three-year efficacy of catheter ablation of atrial fibrillation using the ablation index module and the second-generation cryoballoon. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 37-44. <https://doi.org/10.35336/VA-1504>.

Электрическая изоляция легочных вен (ЛВ) является основной целью инвазивного лечения фибрилляции предсердий (ФП) [1]. В настоящее время наиболее распространенными катетерными методами электрической изоляции ЛВ являются радиочастотная (РЧ) и криобаллонная аблации (КБА). Результаты большинства исследований продемонстрировали сопоставимую эффективность между указанными методами [2-4]. Однако, согласно представленным данным, катетерная аблация выполнялась с помощью орошаемых катетеров с датчиком давления «катетер-ткань» без использования модуля «Ablation Index» (AI, Индекс аблации; Biosense Webster, США). AI - технология автоматического определения степени аблационного поражения, которое вычисляется на основе анализа трех основных параметров: силы контакта катетера, времени воздействия и мощности аблации [5]. Достоверность числовых значений AI в определении глубины поражения в области воздействия катетера на эндокардиальную ткань предсердий была продемонстрирована в экспериментальных исследованиях на собаках [6-7]. Это дало потенциальную возможность при использовании трехмерной системы Carto 3 (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) контролировать глубину повреждения предсердной ткани во время катетерной аблации, а также снизить риски осложнений, ассоциированных с оперативным вмешательством [8-10].

В дальнейшем были продемонстрированы результаты многих исследований, где проводилось сравнение эффективности РЧ аблации (РЧА) с применением модуля AI и без него. В большинстве из них свобода от

предсердных тахикардий была достоверно выше при использовании модуля AI [9, 11-13]. Таким образом, у методики РЧА появился дополнительный инструмент, позволяющий повысить эффективность лечения ФП. С учетом вышеописанных фактов, целью данного исследования было сравнение эффективности лечения ФП между криобаллонной и РЧ изоляцией ЛВ, где криоаблация выполнялась баллоном Arctic Front Advance (Medtronic, США), РЧА - катетером с датчиком давления «катетер-ткань» SmartTouch (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) с использованием модуля AI.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование были последовательно включены 199 пациентов, направленные на процедуру катетерной изоляции ЛВ в период 2018-2021 гг. Пациенты были распределены на две группы: исследуемая группа - 110 пациентов, у которых изоляция ЛВ достигалась путем РЧА с помощью катетера SmartTouch с технологией Ablation Index; контрольная группа - 89 пациентов, подвергшиеся изоляции ЛВ криобаллоном второго поколения Arctic Front Advance. Распределение в группы было основано на наличии расходного материала на момент выполнения катетерного вмешательства.

В качестве первичной конечной точки исследования изучалась свобода от любых предсердных тахикардий (ФП, трепетание предсердий, предсердная тахикардия) в отдаленном послеоперационном периоде (срок наблюдения до 36 месяцев). Вторичными конечными точками являлись: рецидив предсердных тахикардий в

«слепом» периоде (первые 3 месяца после оперативного вмешательства), количество и структура осложнений, длительность операции, частота повторных аблаций.

Оценка первичной конечной точки основывалась на отсутствии симптомных или бессимптомных предсердных тахикардий продолжительностью более 30 секунд. Нарушения ритма в «слепом» периоде не учитывались как рецидив при оценке отдаленной эффективности оперативного вмешательства. Фиксация рецидивов аритмии проводилась с помощью холтеровского мониторирования, данных имплантируемых устройств (электрокардиостимуляторов), анализа медицинской документации.

Вторичные конечные точки оценивались на основании данных медицинской документации (длительность операции, частота повторных катетерных вмешательств), жалоб, клинического состояния пациента, данных инструментальных и лабораторных методов исследования (интра- и послеоперационные осложнения).

Собранные данные пациентов были обезличены и обрабатывались в специальной базе без учета персональных данных. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании, а также на процедуру аблации ФП в соответствии с действующими рекомендациями.

Таблица 1.

Клиническая характеристика групп пациентов

Характеристика	Группа РЧА AI (n=110)	Группа КБА (n=89)	P
Средний возраст, лет	64,4±7,4	62,7±7,5	0,145
Пол (м/ж), %	48,2/51,8	46,1/53,9	0,766
Индекс массы тела, кг/м ²	30,9±4,9	29,7±4,8	0,136
Пароксизмальная ФП, %	76,4	70,8	0,373
Персистирующая ФП, %	23,6	29,2	
ОНМК*, %	5,5	4,5	0,758
Ишемическая болезнь сердца, %	35,5	32,6	0,671
Инфаркт миокарда, %	7,3	5,6	0,639
Сахарный диабет, %	8,2	10,1	0,637
Гипертоническая болезнь, %	93,6	92,1	0,783
Имплантация ЭКС*, %	11,8	7,9	0,478
Реваскуляризация миокарда*, %	11,8	11,2	0,898
КДО ЛЖ, мл	96,8 ± 25,9	90,6 ± 20,1	0,085
ФВ ЛЖ, %	55,2±6,1	55,8±6,3	0,589
Объем ЛП (ТТ-ЭхоКГ), мл	73,9±24,5	70,2±18,2	0,458
ИОЛП (ТТ-ЭхоКГ), мл/м ²	38,0±11,2	36,9±8,9	0,738
МЖП, мм	13,2±3,3	13,6±2,4	0,086
ЗСЛЖ, мм	12,5±3,5	12,5±1,9	0,556
МР 0 степени, %	33	28,1	0,224
МР I степени, %	50,5	61,8	
МР II степени, %	16,5	10,1	
Р систол. ЛА, мм рт.ст.	37,9±7,3	35,7±7,5	0,163
Р средн. ЛА, мм рт.ст.	20,8±8,2	20,5±6,5	0,907
Объем ЛП (МСКТ), мл	112,9±28,5	116,8±27,9	0,415
ИОЛП (МСКТ), мл/м ²	57,8±15,1	60,5±15,1	0,288

Примечания: здесь и далее РЧА AI - радиочастотная абляция легочных вен с использованием модуля Ablation Index; КБА - криобаллонная изоляция легочных вен; ФП - фибрилляция предсердий; ОНМК - острое нарушение мозгового кровообращения; * - в анамнезе; ЭКС - электрокардиостимулятор; КДО - конечный диастолический объем; ЛЖ - левый желудочек; ФВ - фракция выброса; ЛП - левое предсердие; ТТ-ЭхоКГ - трансторакальная эхокардиография; ИОЛП - индекс объема ЛП; МЖП - толщина межжелудочковой перегородки; ЗСЛЖ - толщина задней стенки левого желудочка; МР - митральная регургитация; Р систол. ЛА и Р средн. ЛА - систолическое и среднее давление в легочной артерии; МСКТ - мультиспиральная компьютерная томография с внутривенным контрастированием.

Набор пациентов для участия в исследовании проводился по основному критерию включения: документированная на ЭКГ, симптомная пароксизмальная или персистирующая ФП. Критериями исключения были: предшествующая изоляция ЛВ, тромбоз полостей сердца, нарушение функции щитовидной железы, необходимость хирургии клапанов или сосудов сердца, невозможность принимать пероральные антикоагулянты; тяжелые нарушения функции почек и печени. Клиническая характеристика пациентов по группам приведена в табл. 1.

В протокол предоперационной подготовки входило выполнение всем пациентам мультиспиральной компьютерной томографии левого предсердия и ЛВ с внутривенным контрастированием. При наличии коллектора ЛВ или диаметре устьев ЛВ более 28 мм пациентам выполнялась РЧА антральная изоляция ЛВ. Пациентам старше 40 лет выполнялась коронарография.

Радиочастотная и криобаллонная абляция

Все операции выполнялись под местной анестезией. После канюляции бедренной вены под рентген-контролем осуществлялся трансептальный доступ (двукратный в группе исследования при выполнении РЧА, однократный в контрольной группе при выполнении криобаллонной изоляции ЛВ).

РЧА антральная изоляция ЛВ проводилась стандартно с использованием навигационной системы Carto 3 (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США) катетером с контролем усилия ThermoCool SmartTouch с использованием модулей VisiTag и Ablation Index (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США). Точки аблации аннотировались автоматиче-

чески в соответствии со следующими параметрами: максимальное смещение стандартного отклонения катетера - 3 мм, минимальное время сохранения устойчивости - 3 секунды, диапазон силы контакта катетера - от 4 до 40 г. Размер абляционных точек - 6 мм, расстояние между двумя соседними точками - не более 6 мм. Для верификации изоляции ЛВ был использован циркулярный катетер Lasso (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США). Параметры РЧ-воздействия: мощность 45 Вт для всех участков левого предсердия, орошение 2 мл/мин без абляции, 30 мл/мин во время абляции, целевой индекс абляции 400-420 на задней стенке и 460-500 для других участков левого предсердия.

Для криобаллонной изоляции ЛВ использовался криобаллон второго поколения Arctic Front Advance 28 мм (Medtronic, США) с верификацией блока входа и выхода ЛВ циркулярным диагностическим электродом Achieve (Medtronic, США). Криоабляция выполнялась после достижения полной окклюзии баллоном просвета ЛВ (по данным ангиографии). Длительность одного воздействия не превышала 240 секунд. Для контроля функции диафрагмального нерва при изоляции правых ЛВ проводилась стимуляция диафрагмального нерва.

Отсутствие потенциалов ЛВ на полюсах циркулярного электрода Achieve, достигнутое менее чем за 75 секунд, отсутствие тока контраста из ЛВ во время криовоздействия являлись целевыми интраоперационными показателями эффективной изоляции. При достижении целевых показателей во время абляции дополнительные воздействия не проводились.

Послеоперационный период и контрольное наблюдение

В раннем послеоперационном периоде всем пациентам выполнялась эхокардиография и холтеровское мониторирование. Контрольные осмотры с обязательным проведением холтеровского мониторирования ЭКГ проводились через 3, 6 и 12 месяцев, а затем каждые 6 месяцев после хирургического лечения. Через 3 месяца после операции в случае отсутствия рецидива нарушений ритма отменялась антиаритмическая терапия. Анализ принимаемых пациентом антиаритмических препаратов до и после операции в нашем исследовании не проводился.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась в программе IBM SPSS Statistics v.27. Параметрические данные оценивались на нормальность распределения, их сравнение в дальнейшем проводилось при помощи t-критерия Стьюдента или критерия Манна-Уитни. Сравнение непараметрических данных проводилось в зависимости от количества событий при помощи точного критерия Фишера или Хи-квадрата Пирсона. Свобода от предсердных тахикардий определялась путем анализа выживаемости методом Каплана-Мейера. Статистическая значимость связи с факторами при анализе выживаемо-

сти проводилась при помощи Log-Rank test Мантила-Кокса. Уровень различий считался достоверным при $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Интраоперационные данные

В рамках исследования длительность флюорокопии и левопредсердного этапа не оценивались, поскольку данные не были отражены в протоколах операции в контрольной группе. Общая продолжительность операции была достоверно ниже в исследуемой группе (табл. 2). Интраоперационно острая изоляция всех ЛВ была достигнута у всех пациентов обеих групп.

Послеоперационные данные

Средний период наблюдения составил $27,9 \pm 14,2$ месяцев. К 36 месяцу под наблюдением осталось 54 пациента из 89 (число пациентов с зарегистрированной предсердной тахикардией 34, один из пациентов выбыл из исследования) в контрольной группе и 61 пациент из 110 (число пациентов с зарегистрированной предсердной тахикардией 41, число пациентов, выбывших из исследования, 8) в группе исследования.

В течение «слепого» периода рецидив ФП был зарегистрирован у 8 пациентов в контрольной группе и 2 пациентов в группе исследования. Частота рецидивов в «слепо» периоде и распределение их по форме ФП представлена в табл. 2. В группе, где проводилось РЧА с использованием модуля AI, частота рецидивов в «слепо» периоде достоверно ниже в сравнении с контрольной группой. Анализ выживаемости по Каплан-Мейеру показал, что свобода от предсердных тахикардий в контрольной группе составила $0,62 \pm 0,05$, в исследуемой - $0,61 \pm 0,05$ (Log-Rank test, $p = 0,896$) (рис. 1). Также была выполнена сравнительная оценка свободы от предсердных тахикардий методом Каплана-Мейера для подгрупп с пароксизмальной ($0,69 \pm 0,06$ в группе КБА, $0,60 \pm 0,06$ в группе РЧА ЛВ с модулем AI, Log-Rank test, $p = 0,400$) (рис. 2) и персистирующей форм ФП ($0,42 \pm 0,09$ в группе КБА, $0,61 \pm 0,09$ в группе РЧА ЛВ с модулем AI, Log-Rank test, $p = 0,173$) (рис. 3). Статистически значимой разницы в свободе от предсердных тахикардий за период

Таблица 2.

Непосредственные и отдаленные результаты катетерного лечения фибрилляции предсердий

	Группа РЧА AI (n=110)	Группа КБА (n=89)	P
Продолжительность операции, мин	92,7 $\pm$ 20,9	83,9 $\pm$ 19,6	0,005
Наличие осложнений, n (%)	4 (3,6)	4 (4,5)	0,759
Рецидивы тахикардий			
В «слепо» периоде, n (%)	2 (1,8)	8 (9,0)	0,045
Общее количество, n (%)	43 (39,1)	34 (38,2)	0,898
При пароксизмальной ФП, n (%)	33 (39,3)	19 (30,2)	0,252
При персистирующей ФП, n (%)	10 (38,5)	15 (57,7)	0,165
Повторные вмешательства по поводу тахикардии			
Всего пациентов, n (%)	24 (21,8)	27 (30,3)	0,171
Вмешательств на 1 пациента	0,26 $\pm$ 0,55	0,37 $\pm$ 0,65	0,179

наблюдения между двумя исследуемыми группами и их подгруппами не получено.

Повторная абляция

Не было выявлено статистически достоверной разницы по частоте повторных вмешательств между исследуемой и контрольной группами. Осложнений, повлекших летальный исход либо потребовавших дополнительного инвазивного вмешательства, не было зарегистрировано ни в одной из групп. У 4 (4,5%) пациентов в контрольной группе и у 4 (3,6%) пациентов в исследуемой группе были зарегистрированы такие виды осложнений, как выпот в перикардальную полость до 10 мм (по 1 случаю в каждой группе), либо постпункционная гематома (по 3 случая в каждой группе) без достижения достоверной разницы по частоте и структуре осложнений ($p=0,759$).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе исследования были получены следующие результаты: 1) трехлетняя эффективность криобаллонной изоляции и РЧА антральной изоляции ЛВ с исполь-

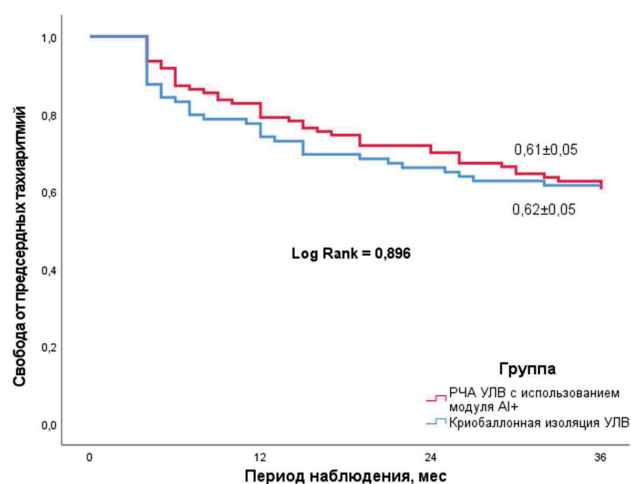


Рис. 1. Общая свобода от предсердных тахикартий за 36 месяцев наблюдения. Здесь и далее РЧА - радиочастотная абляция; УЛВ - устья легочных вен; AI+ - модуль Ablation Index.

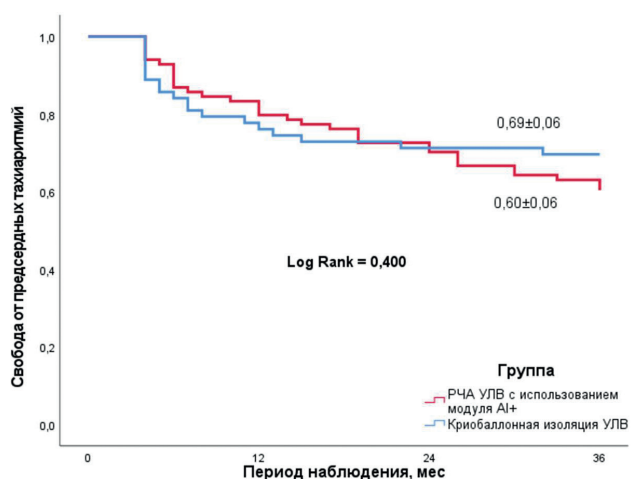


Рис. 2. Общая свобода от предсердных тахикартий при пароксизмальной форме ФП за 36 месяцев наблюдения.

зованием модуля AI является сопоставимой; 2) частота рецидивов в «слепом» периоде достоверно ниже в группе РЧА; 3) длительность оперативного вмешательства значимо меньше в группе КБА; 4) потребность в повторном оперативном вмешательстве сопоставима для обеих групп.

Сравнению эффективности методов криобаллонной изоляции и РЧА антральной изоляции ЛВ посвящено множество работ. В этих исследованиях инструменты, которыми была выполнена методика криобаллонной или РЧА, имели различные вариации, включая баллоны первого или второго поколения, абляционные катетеры с наличием или без датчика давления. Поскольку с момента первого появления катетеры проходили процедуру технологического совершенствования, в каждом последующем исследовании проводилось сравнение последних модификаций катетеров для описанных методик.

Наиболее известное из исследований, посвященных прямому сравнению КБА и РЧА - многоцентровое рандомизированное исследование FIRE and ICE. По данным этого исследования не было статистически достоверной разницы в достижении первичной конечной точки (первый задокументированный рецидив ФП > 30 секунд, задокументированное возникновение трепетания предсердий или предсердной тахикардии, назначение антиаритмических препаратов или повторная абляция ФП после 90-дневного «слепого периода») между РЧА и КБА в отдаленном периоде наблюдения [4].

Однако, в результате проведенного дополнительного анализа авторами данного исследования было выявлено, что у пациентов, получавших лечение с помощью КБА, встречаемость таких событий как повторная абляция, частота электрической кардиоверсии (ЭКВ), число повторных госпитализаций по любой причине и повторных госпитализаций по сердечно-сосудистым заболеваниям были значительно ниже в сравнении с РЧА [14]. Но, к сожалению, в данном исследовании не делался упор на то, каким типом катетеров была выполнена РЧА: помимо РЧА катетеров с датчиком давления были использованы и катетеры «без», а при выполнении КБА были использованы баллоны разных поколений.

Похожая исследовательская работа была проведена и отечественными авторами: при выполнении РЧА был использован катетер с датчиком давления SmartTouch (Biosense Webster, Johnson & Johnson, США), а в случае с криобаллонной методикой - баллоны первой генерации Arctic Front и второй генерации Arctic Front Advance (Medtronic, США) [15]. Авторы также не получили достоверной разницы в отдаленной эффективности между двумя методами, но частота повторных операций в отличие от исследования К.Н.Кук et al. (2016) была сопоставимой [14, 15].

В последующем были проведены исследования, которые учитывали технологическое усовершенствование РЧ и криобаллонных катетеров и включали для сравнения с баллоном второго поколения только катетеры с датчиком давления [2, 16]. Так, T.J.Buist et al. (2018) сравнили криобаллон второго поколения и РЧ катетер с датчиком давления в контексте свободы от рецидива предсердных аритмий и восстановления проведения в

ЛВ после первичного вмешательства, а также рассмотрели частоту выполненных повторных операций при рецидиве предсердных тахикардий. Результаты, полученные авторами, продемонстрировали также преимущество КБА: свобода от предсердных аритмий после однократной процедуры была значительно выше при КБА по сравнению с РЧА, количество повторных процедур абляции было достоверно меньше в группе КБА, а частота электрической реконнекции ЛВ была значительно ниже после воздействия криобаллона по сравнению с РЧА при проведении повторной абляции [16].

Еще одно исследование, которое старалось определить преимущества той или иной методики, взяв за основу сравнение баллона второй генерации с РЧ катетерами с датчиком давления и «без» него, было проведено W.Maskoun et al. (2021) [17]. Авторами была продемонстрирована статистически достоверная более высокая эффективность КБА в долгосрочной свободе от предсердных аритмий в сравнении с РЧА с датчиком давления и «без» у пациентов с пароксизмальной формой ФП. А также частота повторных абляций была ниже в группе КБА. По результатам еще одного исследования долгосрочная эффективность между КБА и РЧА была сопоставимой, но при этом авторы не проводили анализ таких параметров, как частота выполненных повторных вмешательств, количество госпитализаций и количество ЭКВ в «слепом» периоде исследования [18].

Таким образом, в большинстве исследований свобода от предсердных тахикардий после КБА баллоном второго поколения была сопоставима с РЧА с использованием катетеров с датчиком давления, а в некоторых случаях даже выше [2,16-18]. При этом необходимость повторной абляции и ЭКВ выше в группе РЧА [16-17].

При изучении литературы не удалось найти исследовательские работы, посвященные сравнению КБА и РЧА с применением AI. Большинство работ проводили сравнение эффективности РЧА изоляции ЛВ с применением модуля AI и без. При изучении результатов исследований выявлено, что в большинстве из них свобода от предсердных тахикардий была достоверно выше при использовании модуля AI при сопоставимом профиле безопасности [9, 11-13]. Таким образом, была продемонстрирована эффективность применения данного модуля. Потенциальные результаты катетерной изоляции ЛВ с его использованием могли быть по некоторым показателям лучше КБА. В нашем исследовании, где при использовании катетеров с датчиком давления дополнительно была применена опция модуля AI, достоверной разницы между двумя методами в сравнительном анализе долгосрочной эффективности (свобода от рецидива предсердных тахикардий) не было получено. Однако, при анализе вторичных конечных точек исследования, таких как частота повторных операций, и частота рецидивов в «слепом» периоде, получены результаты, которые не соответствуют данным вышеописанных исследований.

Потребность в повторном интервенционном вмешательстве оказалась одинаковой для обеих групп (в группе РЧА - 21,8% (24) vs. 30,3% (27) в группе КБА,

$p=0,171$), а частота рецидивов в «слепом» периоде была достоверно выше в группе КБА (в группе КБА 9,0% (8) vs. 1,8% (2) в группе РЧА, $p=0,045$). Таким образом, те преимущества КБА (меньшее количество повторных операций, потребность в ЭКВ в «слепом» периоде исследования) которые были описаны в предыдущих крупных исследованиях [14, 16-17], что потенциально делало КБА более предпочтительной методикой, были частично нивелированы. В исследовании не удалось достоверно посчитать количество выполненных ЭКВ при рецидиве ФП в «слепом» периоде, однако, предполагаем, что частота рецидивов в «слепом» периоде косвенно может отражать и частоту выполненных ЭКВ. Зачастую более высокую или сопоставимую эффективность КБА в долгосрочной свободе от ФП, а также меньшую частоту повторных операций, большинство авторов исследований связывало с более стойкой долгосрочной изоляцией ЛВ после КБА и меньшим количеством их реконнекций в сравнении с РЧА, что было подтверждено и другими крупными исследованиями [16, 17, 19-21].

Создание и использование модуля AI привело к стандартизации методики РЧА, при которой у оператора появилась возможность выполнять РЧА по четко заданной линии с пониманием целевых значений AI, необходимых для трансмурального повреждения предсердной ткани, достижения изоляции ЛВ с минимальным риском реконнекции. Достоверность числовых значений AI в определении глубины поражения в области воздействия катетера на эндокардиальную ткань предсердий была продемонстрирована в экспериментальных исследованиях на собаках [6-7].

Относительно длительности операции, результаты совпадают с данными вышеописанных исследований, и криоабляция выполняется быстрее. На текущий момент катетеры с датчиком давления имеют ограничение по мощности, поэтому для достижения целевого AI в каждой точке абляции требуется время, которые также зависит от силы контакта. При этом изоляция ЛВ при КБА часто достигается однократным воздействием криобаллона в каждой ЛВ.

Ориентируясь на результаты исследования, предполагаем, что появление модуля AI дало достаточно

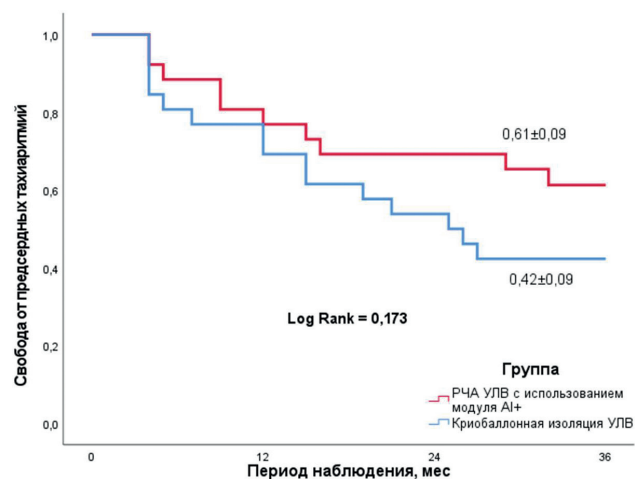


Рис. 3. Общая свобода от предсердных тахикардий при персистирующей форме ФП за 36 месяцев наблюдения.

весомый дополнительный инструмент, позволяющий улучшить результаты катетерного лечения ФП без необходимости серьезных инженерных изменений в конструкции самого РЧ катетера. А также сделать его сопоставимым с КБА по таким показателям, как долгосрочная свобода от предсердных тахикардий, частота проведения повторных абляций и частота рецидивов в «слепом» периоде (что косвенно может быть показателем частоты выполненных ЭКВ). К сожалению, в исследовании не проводилась оценка количества рецидивов предсердных тахикардий при проведении повторных абляций, частоты ЭКВ в «слепом» периоде, и провести достоверный сравнительный анализ между двумя методами не предоставляется возможным. Данная тематика требует дальнейшего изучения и проведения более крупных исследований.

Ограничения исследования

Наше исследование имеет несколько ключевых ограничений. Не проводилась имплантация петлевых

регистраторов для диагностики предсердных тахикардий. Фиксация рецидивов ФП в послеоперационном периоде осуществлялась путем холтеровского мониторинга, данных имплантируемых устройств (электрокардиостимуляторов), анализа медицинской документации; нерандомизированный одноцентровый характер исследования; отсутствие учета медикаментозной терапии в послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ трехлетней эффективности радиочастотной антральной изоляции легочных вен катетером с использованием модуля «Ablation Index» продемонстрировал сопоставимость результатов с криобаллонной абляцией криобаллоном второго поколения. При этом в «слепом» периоде наблюдения группа РЧА характеризовалась статистически значимым снижением частоты рецидивов предсердной тахикардии по сравнению с группой КБА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Van Gelder IC, Rienstra M, Bunting KV, et al.; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2024;45(36): 3314-3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>.
2. Squara F, Zhao A, Marijon E, et al. Comparison between radiofrequency with contact force-sensing and second-generation cryoballoon for paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation: A multicentre european evaluation. *Europace*. 2015;17: 718-724. <https://doi.org/10.1093/europace/euv060>.
3. Jourda F, Providencia R, Marijon E, et al. Contact-force guided radiofrequency vs. Second-generation balloon cryotherapy for pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation-a prospective evaluation. *Europace*. 2015;17: 225-231. <https://doi.org/10.1093/europace/euu215>.
4. Kuck KH, Brugada J, Furnkranz A, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2016;374: 2235-2245. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1602014>.
5. Михайлов ЕН, Гасимова НЗ, Айвазян СА, и др. Факторы, ассоциированные с эффективностью радиочастотной катетерной абляции фибрилляции предсердий: мнение специалистов, применяющих технологию «индекс абляции». *Вестник аритмологии*. 2020;27(3): 9-24. [Mikhaylov EN, Gasimova NZ, Ayvazyan SA, et al. Factors associated with the efficacy of atrial fibrillation radiofrequency catheter ablation: opinion of the cialists who use the "ablation index" module. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(3): 9-24. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.35336/VA-2020-3-9-24>.
6. Nakagawa H., Ikeda A., Govari A., et al. Prospective study to test the ability to create RF lesions at predicted depth and diameter using a new formula incorporating contact force, radiofrequency power and application time (force-power-time index) in the beating canine heart. *Heart Rhythm*. 2014;11: S548.
7. Das M, Loveday JJ, Wynn GJ, et al. Ablation index, a novel marker of ablation lesion quality: prediction of pulmonary vein reconnection at repeat electrophysiology study and regional differences in target values. *Europace*. 2017;19: 775- 83. <https://doi.org/10.1093/europace/euw105>.
8. Ullah W, Hunter RJ, Finlay MC, et al. Ablation Index and Surround Flow Catheter Irrigation: Impedance-Based Appraisal in Clinical Ablation. *JACC Clin Electrophysiol*. 2017;3(10): 1080-1088. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.03.011>.
9. Hussein A, Das M, Chaturvedi V, et al. Prospective use of Ablation Index targets improves clinical outcomes following ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2017;28(9): 1037- 1047. <https://doi.org/10.1111/jce.13281>.
10. Philips T, Taghji P, El Haddad M, et al. Improving procedural and oneyear outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol. *Europace*. 2018;20(FI_3): f419-f427. <https://doi.org/10.1093/europace/eux376>.
11. Solimene F, Schillaci V, Shopova G, et al. Safety and efficacy of atrial fibrillation ablation guided by ablation index module. *J Interv Card Electrophysiol*. 2019;54: 9-15.
12. Casella M, Dello Russo A, Riva S, et al. An ablation index operator-independent approach to improve efficacy in atrial fibrillation ablation at 24-month follow-up: a single center experience. *J Interv Card Electrophysiol*. 2019;57: 241-9.
13. Ioannou A, Papageorgiou N, Lim WY, et al. Efficacy and safety of ablation index-guided catheter ablation for atrial fibrillation: an updated meta-analysis. *Europace*. 2020;22: 1659-1671.
14. Kuck KH, Furnkranz A, Chun KR, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: reintervention, rehospitalization, and quality-of-life outcomes in the FIRE AND ICE trial. *European heart journal*. 2016;37(38): 2858-65.
15. Чичкова ТЮ, Мамчур СЕ, Иваницкий ЭА, и др. Сравнение эффективности радиочастотной и криоа-

- блации фибрилляции предсердий на основании опыта двух центров. *Вестник аритмологии*. 2017;(88):30-35. [Chichkova T.Yu., Mamchur S.E., Ivanitsky E.A., et al. Comparison of effectiveness of radiofrequency ablation and cryoablation of atrial fibrillation based on the experience of two clinical centers. *Journal of Arrhythmology*. 2017;(88): 30-35. (In Russ.)].
16. Buist, TJ, Adiyaman A, Smit JJJ, et al. Arrhythmia-free survival and pulmonary vein reconnection patterns after second-generation cryoballoon and contact-force radiofrequency pulmonary vein isolation. *Clin Res Cardiol*. 2018;107: 498-506. <https://doi.org/10.1007/s00392-018-1211-9>.
17. Maskoun W, Abualsuod A, Habash F, et al. Cryoballoon vs radiofrequency ablation of atrial fibrillation: insights from the Veterans Healthcare System. *J Interv Card Electrophysiol*. 2021;62: 531-538. <https://doi.org/10.1007/s10840-020-00927-3>.
18. Matta M, Anselmino M, Ferraris F, Scaglione M, Gaita F. Cryoballoon vs. radiofrequency contact force ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a propensity score analysis. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2018;19(4): 141-147. <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000633>.
19. Reddy VY, Sediva L, Petru J, et al. Durability of pulmonary vein isolation with cryoballoon ablation: results from the sustained PV isolation with arctic front advance (SUPIR) study. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2015;26: 493-500.
20. Aryana A, Singh SM, Mugnai G, et al. Pulmonary vein reconnection following catheter ablation of atrial fibrillation using the second-generation cryoballoon versus open-irrigated radiofrequency: results of a multicenter analysis. *J Interv Card Electrophysiol*. 2016;47(3): 341-348. <https://doi.org/10.1007/s10840-016-0172-z>.
21. Andrade JG, Khairy P, Dubuc M. Catheter cryoablation: biology and clinical uses. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2013;6(1): 218-27. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.112.973651>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1509><https://elibrary.ru/LGAOJF>

ВЛИЯНИЕ ПРЕДСЕРДНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА РИСК РАЗВИТИЯ ПРЕДСЕРДНЫХ ТАХИАРИТМИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДВУХКАМЕРНЫМИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРАМИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

И.Б.Лукин, Д.В.Федерякин, Д.Ю.Гридякина, М.Х.Караагач

ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» МЗ РФ, Россия, Тверь, ул. Советская, д. 4.

Цель. Оценить влияние предсердной стимуляции (atrial pacing, AP) на развитие предсердных экстрасистол (ПЭС) и эпизодов наджелудочковой тахикардии у пациентов с двухкамерными электрокардиостимуляторами (ЭКС).

Материал и методы исследования. В исследование включены 97 пациентов, перенесших имплантацию двухкамерных ЭКС. Проведен анализ 169 контрольных осмотров в период от 1 до 20 месяцев после операции. Оценивались показатели предсердной стимуляции, групповые ПЭС и эпизоды наджелудочковой тахикардии. Исходные данные обрабатывались в Microsoft Excel и Access, статистический анализ проведён в Jupyter Notebook (Python 3.x).

Результаты. Установлена умеренная положительная корреляция между ПЭС и эпизодами наджелудочковой тахикардии ($p=0,623$, $p<0,001$). В группе AP $\geq 91\%$ отмечено снижение частоты наджелудочковой тахикардии (предсердной тахикардии / фибрилляции предсердий) продолжительностью более 24 часов ($p=0,060$). Логистическая регрессия показала значимое снижение риска наджелудочковой тахикардии продолжительностью более 24 часов при AP 51-90% (отношение рисков 0,31, $p=0,002$).

Заключение. Высокий уровень предсердной стимуляции может снижать риск длительных эпизодов наджелудочковой тахикардии, однако влияние предсердной стимуляции ЭКС на эпизоды ПЭС не достигло статистической значимости.

Ключевые слова: электрокардиостимуляция; предсердная стимуляция; фибрилляция предсердий; предсердная экстрасистолия; двухкамерный ЭКС.

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 16.04.2025 **Исправленная версия получена:** 18.07.2025 **Принята к публикации:** 06.08.2025

Ответственный за переписку: Лукин Илья Борисович, E-mail: prlukin@gmail.com

И.Б.Лукин - ORCID ID 0000-0003-1871-2754, Д.В.Федерякин - ORCID ID 0000-0003-0993-5315, Д.Ю.Гридякина - ORCID ID 0009-0007-3510-2102, М.Х.Караагач - ORCID ID 0009-0004-5420-601X

Для цитирования: Лукин ИБ, Федерякин ДВ, Гридякина ДЮ, Караагач МХ. Влияние предсердной стимуляции на риск развития предсердных тахикардий у пациентов с двухкамерными электрокардиостимуляторами: пилотное исследование. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 45-50. <https://doi.org/10.35336/VA-1509>.

THE EFFECT OF ATRIAL PACING ON THE RISK OF ATRIAL TACHYARRHYTHMIAS IN PATIENTS WITH DUAL-CHAMBER CARDIAC PACEMAKERS: A PILOT STUDY

I.B.Lukin, D.V.Federiakin, D.Iu.Gridiakina, M.H.Karaagach

FSBI «Tver State Medical University» of the MH RF, Russia, Tver, 4 Sovetskaya str.

Aim. To evaluate the effect of atrial pacing (AP) on the development of atrial extrasystoles and episodes of supraventricular tachycardia in patients with dual-chamber cardiac pacemakers.

Methods. The study included 97 patients who underwent implantation of dual-chamber cardiac pacemakers. The analysis of 169 control examinations in the period from 1 to 20 months after surgery was carried out. The parameters of atrial stimulation, group atrial extrasystoles, and episodes of supraventricular tachycardia were evaluated. The initial data was processed in Microsoft Excel and Access, statistical analysis was performed in Jupyter Notebook (Python 3.x).

Results. A moderate positive correlation was established between atrial extrasystoles and episodes of supraventricular tachycardia ($p=0.623$, $p<0.001$). In the AP group $\geq 91\%$, there was a decrease in the frequency of AT/AF >24 hours ($p=0.060$). Logistic regression showed a significant reduction in the risk of AT/AF >24 hours with AP 51 - 90% (odds ratio 0.31, $p=0.002$).

Conclusion. High level of atrial stimulation may reduce the risk of prolonged episodes of supraventricular tachycardia, however, the effect of atrial stimulation of cardiac pacemaker on episodes of atrial extrasystoles has not reached statistical significance.

Key words: electrocardiostimulation; atrial stimulation; atrial fibrillation; atrial extrasystole; dual-chamber pacemaker; cardiac pacemaker.

Conflict of interest: none.

Funding: none.

Received: 16.04.2025 **Revision Received:** 18.07.2025 **Accepted:** 06.08.2025

Corresponding Author: Lukin Ilya, E-mail: prlukin@gmail.com

I.B.Lukin - ORCID ID 0000-0003-1871-2754, D.V.Federiakin - ORCID ID 0000-0003-0993-5315, D.Iu.Gridiakina - ORCID ID 0009-0007-3510-2102, M.H.Karaagach ORCID ID 0009-0004-5420-601X

For citation: Lukin IB, Federiakin DV, Gridiakina DIu, Karaagach MH. The effect of atrial pacing on the risk of atrial tachyarrhythmias in patients with dual-chamber cardiac pacemakers: a pilot study. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 45-50. <https://doi.org/10.35336/VA-1509>.

Фибрилляция предсердий (ФП) является одним из наиболее распространенных видов нарушений ритма сердца, встречающихся у пациентов с имплантированными ЭКС. У пациентов с ФП увеличивается риск развития таких серьезных осложнений, как инсульт, сердечная недостаточность, а также возрастает риск смерти от всех причин. При этом именно длительные эпизоды ФП (продолжительностью более 24 часов) в наибольшей степени ассоциируются с риском развития инсульта [1].

Согласно данным Европейского общества кардиологов, риск развития ФП у пациентов с атриовентрикулярной (АВ) блокадой и дисфункцией синусового узла (ДСУ) увеличивается при недостаточной стимуляции предсердий [1]. Введение алгоритмов адаптивной предсердной стимуляции является одним из способов профилактики нарушений ритма и предотвращения развития длительных эпизодов ФП [2-4].

Несмотря на значительный объем исследований, влияние предсердной стимуляции (atrial pacing, AP) на риск ФП остается предметом дискуссий. С одной стороны, AP способствует улучшению гемодинамики, синхронизации работы предсердий и желудочков и предотвращению патологического ремоделирования миокарда [5]. С другой стороны, чрезмерная AP может способствовать индукции предсердных экстрасистол (ПЭС), что, в свою очередь, увеличивает вероятность развития ФП [6, 7]. Ранее мы публиковали наши данные о работе алгоритмов профилактики суправентрикулярных тахикардий у пациентов с имплантированными кардиостимуляторами [8]. Целью настоящего исследования является оценка влияния AP на риск развития ФП и ПЭС у пациентов, перенесших имплантацию двухкамерных ЭКС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дизайн исследования

Настоящее исследование представляет собой ретроспективный когортный анализ, проведенный на базе клиники Тверского государственного медицинского университета. В исследование включены пациенты, перенесшие имплантацию двухкамерных ЭКС в

период с января 2022 по август 2024 года, с установленной базовой частотой стимуляции 60 уд/мин.

Критерии включения:

- имплантация двухкамерного ЭКС;
- доступные данные об AP;
- период наблюдения не менее 1 месяца.

Критерии исключения:

- пациенты с сердечной ресинхронизирующей терапией и кардиовертерами-дефибрилляторами;
- недостаток данных о предсердных тахикардиях (ПТ) и/или ФП, AP ЭКС;
- пациенты с постоянной формой ФП;
- пациенты с тяжелыми структурными заболеваниями сердца, требующими хирургической коррекции;
- пациенты с выполненной катетерной аблацией ПТ до включения в исследование или в период наблюдения.

Информация об антиаритмической и иной медикаментозной терапии не включалась в анализ. Существенные различия между группами по клиническим характеристикам, способные повлиять на результаты, не предполагались.

Оценка AP и наличия эпизодов наджелудочковых тахикардий проводилась на основании данных, полученных с помощью программатора Medtronic. В программаторах Medtronic наджелудочковые тахикардии обозначаются как ПТ/ФП, поэтому в рамках данного исследования также используется обозначение ПТ/ФП. Анализировались показатели доли AP (%), количество групповых ПЭС и частота эпизодов ПТ/ФП длительностью не более 24 часов и более 24 часов (ПТ/ФП $\leq$ 24 и ПТ/ФП>24, соответственно).

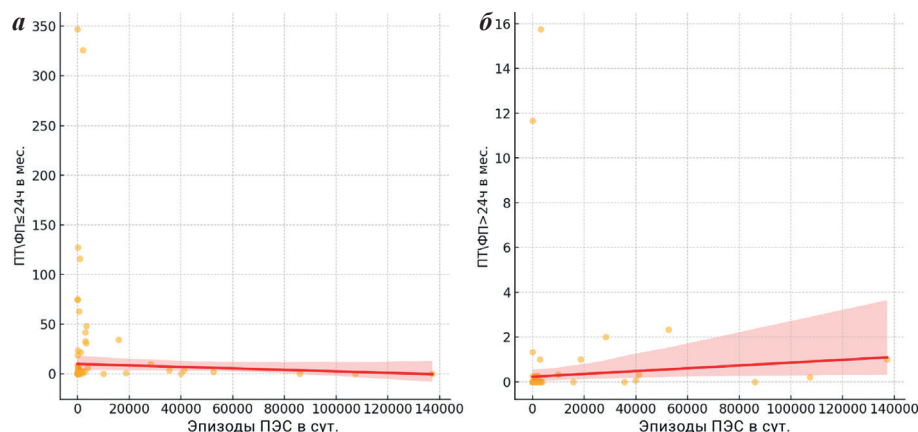


Рис. 1. Анализ зависимости ПЭС* и ПТ/ФП продолжительностью не более 24 часов (а) и более 24 часов (б). Здесь и далее ПЭС - групповые предсердные экстрасистолы, * - необходимо учитывать, что программатор оценивает число ПЭС и на фоне ФП, ПТ/ФП - наджелудочковые тахикардии.

Количество групповых ПЭС оценивалось в сутки по формуле:

Количество эпизодов ПЭС в сутки =

$$\frac{\text{Количество эпизодов ПЭС за период наблюдения}}{\text{Период наблюдения, сут.}}$$

Количество эпизодов ПТ/ФП длительностью не более 24 часов и более 24 часов оценивалось в перерасчете на количество эпизодов в месяц. Перерасчет производился по формуле:

Количество ПТ/ФП в месяц =

$$\frac{\text{Количество ПТ/ФП в месяц} \times 30}{\text{Период наблюдения, сут.}}$$

Оценка одиночных ПЭС не проводилась, поскольку в программаторе указанной модели отсутствующая функция.

Первым этапом оценивалось влияние ПЭС на развитие эпизодов ПТ/ФП длительностью не более 24 часов и более 24 часов. Вторым этапом - влияние предсердной стимуляции на количество зарегистрированных эпизодов групповых ПЭС и на развитие ПТ/ФП ≤ 24 и ПТ/ФП > 24 . Далее пациентов разделили на 3 группы в

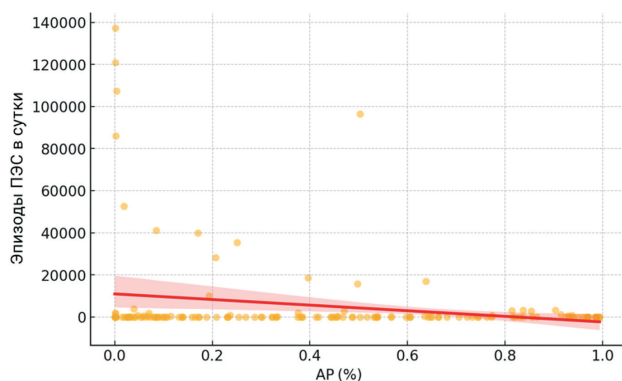


Рис. 2. Анализ зависимости предсердной стимуляции и эпизодов предсердной экстрасистолии. Здесь и далее AP - предсердная стимуляция.

Дата/Время	Длит-ть чч:мм:сс	Приостанов....	Частота (уд./мин)	
			Макс. П	Макс. Ж
10.03.2025 15:32	17:20:12	Приостанов....	> 400	183

Эпизоды высокой Ж частоты: 0

Стимуляция (% от общего):		Счетчики событий	
П. стим.	< 0,1%	Одиночные ЖЭС	23
Ж стим.	60,1%	Пробежки ЖЭС	1
Reduced VP+	Вкл	Пробежки ПЭС	79659

Рис. 3. Данные отчета с программатора пациента Е. (объяснения в тексте).

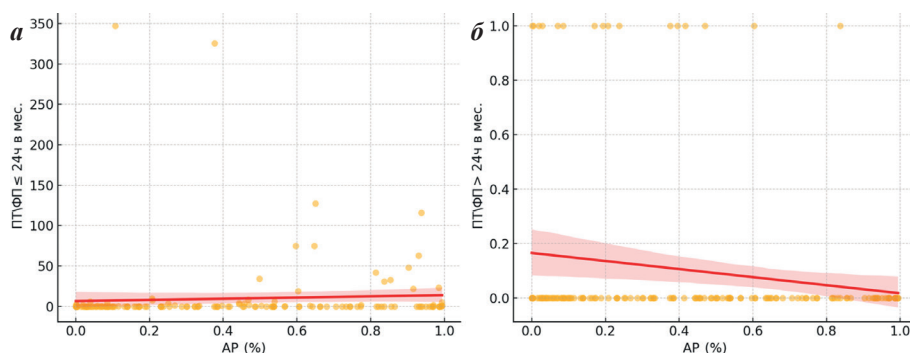


Рис. 4. Анализ зависимости предсердной стимуляции и ПТ/ФП продолжительностью не более 24 часов (а) и более 24 часов (б).

зависимости от процента AP: 0-50%, 51-90%, 91-100% (AP 0-50%, AP 51-90%, AP 91-100% соответственно) и оценили влияние AP на количество эпизодов ПЭС в сутки, ПТ/ФП ≤ 24 и ПТ/ФП > 24 в месяц в каждой группе.

Статистический анализ

Обработка данных пациентов проводилась с использованием программ Microsoft Access и Excel. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения Jupyter Notebook (Python 3.x). Категориальные переменные сравнивались с использованием критерия хи-квадрат (χ^2), количественные - с применением t-критерия Стьюдента или критерия Манна-Уитни. Корреляционный анализ проводился с применением коэффициента Спирмена (ρ). Для оценки предикторов ПТ/ФП использовалась логистическая регрессия. Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Общая характеристика выборки

В исследование включены 97 пациентов, из них 44,3% - мужчины. Средний возраст на момент операции составил $68,8 \pm 14,3$ лет. В 32% случаев имплантировался ЭКС Medtronic DR, в 68% - Vitatron. Средний период наблюдения составил $6,68 \pm 4,42$ месяцев (от 1 до 20 мес.). Показания к имплантации ЭКС распределялись следующим образом: АВ-блокада - 33,0% пациентов ($n=32$), ДСУ - у 21,6% ($n=21$), сочетание АВ блокады и ДСУ - у 44,3% ($n=44$). Пароксизмальная форма ФП в анамнезе диагностирована у 33,0% пациентов.

Связь эпизодов ПЭС и ПТ/ФП

На рис. 1 представлен проведенный корреляционный анализ, который показал умеренную положительную связь между частотой групповых ПЭС и эпизодами ПТ/ФП, зарегистрированными при анализе данных ЭКС. Коэффициент Спирмена $\rho = 0,623$ ($p < 0,001$) свидетельствует об умеренной положительной связи между эпизодами ПЭС в сутки и кратковременных эпизодов ПТ/ФП ≤ 24 , а $\rho = 0,443$ ($p < 0,001$) указывает на умеренную положительную связь между эпизодами ПЭС в сутки и длительных эпизодов ПТ/ФП > 24 , причем оба результата имеют высокую статистическую достоверность, что подтверждает ассоциацию увеличения частоты групповых ПЭС с возрастанием вероятности возникновения ПТ/ФП, однако менее выраженная связь с длительными эпизодами (более 24 часов) может свидетельствовать о влиянии дополнительных факторов, способствующих хронизации аритмии. Эти результаты подтверждают гипотезу о значении контроля предсердной активности и своевременной коррекции ПЭС у пациентов с двухкамерными ЭКС, что может способствовать снижению риска развития клинически значимых эпизодов ПТ/ФП.

Анализ влияния AP на эпизоды ПЭС

На рис. 2 представлена диаграмма рассеяния, демонстрирующая зависимость между уровнем AP и частотой эпизодов ПЭС в сутки: коэф-

коэффициент Спирмена $\rho = -0,067$ ($p=0,752$) свидетельствует об отсутствии значимой связи. Линейная регрессия (красная линия) показывает тренд к слабому снижению количества эпизодов ПЭС при увеличении предсердной стимуляции, однако не достигает статистической значимости. Высокий разброс значений, особенно при низких уровнях АР, свидетельствует о наличии значительной вариабельности среди пациентов. Отсутствие выраженного линейного тренда, что подтверждается низким коэффициентом детерминации $R^2=4,6\%$, указывает на слабую объясняющую способность модели. Это говорит о необходимости увеличения выборки и учета дополнительных параметров для более точной оценки влияния АР на ПЭС.

Обращает на себя внимание тот факт, что у некоторых пациентов по данным программатора регистрируется достаточно большое количество «групповых ПЭС» – более 100000 эпизодов в сутки. При детальном изучении данного вопроса обнаружилось, что это связано с алгоритмами регистрации ПЭС, т. к. такое большое количество ПЭС обнаруживалось у пациентов в период ФП. На рис. 3 продемонстрированы данные с программатора пациента Е. во время пароксизма ФП. За 17 часов 20 минут наблюдения зарегистрировано 79659 эпизодов ПЭС, что в перерасчете на сутки составляет более 110000 эпизодов в сутки. При этом в течение всего времени наблюдения регистрировалась ФП. По данным суточного монитора электрокардиограммы в этот же временной период также регистрировалась ФП. Данная ситуация, несомненно, свидетельствует о некоторых ограничениях в отношении регистрации ПЭС по данным программатора.

Анализ влияния АР на развитие ПТ/ФП

На рис. 4 представлены графики зависимости АР и частоты эпизодов наджелудочковых тахикардий в месяц. На рис. 4а (ПТ/ФП ≤ 24) отсутствует выраженная линейная зависимость между АР и кратковременными эпизодами ПТ/ФП, при этом линия регрессии демонстрирует слабую тенденцию к снижению частоты ПТ/ФП ≤ 24 при увеличении предсердной стимуляции, однако этот эффект выражен незначительно. Коэффициент Спирмена: $\rho = -0,087$, $p = 0,324$ (статистически незначимо). Высокий разброс значений свидетельствует о вариативности данных и возможном влиянии допол-

нительных факторов. Отсутствие четкой зависимости кратковременных эпизодов ПТ/ФП от процента АР может свидетельствовать о преобладании других факторов в механизме их возникновения или недостаточной выборке пациентов.

На рис. 4б (ПТ/ФП >24) обнаружена негативная корреляция между АР и частотой эпизодов ПТ/ФП >24 . Линия регрессии демонстрирует умеренно выраженное снижение частоты длительных эпизодов ПТ/ФП при увеличении АР. Коэффициент Спирмена: $\rho = -0,312$, $p=0,002$ (статистически значимо). При этом высокий уровень предсердной стимуляции (АР $\geq 91\%$) демонстрирует тенденцию к снижению риска длительных эпизодов ПТ/ФП, что подтверждается статистически значимой корреляцией ($\rho = -0,312$, $p=0,002$).

Анализ различий между группами в зависимости от уровня АР

На рис. 5 представлены данные сравнительного анализа групп пациентов, разделенных по уровню АР в отношении групповых ПЭС, эпизодов ПТ/ФП ≤ 24 и ПТ/ФП >24 . Для оценки различий использован критерий Краскела-Уоллиса. Количество эпизодов ПЭС в сутки не демонстрирует значимой зависимости от уровня АР ($H=0,57$, $p=0,752$, различия между группами статистически незначимы). Это подтверждает отсутствие четко-го влияния АР на ПЭС в исследуемой выборке.

ПТ/ФП ≤ 24 показывает тенденцию к увеличению при возрастании уровня АР, но различия между группами не достигают статистической значимости ($H=4,27$, $p=0,118$). Это может свидетельствовать о том, что кратковременные эпизоды ПТ/ФП менее чувствительны к изменению уровня АР. ПТ/ФП >24 демонстрирует тенденцию к снижению в группе АР91-100%, однако $p>0,05$ ($H=5,62$, $p=0,060$), что может указывать на возможный защитный эффект высокой доли АР в предотвращении длительных эпизодов ПТ/ФП. Вместе с тем, статистическая значимость не достигнута, что требует дальнейшего изучения на расширенной выборке.

Анализ влияния АР на риск длительной ПТ/ФП по результатам Firth логистической регрессии

Для оценки влияния АР на риск возникновения длительных эпизодов ПТ/ФП была проведена Firth ло-

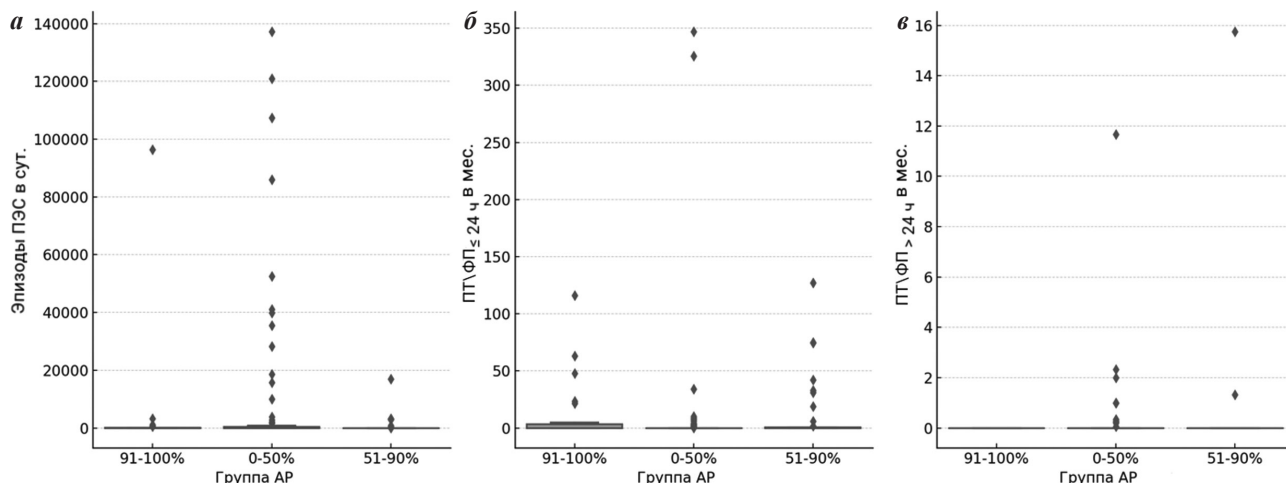


Рис. 5. Сравнительный анализ частоты групповых ПЭС (а), ПТ/ФП продолжительностью не более 24 часов (б) и более 24 часов (в) в зависимости от уровня АР (АР 0-50%, АР 51-90%, АР 91-100%).

гистическая регрессия. График предсказанных вероятностей демонстрирует снижение риска ПТ/ФП>24 при увеличении АР, причем в группе АР 91-100% вероятность ПТ/ФП>24 минимальна (рис. 6). Группа АР 51-90% (по сравнению с референсной группой АР 0-50%): коэффициент $\beta = -1,154$, $p = 0,002$ (статистически значимо). Относительный риск 0,31 свидетельствует о значительном снижении вероятности ПТ/ФП>24, что подтверждает защитный эффект умеренной АР. Группа АР 91-100% (по сравнению с референсной группой АР 0-50%): коэффициент $\beta = -6,052$, $p = 0,151$ (статистически не значимо). Наблюдается существенное снижение риска ПТ/ФП>24. Высокий уровень АР также ассоциирован с минимальным риском ПТ/ФП>24, однако, из-за небольшой выборки результат не достиг статистической значимости.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты демонстрируют, что высокий уровень АР может снижать риск развития длительных (>24 ч) эпизодов наджелудочковой тахикардии, однако его влияние на ПЭС не значимо. Эти данные согласуются с результатами исследований B.L.Wilkoff et al. (2003), где было показано, что сохранение синусового ритма при высоком проценте АР может уменьшать риск длительных эпизодов ФП [9].

Ранее проведенные работы указывают на потенциальные механизмы защитного эффекта АР. Например, J.B.Thambo et al. (2016) сообщили, что стимуляция предсердий способствует улучшению гемодинамики и уменьшению предсердного ремоделирования [7]. В то же время С.А.Morillo et al. (2021) отмечают, что чрезмерная предсердная стимуляция может провоцировать развитие аритмии у предрасположенных пациентов [10]. Наши результаты подтверждают эту двойственную роль предсердной стимуляции: в группе АР 51-90% было отмечено значительное снижение риска ПТ/

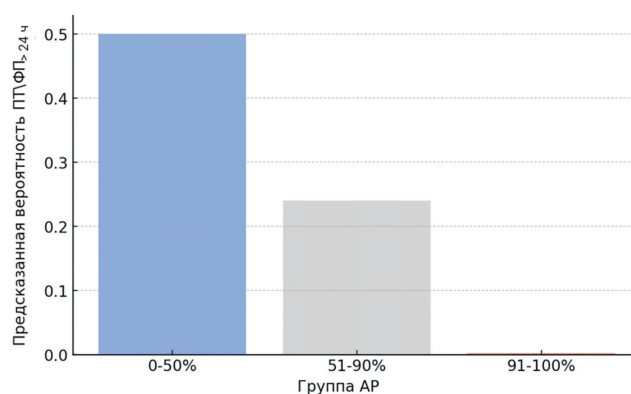


Рис. 6. Вероятность эпизодов ПТ/ФП>24ч в зависимости от уровня АР (результаты Firth логистической регрессии, 95% ДИ).

ФП>24 (отношение рисков 0,31, $p = 0,002$), тогда как в группе АР 91-100% значимость не была достигнута ($p = 0,060$), что может быть обусловлено малым объемом выборки.

Корреляционный анализ подтвердил наличие умеренной связи между ПЭС и эпизодами ПТ/ФП ($p = 0,623$, $p < 0,001$), что соответствует данным A.M.Gillis et al. (2017), где было показано, что предсердные экстрасистолы могут выступать в роли триггера для развития ФП [2]. Однако, несмотря на наличие этой связи, предсердная стимуляция не оказывала значимого влияния на частоту эпизодов групповых ПЭС ($p = 0,752$), что подтверждает гипотезу о многофакторной природе механизмов развития ПТ/ФП.

Ограничения исследования

Несмотря на полученные значимые результаты, исследование имеет ряд ограничений: ретроспективный дизайн не позволяет контролировать влияние дополнительных факторов в ходе исследования, ограниченный размер выборки для формирования окончательных выводов, отсутствие анализа сопутствующих факторов (наличие структурных заболеваний сердца, сопутствующая патология, антиаритмическая и иная медикаментозная терапия, объем левого предсердия, другие алгоритмы ЭКС и т.д.), относительно короткий период наблюдения не позволяет оценить отсроченные результаты.

Для подтверждения полученных данных и их практического применения необходимо проведение дальнейших исследований, включая: проспективные исследования с более длительным периодом наблюдения, анализ многофакторного влияния (включение в модель дополнительных параметров, таких как данные эхокардиографии, суточного мониторингирования электрокардиограммы, сопутствующую патологию и т.д.), исследование различных алгоритмов ЭКС (сравнение разных моделей кардиостимуляторов и их алгоритмов для оценки эффективности стимуляции в предотвращении ФП). Проведение таких исследований позволит более точно определить оптимальные параметры кардиостимуляции и разработать индивидуализированные подходы к программированию ЭКС для профилактики ФП у пациентов с различными кардиологическими патологиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно предположить, что предсердная стимуляция обладает потенциальным защитным эффектом против длительных эпизодов ПТ/ФП. Однако, для окончательного подтверждения необходимы дополнительные исследования с увеличенным объемом выборки и применением многофакторного анализа, учитывающего другие параметры, такие как объем левого предсердия, наличие сопутствующих кардиологических заболеваний и других алгоритмов ЭКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial

fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. European Heart Journal. 2021;42(5): 373-498 <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>.

2. Gillis AM, Morillo CA, Kus T, et al. Pacing and atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2017;14(4): 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.11.003>.
3. Gillis AM, Sutton R, Morillo CA, et al. Pacing mode and atrial fibrillation prevention. *Circulation*. 2019;140(14): 1030-1043. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONHA.118.037720>.
4. Sweeney MO, Bank AJ, Nsah E, et al. Atrial pacing and atrial fibrillation: Clinical outcomes. *Circulation*. 2018;137(8): 806-815. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONHA.117.031792>.
5. Carlson MD, Ip J, Messenger JC, et al. Long-term effects of atrial pacing on atrial fibrillation incidence. *Journal of the American College of Cardiology*. 2019;73(9): 1117-1126. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.12.036>.
6. Lamas GA, OrAB EJ, Stambler BS, et al. The Mode Selection Trial in Sinus Node Dysfunction. *New England Journal of Medicine*. 2002;347(24): 1837-1847. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa021328>.
7. Thambo JB, Ploux S, Labrousse L, et al. Atrial-based pacing strategies to prevent atrial fibrillation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2016;27(3): 351-359. <https://doi.org/10.1111/jce.12891>.
8. Лукин ИБ. Алгоритмы профилактики и лечения суправентрикулярной тахикардии у пациентов с имплантированными кардиостимуляторами: серия клинических случаев. *Вестник аритмологии*. 2022;29(4): e9-e14. [Lukin IB. Algorithms for the prevention and treatment of supraventricular tachycardia in patients with implanted pacemakers: case series. *Journal of Arrhythmology*. 2022;29(4): e9-e14 (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2022-4-12>.
9. Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, et al. Dual-chamber pacing and atrial fibrillation prevention. *Journal of the American College of Cardiology*. 2003;41(3): 432-438. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(02\)02720-9](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(02)02720-9).
10. Morillo CA, Connolly SJ, Pogue J, et al. Atrial pacing and atrial fibrillation: insights from clinical trials. *Europace*. 2021;23(2): 225-235. <https://doi.org/10.1093/europace/eaab231>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1506><https://elibrary.ru/NRVVMH>

СЛУЧАЙ ПРОСПЕКТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ РЕБЕНКА С ГЕНЕТИЧЕСКИ ПОДТВЕРЖДЕННЫМ
СИНДРОМОМ КЕРНСА-СЕЙРА И ИМПЛАНТИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОМ:
КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

А.Ю.Бокач, Н.С.Игембеков, Ж.Е.Серикова

*КГП «Многопрофильная больница №2 города Караганды» управления здравоохранения
Карагандинской области, Казахстан, Караганда, ул. Крылова, д.23.*

Представлен впервые зарегистрированный на территории Республики Казахстан клинический случай ребенка с редким митохондриальным заболеванием - синдромом Кернса-Сейра, у которого в связи с развитием полной атриовентрикулярной блокады был имплантирован электрокардиостимулятор. Обсуждаются вопросы диагностики и тактики ведения.

Ключевые слова: митохондриальная миопатия; выраженный неврологический дефицит; атриовентрикулярная блокада третьей степени; дети; имплантация электрокардиостимулятора у детей

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 06.04.2025 **Исправленная версия получена:** 23.05.2025 **Принята к публикации:** 08.07.2025

Ответственный за переписку: Серикова Жания Ертаргиновна, E-mail: m.zhaneka96@mail.ru

А.Ю.Бокач - ORCID ID 0009-0002-3058-6906, Н.С.Игембеков - ORCID ID 0009-0007-9974-8164, Ж.Е.Серикова - ORCID ID 0009-0008-3324-0066

Для цитирования: Бокач АЮ, Игембеков НС, Серикова ЖЕ. Случай проспективного наблюдения ребенка с генетически подтвержденным синдромом Кернса-Сейра и имплантированным электрокардиостимулятором: клиническое наблюдение. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 51-54. <https://doi.org/10.35336/VA-1506>.

FOLLOW-UP OF A CHILD WITH KEARNS-SAYRE SYNDROME AND IMPLANTED PACEMAKER:
A CASE REPORT

A.Y.Bokach, N.S.Igembekov, Zh.E.Serikova

Multi-profile hospital No.2 in Karaganda, Kazakhstan, Karaganda, 23 Krylova str.

A clinical case of a child with a rare mitochondrial disease, Kearns-Sayre syndrome, who had a pacemaker implanted due to the development of complete atrioventricular block, is presented for the first time in the Republic of Kazakhstan. The issues of complex diagnostics and management tactics are discussed.

Key words: mitochondrial myopathy; severe neurological deficit; atrioventricular block of the third degree in children; children; implantation of a pacemaker in children

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 06.04.2025 **Revision Received:** 23.05.2025 **Accepted:** 08.07.2025

Corresponding Author: Serikova Zhaniya, E-mail: m.zhaneka@mail.ru

A.Y.Bokach - ORCID ID 0009-0002-3058-6906, N.S.Igembekov - ORCID ID 0009-0007-9974-8164, Zh.E.Serikova - ORCID ID 0009-0008-3324-0066

For citation: Bokach AY, Igembekov NS, Serikova ZhE. Follow-up of a child with Kearns-Sayre syndrome and implanted pacemaker: a case report. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 51-54. <https://doi.org/10.35336/VA-1506>.

Синдром Кернса-Сейра (СКС) представляет собой редкую митохондриальную патологию, впервые описанную в 1958 году Томасом Кернсом и Джорджем Помероя Сейром в публикации «Пигментный ретинит, наружная офтальмоплегия и полная блокада сердца» [1]. Заболевание характеризуется классической триадой симптомов: дебют до 20 лет, хроничес-

кая прогрессирующая наружная офтальмоплегия и пигментная ретинопатия [2]. Существенной особенностью СКС является высокая частота нарушений проводящей системы сердца, что значительно влияет на прогноз заболевания.

Эпидемиологические данные свидетельствуют о распространённости синдрома на уровне 1-3 случая

на 100000-125000 населения [3-5]. Около 90% случаев СКС являются спорадическими и обусловлены крупными делециями митохондриальной ДНК размером от 1,1 до 10 килобаз. Наиболее часто встречается «стандартная делеция» - утрата 4977 пар нуклеотидов, на которую приходится более трети всех случаев заболевания [6, 7]. Этиологические факторы, вызывающие данные делеции, остаются невыясненными.

У пациентов с СКС часто выявляются нарушения проводимости сердца, варьирующие от удлинения интервала PR до полной атриовентрикулярной (АВ) блокады. Эти нарушения ассоциированы с высоким риском инсульта и внезапной сердечной смерти [4], что обуславливает необходимость своевременной имплантации электрокардиостимулятора (ЭКС). В настоящей статье представлен клинический случай имплантации ЭКС 10-летнему пациенту с СКС. Согласно литературным данным, с XX века на постсоветском пространстве описано менее 10 случаев данного синдрома. Описанный случай является первым документированным в Казахстане.

Пациент - мальчик 10 лет, рожденный от второй беременности. Первая беременность закончилась гибелью ребенка на первый день жизни вследствие сепсиса. Вторая беременность наступила через 6 месяцев, протекала на фоне преэклампсии с угрозой прерывания на протяжении большей части срока. Родился в 40 недель с массой 3550 г. и ростом 53 см. Наследственный анамнез со стороны отца включает системную красную волчанку у бабушки, тремор рук у тети и ее дочери; со стороны матери - неотягощен.

С 3 лет отмечались птоз век, снижение зрения, головные боли, шаткость при ходьбе, задержка психического и физического развития. С 8 лет - мышечная слабость, тремор конечностей. В 10 лет 11 месяцев развилась полная АВ блокада (рис. 1). Выполнена имплантация двухкамерного ЭКС с эндокардиальными электродами активной фиксации, корпус ЭКС установлен в левой подключичной области (рис. 2, 3). В плазме крови выявлены гипокалиемия, гипергликемия, повышение трансаминаз; уровень креатинфосфокиназы - в пределах нормы. По данным эхокардиографии фракция выброса левого желудочка (ЛЖ) составляла 50-54%, без других особенностей.

В 14 лет в рамках молекулярно-генетической диагностики методом ПЦР очень длинных фрагментов выявлена делеция около 7000 пар нуклеотидов в области 1650-16565 в гетероплазмическом состоянии (~70% мутантных копий), что подтвердило диагноз синдрома Кернса-Сейра.

В том же году пациент был экстренно госпитализирован в реанимацию с многократной рвотой со слизью, выраженной слабостью, заторможенностью, затрудненным дыханием и фебрилитетом 38,7 °С. При поступлении состояние оценено как кома I-II степени. Лабораторные данные: лактат 6,1 ммоль/л; выраженный лейкоцитоз с нейтрофилезом, лимфопения; Д-димер 4164,4 нг/мл; С-реактивный белок 12,75 мг/л; NT pro-BNP 17499,8 нг/мл; прокальцитонин 1,56 нг/мл; глюкоза 16,2 ммоль/л. Посев крови не выявил роста микрофлоры. Объективно - гиперемия зева, гнойная фолликулярная ангина. ЭКГ выявила фибрилляцию предсердий, пароксизмы неу-

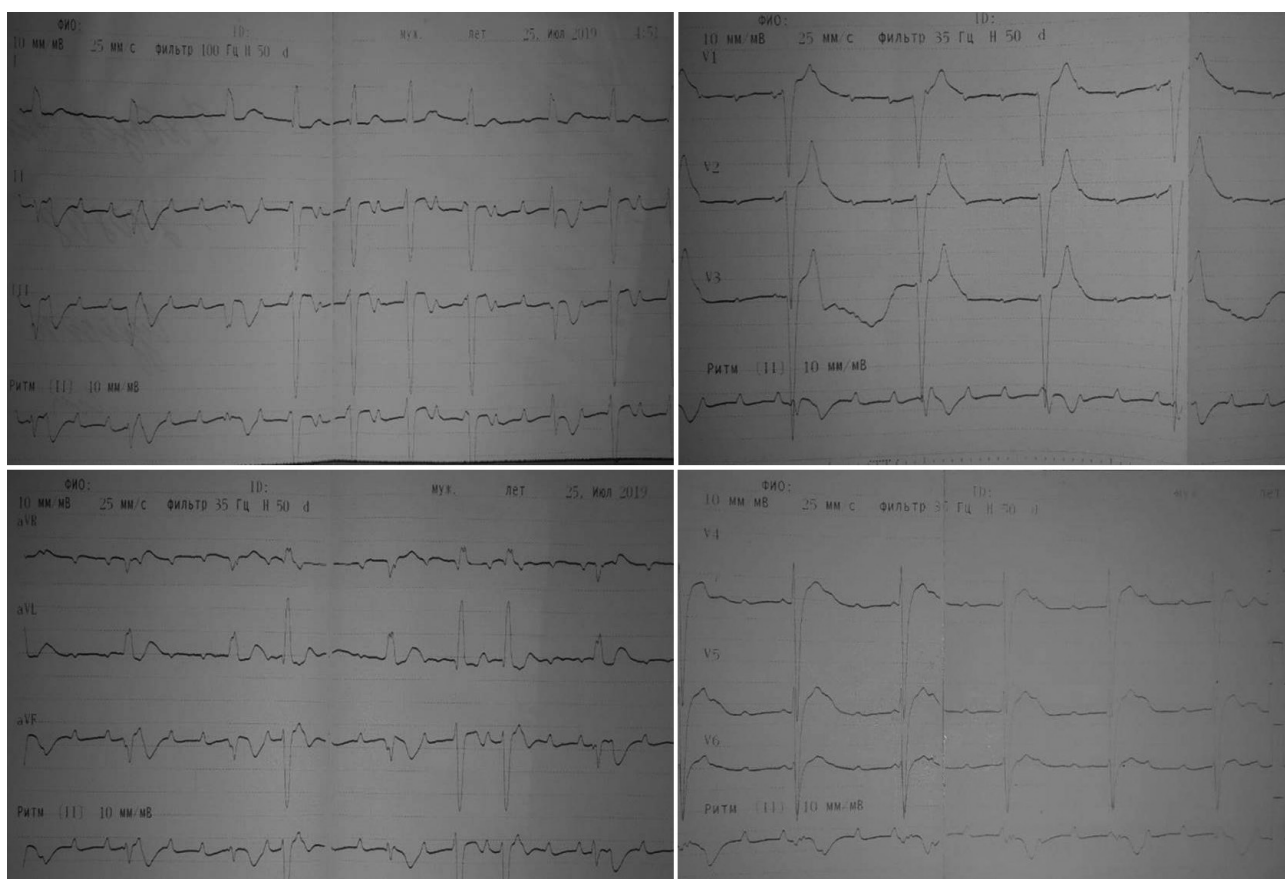


Рис. 1. Электрокардиограмма пациента с атриовентрикулярной блокадой III степени.

стойчивой желудочковой тахикардии. Отмечалось повышение порога стимуляции правого желудочка с эпизодом неэффективности стимуляции и минимальной ЧСС 46 уд/мин; после повышения амплитуды стимуляции - эффективное навязывание стимулов. Эхокардиография показала тяжелое диффузное снижение систолической функции ЛЖ (фракция выброса 20-25%), без расширения полостей сердца и без изменений клапанного аппарата. В условиях реанимации начата вазопрессорная, антибактериальная, дезинтоксикационная и гипогликемическая терапия. Предполагался инфекционно-токсический миокардит. Несмотря на лечение, прогрессировало ухудшение состояния, развилась остановка сердечной деятельности. Реанимация продолжалась 35 минут без эффекта. В возрасте 14 лет 11 месяцев пациент умер от нарастающей сердечно-сосудистой недостаточности. Родители отказались от патологоанатомического вскрытия.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Пациенты с СКС характеризуются повышенной восприимчивостью к инфекционным заболеваниям, обусловленной мультисистемным митохондриальным поражением и нарушением иммунного ответа.

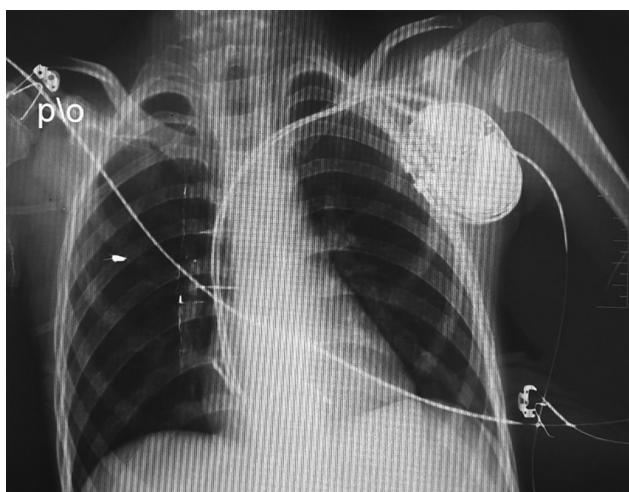


Рис. 2. Рентгенография органов грудной клетки пациента после имплантации ЭКС.

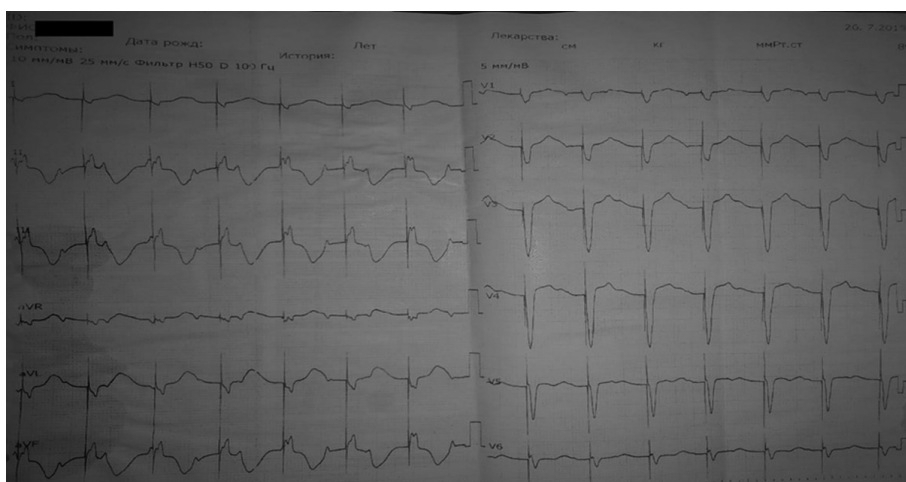


Рис. 3. Электрокардиограмма пациента после имплантации ЭКС.

В данном случае острый тонзиллит, вероятно, спровоцировал инфекционно-токсический миокардит, приведший к острой сердечной недостаточности и летальному исходу.

На сегодняшний день отсутствуют медикаментозные методы лечения митохондриальных заболеваний с высокой доказательной базой. Основные терапевтические стратегии направлены на снижение избыточной продукции свободных радикалов и повышение синтеза аденозинтрифосфата, что критично для улучшения митохондриального метаболизма и энергетического баланса клеток.

Наблюдение пациентов с митохондриальной патологией должно включать регулярное проведение ЭКГ, эхокардиографии, холтеровского мониторирования, аудиометрии и эндокринологического обследования [8], учитывая непредсказуемое течение заболевания и возможность прогрессирования АВ блокады [9].

С учётом высокого риска развития полной АВ блокады, желудочковых аритмий и внезапной сердечной смерти у пациентов с СКС необходимо рассмотреть имплантацию кардиовертера-дефибриллятора (ИКД) [10]. В описанном случае имплантация ЭКС была выполнена до генетического подтверждения диагноза. Первоначально ИКД не устанавливали из-за отсутствия чётких рекомендаций по первичной профилактике внезапной сердечной смерти у данной категории пациентов [11]. Телеметрия ЭКС не выявила жизнеугрожающих аритмий, фракция выброса ЛЖ сохранялась выше 40%, гипертрофия ЛЖ отсутствовала, что обусловило выбор ЭКС вместо ИКД [12].

По литературным данным, среди 15 детей с СКС, наблюдавшихся с 2007 по 2019 год, 11 получили имплантацию ЭКС, а одному с неустойчивой желудочковой тахикардией установлен ИКД. Средний возраст пациентов с нарушениями проводящей системы составил 13,7 года. Четверо умерли в возрасте $14,7 \pm 2,6$ года, однако внезапной смерти не зафиксировано. Двое умерли от сердечной недостаточности, в одном случае в сочетании с септическим шоком; дисфункция ЛЖ у этих пациентов развилась до имплантации ЭКС. Другие причины смерти включали панкреатит и неизвестные факторы [13]. Детали летальных исходов не описаны.

Современные подходы к ведению пациентов с СКС подчёркивают необходимость мультидисциплинарного наблюдения с участием кардиологов, генетиков, эндокринологов и неврологов. Ранняя диагностика и мониторинг позволяют своевременно выявлять прогрессирующие нарушения сердечной проводимости и предотвращать тяжёлые осложнения, включая внезапную сердечную смерть. Вопрос профилактической имплантации ИКД или устройств сердечной ресинхронизиру-

щей терапии с функцией дефибриллятора остаётся предметом исследований и требует дальнейшего клинического обоснования.

Родитель пациента подписал информированное согласие на публикацию данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациенты с СКС подвержены развитию и прогрессированию нарушений проводящей системы сердца, что требует регулярного и тщательного кар-

диологического мониторинга. Ранняя диагностика позволяет проводить частое ЭКГ и холтеровское мониторирование для своевременного принятия решения об имплантации ЭКС, ИКД или устройств сердечной ресинхронизирующей терапии с функцией дефибриллятора. На данный момент случаи профилактической имплантации данных устройств сразу после постановки диагноза СКС не описаны, что является актуальной проблемой для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kearns TP, Sayre GP. Retinitis pigmentosa, external ophthalmoplegia, and complete heart block: unusual syndrome with histologic study in one of two cases. *AMA Arch Ophthalmol.* 1958;60(2): 280-9.
2. Shemesh A, Margolin E. Kearns-Sayre Syndrome. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482341/>
3. Finsterer J. Kearns-Sayre Syndrome. Orpha.net. 2021-09-01. Available from: <https://www.orpha.net/en/disease/detail/480?name=ORPHA480&mode=orpha>
4. MedlinePlus [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US) National Library of Medicine 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894 U.S. Department of Health and Human Services National Institutes of Health. Last updated December 1, 2011. Available from: <https://medlineplus.gov/genetics/condition/kearns-sayre-syndrome/#frequency>
5. Zhu Q, Chen C, Yao J. Kearns-Sayre syndrome with a novel large-scale deletion: a case report. *BMC Ophthalmol.* 2022 Jan 24;22(1):35. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02224-7>.
6. Власенко СВ, Пономаренко ЕН, Кушнир ГМ, и др. Клинический случай синдрома Кернса-Сейра: диагностика, тактика лечения. *Нервно-мышечные болезни.* 2018;8(3): 51-57. [Vlasenko SV, Ponomarenko EN, Kushnir GM, et al. Clinical case study of Kearns-Sayre syndrome: diagnosis, methods of treatment. *Neuromuscular Diseases.* 2018;8(3):51-57. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2018-8-3-51-57>
7. Tsang SH, Aycinena ARP, Sharma T. Mitochondrial Disorder: Kearns-Sayre Syndrome. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1085: 161-162. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95046-4_30.
8. Saldaña-Martínez A, Muñoz ML, Pérez-Ramírez G, et al. Whole sequence of the mitochondrial DNA genome of Kearns Sayre Syndrome patients: Identification of deletions and variants. *Gene.* 2019;688: 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.11.085>.
9. Рашбаева ГС, Кабаев УТ, Абдрахманов АС, и др. Клинические протоколы Министерства здравоохранения Республики Казахстан, Нарушение проводимости сердца, 2014. Доступно из: <https://diseases.medelement.com/disease> [Rashbaeva GS, Kabaev UT, Abdrakhmanov AS, et al. Clinical protocols of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Cardiac conduction disorder, 2014. Available from: <https://diseases.medelement.com/disease> (In Russ.)].
10. Wiseman K, Gor D, Udongwo N, et al. Ventricular arrhythmias in Kearns-Sayre syndrome: A cohort study using the National Inpatient Sample database 2016-2019. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2022 Dec;45(12):1357-1363. <https://doi.org/10.1111/pace.14607>.
11. Kharbouch H, Boussaadani B, Fellat I, et al. Kearns Sayre syndrome: a rare etiology of complete atrioventricular block in children (case report). *Pan Afr Med J.* 2021;40: 154. <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.40.154.24281>.
12. Groh WJ, Bhakta D, Tomaselli GF et al. 2022 HRS expert consensus statement on evaluation and management of arrhythmic risk in neuromuscular disorders. *Heart Rhythm.* 2022;19(10): e61-e120. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2022.04.022>.
13. Di Mambro C, Tamborrino PP, Silvetti MS, et al. Progressive involvement of cardiac conduction system in paediatric patients with Kearns-Sayre syndrome: how to predict occurrence of complete heart block and sudden cardiac death? *Europace.* 2021 ;23(6): 948-957. <https://doi.org/10.1093/europace/euaa335>.

БАЛАНС МЕЖДУ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬЮ: ВЫБОР УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЕРДЕЧНОЙ
РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ

Д.А.Зорин^{1,2}, А.А.Нечепуренко², А.А.Демидов¹, О.Н.Дьякова¹, Н.Н.Илов^{1,2}, Н.П.Зорина³, К.Н.Иванкова¹
¹ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ МЗ РФ, Россия, Астрахань, ул. Бакинская, д. 121; ²ФГБУ «ФЦССХ»
МЗ РФ, Россия, Астрахань, ул. Покровская Роща, д. 4; ³ГБУЗ АО «Городская поликлиника № 10», Россия,
Астрахань, ул. Силикатная, д. 26.

Статья посвящена анализу выбора устройства для сердечной ресинхронизирующей терапии, опираясь на стратификацию риска внезапной сердечной смерти. Рассматриваются возможные методы диагностики и клинико-anamnestические данные, а также их роль в прогнозировании аритмогенных событий и принятии решений об имплантации. Обсуждаются различия в подходах к имплантации у пациентов с ишемической и неишемической кардиомиопатией, значимость комбинированной оценки риска и применение прогностических моделей. Рассматриваются нерешенные вопросы оптимального отбора пациентов, сроков оценки эффективности СРТ и возможных стратегий имплантации устройств с учетом экономических и клинических факторов.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность; желудочковые тахикардии; внезапная сердечная смерть; кардиовертер-дефибриллятор; сердечная ресинхронизирующая терапия

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 10.02.2025 **Исправленная версия получена:** 03.06.2025 **Принята к публикации:** 24.06.2025

Ответственный за переписку: Зорин Дмитрий Андреевич, E-mail: dimusechek1997@gmail.com

Д.А.Зорин - ORCID ID 0000-0001-7167-4713, А.А.Нечепуренко - ORCID ID 0000-0001-5722-9883, А.А.Демидов - ORCID ID 0000-0001-7179-5101, О.Н.Дьякова - ORCID ID 0000-0001-7444-530X, Н.Н.Илов - ORCID ID 0000-0003-1294-9646, Н.П.Зорина - ORCID ID 0009-0003-8451-9837, К.Н.Иванкова - ORCID ID 0009-0005-2111-0684

Для цитирования: Зорин ДА, Нечепуренко АА, Демидов АА, Дьякова ОН, Илов НН, Зорина НП, Иванкова КН. Баланс между клинической эффективностью и экономической целесообразностью: выбор устройства для сердечной ресинхронизирующей терапии. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 55-63. <https://doi.org/10.35336/VA-1467>.

BALANCING BETWEEN CLINICAL EFFICACY AND ECONOMIC EXPEDIENCY: CHOOSING A DEVICE
FOR CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY

D.A.Zorin^{1,2}, A.A.Nechepurenko², A.A.Demidov¹, O.N.Dyakova¹, N.N.Ilov^{1,2}, N.P.Zorina³, K.N.Ivankova¹

¹FSBEI of HE Astrakhan State Medical University, MH RF, Russia, Astrakhan, 121 Bakinskaya str;

²FSBI "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the MH RF, Russia, Astrakhan, 4 Pokrovskaya Roscha str;

³SBHO AR «City polyclinic №10», Russia, Astrakhan, 26 Silikatnaya str.

The article focuses on the analysis of device selection for cardiac resynchronization therapy based on the stratification of sudden cardiac death risk. Various diagnostic methods and clinical-anamnesic data are considered, along with their role in predicting arrhythmogenic events and making implantation decisions. Differences in implantation approaches for patients with ischemic and non-ischemic cardiomyopathy are discussed, emphasizing the importance of a combined risk assessment and the use of prognostic models. Unresolved issues related to optimal patient selection, timing for evaluating CRT effectiveness, and potential implantation strategies considering both economic and clinical factors are also reviewed.

Key words: chronic heart failure; ventricular tachyarrhythmias; sudden cardiac death; implantable cardioverter-defibrillator; cardiac resynchronization therapy

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 10.02.2025 **Revision received:** 03.06.2025 **Accepted:** 24.06.2025

Corresponding author: Zorin Dmitry, E-mail: dimusechek1997@gmail.com

Д.А.Зорин - ORCID ID 0000-0001-7167-4713, А.А.Нечепуренко - ORCID ID 0000-0001-5722-9883, А.А.Демидов - ORCID ID 0000-0001-7179-5101, О.Н. Дьякова - ORCID ID 0000-0001-7444-530X, Н.Н.Илов - ORCID ID 0000-0003-1294-9646, Н.П.Зорина - ORCID ID 0009-0003-8451-9837, К.Н.Иванкова - ORCID ID 0009-0005-2111-0684

For citation: Zorin DA, Nechepurenko AA, Demidov AA, Dyakova ON, Ilov NN, Zorina NP, Ivankova KN. Balancing between clinical efficacy and economic expediency: choosing a device for cardiac resynchronization therapy. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 55-63. <https://doi.org/10.35336/VA-1467>.

Согласно эпидемиологическим исследованиям, хроническая сердечная недостаточность (ХСН) затрагивает 1-2% взрослого населения развитых стран. В России за последние годы распространенность ХСН значительно возросла: с 4,9% до 10,2% за период с 1998 по 2014 годы. На рубеже XXI века в европейской части России частота встречаемости ХСН любого функционального класса (ФК) по классификации NYHA составила 7,0%, причем тяжелые формы ХСН (3-4 ФК) диагностировались у 2,1% населения [1].

Особенно сложной категорией в плане определения сердечно-сосудистых рисков и прогнозирования вероятности развития нежелательных событий являются пациенты со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ). Доказано, что при снижении ФВ ЛЖ ниже 35% такие пациенты входят в группу высокого риска внезапной сердечной смерти (ВСС) [2] и смерти по причине острой декомпенсации сердечной деятельности, при этом ВСС составляет 15-20% всех летальных случаев [3, 4].

ВСС преимущественно обусловлена развитием желудочковых тахикардий (ЖТ), которые могут быть эффективно купированы электротерапией имплантируемого кардиовертера-дефибриллятора (ИКД). Устройство реализует свое воздействие с помощью методов антитахикардийной стимуляции или нанесения шоковых разрядов [5]. В связи с этим имплантация ИКД рекомендована всем пациентам с сердечной недостаточностью со сниженной ФВ ЛЖ (СНнФВ), относящимся к группе высокого риска ВСС, а также больным, уже перенесшим эпизод ВСС либо имеющим зарегистрированный эпизод устойчивой ЖТ. Если клиническая обоснованность установки ИКД с целью вторичной профилактики не вызывает сомнений в профессиональном сообществе, то вопросы отбора больных с СНнФВ для проведения интервенционной первичной профилактики ВСС все чаще становятся предметом бурного обсуждения и споров [6].

Следует помнить, что установка ИКД предоставляет доступ к жизнеспасующей терапии, но не профилактирует возникновение подобных событий в будущем. Напротив, другой вид интервенционного лечения ХСН - сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ), показанная больным СНнФВ с широким комплексом QRS на электрокардиограмме (ЭКГ), не только улучшает сократимость ЛЖ [7], снижает вероятность повторных госпитализаций по поводу ХСН [8], улучшает качество жизни [9], но и обладает потенциалом модификации аритмического риска [10]. Суть метода СРТ заключается в попытке осуществления коррекции предсердно-желудочковой и межжелудочковой диссинхронии путем эндокардиальной стимуляции правого желудочка и эпикардиальной стимуляции ЛЖ, согласованных с систолой предсердий. Наличие ответа на проводимую терапию является положительным прогностическим маркером [7]. Учитывая, что при возможном ответе на проводимую СРТ пациент может

выйти из показаний для имплантации ИКД возникает вопрос о выборе устройства между СРТ-ЭКС (СРТ без функции дефибриллятора) и СРТ-ИКД (СРТ с функцией дефибриллятора).

Проблема выбора вида имплантируемого устройства для СРТ в зависимости от наличия функции дефибриллятора крайне актуальна из-за необходимости соблюдения баланса между клинической эффективностью, безопасностью, экономической доступностью и индивидуальными характеристиками пациентов. Это делает исследования в этой области крайне востребованными.

СРТ - ПОКАЗАНИЯ И ВАРИАНТЫ ОТВЕТА НА ТЕРАПИЮ

Основными показаниями для СРТ являются ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ и продолжительность комплекса QRS более или равным 150 мс при наличии морфологии полной блокады левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ). СРТ также показана пациентам с широким QRS-комплексом без морфологии ПБЛНПГ, хотя эти показания имеют меньший уровень доказательности [11]. У пациентов с СНнФВ нарушения межжелудочковой и внутрижелудочковой проводимости, в том числе ПБЛНПГ, встречаются примерно в 30% случаев [12]. Современные национальные и международные рекомендации признают СРТ высокоэффективным методом лечения таких пациентов, поскольку этот метод лечения доказано улучшает сократительную функцию, снижает симптомы и улучшает качество жизни пациентов, а также снижает смертность и частоту госпитализации у пациентов с ХСН [11].

Известно, что ПБЛНПГ является неблагоприятным признаком, ухудшающим прогноз у пациентов с ХСН [12]. Это связывают с формированием межжелудочковой диссинхронии, при которой сокращение правого желудочка происходит раньше, чем систола ЛЖ. Развивающаяся межжелудочковая и внутрижелудочковая диссинхрония является результатом распространения электрического сигнала через межжелудочковую перегородку, при котором септальная часть ЛЖ активируется рано, а в области задне-базальной стенки ЛЖ появляется зона поздней активации. Такое механическое несоответствие приводит к пресистолическому растяжению поздно активированных областей, что в соответствии с законом Франка-Старлинга усиливает систолическое сокращение. В результате систолический стресс, напряжение и потребление кислорода миокардом увеличиваются в поздно активированных областях и снижаются в рано активированных областях. Последующая потеря эффективности сократительной функции приводит к сердечной недостаточности [13].

Представленные в литературных источниках варианты критериев ответа на проводимую СРТ можно классифицировать по нескольким основным категориям:

- клинический ответ - улучшение ФК по NYHA, улучшение качества жизни;

- эхокардиографический (ЭхоКГ) ответ - увеличение ФВ ЛЖ, уменьшение конечного систолического объема ЛЖ (КСО ЛЖ), уменьшение времени механической диссинхронии;
- электрокардиографический ответ - сокращение QRS-комплекса на 10 и более мс.

Варианты ответа на СРТ оказывают влияние на достижение различных конечных точек - снижение количества госпитализаций, общей и сердечно-сосудистой смерти, снижение аритмического риска [14].

В качестве клинических вариантов ответа на СРТ традиционно рассматриваются улучшение ФК ХСН по NYHA. В работе Toshiko Nakai и др. [15] сравнивались пациенты, рассматриваемые по двум вариантам ответа - клиническому и ЭхоКГ. Пациенты с улучшением ФК по NYHA показали лучшие клинические результаты после имплантации, особенно в отношении госпитализации по поводу ХСН и смерти от сердечно-сосудистых причин.

Влияние электрокардиографического ответа рассмотрено в мета-анализе George Bazoukis и др. [16], в котором обнаружено, что сужение QRS после имплантации СРТ было связано как с улучшением ФК по NYHA, так и снижением КСО ЛЖ. Продолжительность комплекса QRS, безусловно, является прогностическим критерием, увеличивающим вероятность ответа, однако, ширина комплекса QRS на электрокардиограмме тесно связана с объемными показателями ЛЖ, измеряемыми по данным ЭхоКГ. Каждое увеличение длительности комплекса QRS на 10 мс по данным R.A.Stewart и др. связано с увеличением массы миокарда ЛЖ на 8,3%, конечно-диастолического объема ЛЖ на 9,2% и КСО ЛЖ на 7,8% [17]. Исследуемый N.Yamamoto и др. индекс модифицированной длительности QRS, определяемый как отношение длительности QRS к конечному диастолическому объему ЛЖ, показал значительное повышение вероятности ответа на СРТ у пациентов с «промежуточной» (от 120 до 149 мс) шириной желудочкового комплекса на ЭКГ [9].

«Золотым стандартом» положительного гемодинамического ответа считается увеличение ФВ ЛЖ на $\geq 5\%$, либо уменьшение КСО ЛЖ на $\geq 15\%$ процентов и изменение этих показателей имеет доказанное влияние на общую смертность, аритмический риск и смертность от сердечно-сосудистых осложнений [14, 18].

Важно подчеркнуть, что влияние СРТ не ограничивается улучшением сократительной функции ЛЖ и улучшением ФК ХСН. Они включают снижение электрической неоднородности миокарда, что может способствовать снижению риска аритмий. Например, уменьшение КСО ЛЖ и увеличение ФВ ЛЖ ассоциируются не только с лучшими функциональными показателями, но и с уменьшением вероятности развития ЖТ. Так, в работе Н.Н.Илова и др. продемонстрировано, что снижение КСО ЛЖ на 15% и более, а также увеличение ФВ ЛЖ на 5% и более значительно снижают риск возникновения желудочковых аритмий [4].

Подобные результаты нашли свое подтверждение в исследовании PREDICT-CRT, в котором гемодинамический ответ был ассоциирован с уменьшением общей смертности [18]. Однако следует добавить, что прямую взаимосвязь между изменениями отдельных парамет-

ров гемодинамики и снижением риска ЖТ выявить удаётся не всегда. Так в работе В.А.Кузнецова и др. [19], целью которой являлась оценка влияния ответа на СРТ по ФК NYHA, ФВ ЛЖ и КСО ЛЖ на общую смертность, была отмечена низкая согласованность между критериями ответа, а по влиянию на общую смертность умеренную обратную корреляцию продемонстрировал ЭхоКГ критерий - величина КСО ЛЖ.

Влияние положительной динамики КСО ЛЖ на изменение сердечно-сосудистой смертности подтверждается проведенными исследованиями [18, 20]. Тем не менее, как показали работы A.Van der Heijden и соавт., вероятность ЖТ в течение 5-летнего периода наблюдения хоть и снижалась при супер-ответе по КСО ЛЖ, но не демонстрировала статистически значимых различий между группами ответивших и неответивших на СРТ [20]. В работе M.Linhart и соавт. вопреки представленным выше данным исследователи не доказали влияние СРТ на возникновение пароксизма ЖТ, отмечая, что только наличие миокардиального рубца являлось значимым предиктором [21]. В работе T.Nakamura и соавт. также декларируется отсутствие взаимосвязи между ответом на СРТ и вероятностью возникновения ЖТ [22].

Эти наблюдения подчёркивают, что эффективность СРТ в снижении риска жизнеугрожающих аритмий определяется не только степенью улучшения сократительной функции, но и её влиянием на электрические свойства миокарда, а также наличием субстрата для ЖТ.

При отсутствии гемодинамического ответа на СРТ, напротив, может наблюдаться проаритмогенный эффект, связанный с прогрессирующим увеличением дисперсии реполяризации. Это подтверждается исследованиями, в которых отсутствие обратного ремоделирования ассоциировалось с возрастанием частоты ЖТ. В работе M.Cvijijć и соавт. [23] было показано, что обратное ремоделирование снижает электрическую гетерогенность миокарда, в то время как при отсутствии ответа на СРТ наблюдается прогрессивное нарастание дисперсии реполяризации. В опубликованном мета-анализе (8000 пациентов) частота желудочковых аритмий была на 24% выше у больных с СРТ без ответа, по сравнению с когортой пациентов с имплантированными кардиовертерами-дефибрилляторами [24].

Таким образом, СРТ демонстрирует способность снижать риск ВСС при наличии выраженного гемодинамического ответа и отсутствии субстрата для ЖТ, но требует тщательного мониторинга, чтобы предотвратить возможные негативные эффекты при его отсутствии. Вероятно, снижение аритмического риска можно рассматривать как благоприятный эффект ответа на СРТ.

СРТ-ИКД ИЛИ СРТ-ЭКС?

Логично предположить, что при высокой вероятности гемодинамического ответа на СРТ целесообразно имплантировать устройство без функции дефибриллятора, чтобы избежать известных нежелательных событий, ассоциированных с ИКД, и снизить стоимость лечения. Однако данное предположение не всегда подтверждается данными проведенных клинических исследований. Так, результаты анализа шведского регистра,

сравнивающего пациентов с СРТ-ЭКС и СРТ-ИКД, продемонстрировали, что пациенты с СРТ-ИКД имели более низкую 1- и 3-летнюю смертность от всех причин и сердечно-сосудистых заболеваний [25]. Авторы отмечают, что пациенты, получавшие СРТ-ЭКС, были старше и имели большую ФВ ЛЖ, что могло отчасти повлиять на результаты. Повышенную смертность в группе СРТ-ЭКС авторы связывают с причинами смерти, которые ИКД вероятно предотвратить не смог бы.

Эти выводы подтверждаются данными исследования COMPANION, в котором использование СРТ-ИКД снижало риск смерти на 24%. Подобные результаты наблюдались в исследовании REVERSE, где применение СРТ-ИКД позволило снизить 5-летнюю смертность на 65% [26, 27]. Вероятное объяснение таких результатов – снижение случаев ВСС в группе СРТ-ИКД. Впрочем, значимым фактором при интерпретации этих данных остаётся этиология сердечной недостаточности. Например, анализ подгрупп из исследования DANISH, включавшего пациентов с СНнФВ неишемической этиологии, показал, что использование СРТ-ИКД не снижало смертность от всех причин [28].

В российские клинические рекомендации пока не включены конкретные указания по выбору между СРТ-ЭКС и СРТ-ИКД. Европейские рекомендации предлагают несколько более развернутый подход, указывая, что СРТ-ИКД следует с большей вероятностью рассматривать у молодых пациентов, а также у пациентов с предполагаемым проаритмогенным субстратом, особенно подтвержденным результатами МРТ с гадолинием. Однако подчеркивается, что четких критериев на данный момент не существует, и выбор устройства рекомендуется осуществлять индивидуально для каждого пациента [29].

Таким образом, принятие решения о выборе вида устройства для СРТ остаётся сложным и требует учёта множества факторов, включая возраст и индивидуальные предпочтения пациента, этиологию СН, вероятный гемодинамический ответ на терапию. Также стоит отметить, что определяющее значение в выборе типа имплантируемого устройства имеет наличие проаритмогенного субстрата, который значительно повышает вероятность ВСС.

ПОИСК СУБСТРАТА ДЛЯ ЖТ

Риск ВСС обусловлен наличием анатомического субстрата (гипертрофия миокарда, постинфарктный кардиосклероз, фиброз) и электрофизиологических изменений (повышенный автоматизм, триггерная активность, дисперсия рефрактерных периодов) [9]. Задача поиска потенциального субстрата ЖТ остаётся ключевой для стратификации риска ВСС.

Инструментальные методы исследования могут дать дополнительную информацию о наличии субстрата и помочь в решении вопроса о необходимости имплантации ИКД. Для поиска потенциального субстрата рутинно может применяться ЭКГ-диагностика. При анализе ЭКГ возможно оценить дисперсию рефрактерных периодов, что может проявляться удлинением/укорочением QT интервала [30], изменением интервалов от пика Т волны до ее окончания [31]. Другими потенциальными изменениями на ЭКГ, позволяющими опреде-

лить наличие субстрата согласно исследованиям, являются признаки ранней реполяризации желудочков [32], гипертрофии миокарда ЛЖ [6]. Отмечается, что при комбинации нескольких признаков прогностическая ценность ЭКГ-критериев увеличивается в несколько раз, даже среди пациентов с ФВ ЛЖ >35% [33].

Трансторакальная ЭхоКГ, помимо оценки ФВ ЛЖ, предоставляет информацию о структурных изменениях сердца, таких как объёмные характеристики камер, толщина стенок, масса миокарда ЛЖ и нарушения локальной сократимости [34, 35]. Перспективным является применение новых методик визуализации ЭхоКГ, таких как тканевой доплер и измерения двухмерной деформации. В проведенных исследованиях измерение продольной, радиальной и циркулярной деформации миокарда, измерение глобального продольного стрейна, а также механической дисперсии позволяют повысить точность диагностики субстрата ЖТ [36].

Методика МРТ сердца с оценкой позднего накопления гадолиния (ПНГ) занимает важное место в диагностике потенциального субстрата ЖТ. Клинические рекомендации предлагают использовать данную методику в качестве дополнительного фактора для принятия решения в пользу имплантации ИКД [37]. Контрастное вещество на основе гадолиния способно накапливаться в фиброзной ткани и визуализировать субстрат возможных аритмий [38]. Проведенные исследования у пациентов с ишемической кардиомиопатией (ИКМП) указывают, что наличие зон ПНГ ассоциировано с увеличением риска общей смертности и аритмических событий [39]. Проведенное коллегами из Пензы исследование подтверждает устоявшееся понимание зависимости между ПНГ и риском ВСС [40]. Отмечается, что при степени ПНГ более 14%, которое отражает массу контрастированных участков от массы миокарда всего ЛЖ, возникает прямая связь со срабатыванием ИКД.

Инструментальные методы предоставляют важные данные о наличии анатомического и электрофизиологического субстрата, что помогает в принятии решения об имплантации ИКД. Безусловно, подтвержденное наличие субстрата для ЖТ должно являться определяющим фактором для имплантации устройства. Однако эти методы имеют ограничения: они не всегда абсолютно точны, требуют значительных затрат и не везде доступны. Поэтому важно учитывать не только результаты диагностических исследований, но и множество других факторов, таких как клинические данные, анамнез, наличие сопутствующих заболеваний [41].

Так, не вызывает сомнений эффективность применения ИКД у пациентов с ИКМП. Значение ишемической болезни сердца (ИБС), как предиктора ВСС, подтверждается метаанализом Vikash Jaiswal и соавторов, который включает в себя данные 13-ти рандомизированных исследований [42]. Закономерно, что у пациентов с ИКМП существуют высокие риски ВСС по причине уже вероятно имеющегося субстрата ЖТ. Формирование аритмогенного субстрата связано с наличием перинфарктных зон миокарда, окружающих рубцовые области. Эти зоны, содержащие частично жизнеспособные кардиомиоциты, создают электрическую анизотропию, что способствует развитию ЖТ с механизмом re-entry [40, 43].

С другой стороны, доказательная база применения ИКД у пациентов с неишемической кардиомиопатией (НИКМП) менее убедительна. Хотя исследования DANISH, DEFINITE и SCD-HeFT продемонстрировали снижение риска ВСС у пациентов с ИКД, но не выявили статистически значимого влияния на общую смертность [44-46]. Это связано с относительно низкой долей случаев ВСС в общей структуре смертности в этих исследованиях. По всей вероятности, можно предположить о меньшей выраженности субстрата для ЖТ у пациентов с НИКМП. Экспериментальные данные указывают на то, что наличие фиброза ЛЖ у пациентов с НИКМП значительно увеличивает вероятность ВСС [47]. Формирующиеся в результате фиброзирования зоны замедленного проведения, а также возникающий повышенный автоматизм и дисперсия рефрактерности миокарда создают условия для возникновения ЖТ. По всей видимости именно наличие субстрата для ЖТ является ключевым фактором максимальной пользы от имплантации ИКД [48].

Эксперты сходятся в мнении о неэффективности однофакторного подхода в решении обсуждаемой проблемы. Очевидно, что совершенствование стратификации риска ВСС возможно только при использовании комбинированного метода оценки, с включением нескольких предикторов и составлением прогностических моделей.

Интерес представляет использование прогностических шкал, таких как MADIT-ICD benefit score, ESTIMATED Score, анализ данных исследования SCD-HeFT, The Seattle Heart Failure Model [49-52]. Эти исследования включают множество факторов, направленных на улучшение стратификации риска ВСС и общей смертности у пациентов с СНнФВ. Анализ в этих исследованиях включает в себя как предикторы наличия субстрата для ЖТ по результатам доступных инструментальных и лабораторных исследований, так и клинично-анамнестические данные [32]. Данные модели позволяют оценить пользу от имплантации ИКД путем сравнения риска ВСС и смерти от любых причин для конкретного пациента. Чем выше веро-

ятность ВСС, тем больше выгода от использования устройства [49-51].

Отдельного внимания заслуживает шкала MADIT-ICD benefit score, разработанная в 2020 году на основании данных крупнейших исследований MADIT II, MADIT-CRT, MADIT-RIT и MADIT-RISK, которая является одной из наиболее полных прогностических моделей. Она создана на основе регистра, включающего более 4500 пациентов. Калькулятор, предложенный авторами, учитывает предикторы ЖТ и неаритмической смерти. К предикторам ЖТ относятся: мужской пол, возраст до 75 лет, частота сердечных сокращений (ЧСС) более 75 ударов в минуту, систолическое артериальное давление (САД) менее 140 мм рт. ст., ФВ ЛЖ $\leq 25\%$, анамнез, включающий нестабильные ЖТ, инфаркт миокарда и предсердные аритмии [49].

Калькулятор позволяет прогнозировать вероятность развития ЖТ или неаритмической смерти, оценивая потенциальную пользу от имплантации ИКД. Проведенный ROC-анализ с внешней валидацией продемонстрировал высокую точность предложенных моделей: С-статистика составила 0,75 для прогнозирования ЖТ и 0,67 для неаритмической смерти. В рамках рассматриваемой темы интерес представляет использование прогностических шкал у пациентов с имплантированными СРТ. Как отдельный фактор, влияющий на достижение конечных точек СРТ добавлен в прогностические шкалы MADIT-ICD benefit score и The Seattle Heart Failure Model, однако, отдельный анализ пациентов с СРТ доступен только по результатам анализа исследования MADIT [49, 52].

По результатам анализа MADIT-CRT лечение с помощью СРТ-ИКД по сравнению с ИКД было связано лишь со сниженным риском неаритмической смертности [53]. Отдельный анализ, исключая пациентов из исследования MADIT-II, показал схожие результаты [49]. Однако как показал анализ этих исследований, если у пациентов присутствует морфология QRS по типу ПБЛНПГ, то они получают значительное снижение вероятности возникновения жизнеугрожающих аритмий, во многом за счет улучшения сократительной функции ЛЖ и его ремоделирования, что подтверждает данные о положительном влиянии СРТ на аритмический риск [54]. Однако при использовании данной модели для оценки пользы ИКД у российских пациентов результаты оказались неудовлетворительными, что подчеркивает необходимость проведения отечественных исследований в этой области [55].

НЕРАЗРЕШЕННЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Можно предположить, что наличие у пациента предикторов положительного ответа на СРТ, ожидаемой продолжительностью жизни

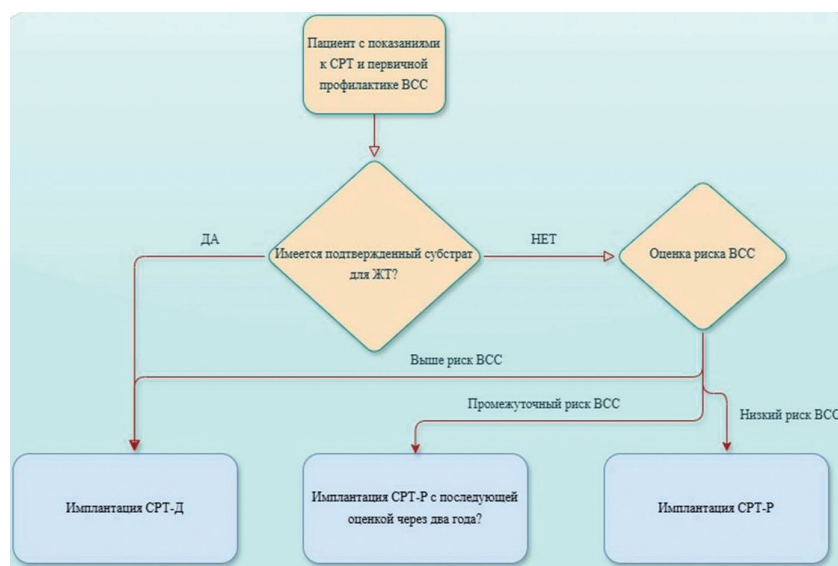


Рис. 1. Алгоритм выбора устройства, где СРТ - сердечная ресинхронизирующая терапия; ЖТ - желудочковая тахикардия; ВСС - внезапная сердечная смерть.

более года и низкого риска ВСС дает основание имплантировать СРТ-ЭКС. Однако, несмотря на доказанную эффективность СРТ часть больных, по разным данным от 30 до 40%, не получают ожидаемого эффекта от проводимой терапии [8, 56]. К причинам, снижающим вероятность ответа на СРТ, относят прогрессирующую ХСН высокого функционального класса, ИКМП и как следствие вероятное наличие рубца в зоне стимуляции, исходно недостаточно широкий комплекс QRS, его морфологию не соответствующую ПБЛНПГ. Также возможными причинами ухудшения вероятности ответа считают наличие фибрилляции предсердий, хронической болезни почек и исходной дисфункции правого желудочка [57].

Не менее важным является определение оптимального срока послеоперационного наблюдения, после которого следует оценивать эффекты СРТ, а также принимать решение о дальнейшей тактике, направленной на улучшение состояния пациента. В статье Т.В.Чумарной и соавт. [58] демонстрируется, что для оценки клинического ответа в большинстве случаев достаточно одного послеоперационного года, а срок обратного ремоделирования ЛЖ может продолжаться до 24 месяцев. В других исследованиях также указывается срок в 12 месяцев, как достаточный для оценки СРТ [59]. Руководствуясь этими данными, можно предположить, что срок в 24 месяца после имплантации устройства гарантированно позволяет отграничить группы респондеров и нереспондеров для возможного определения дальнейшей тактики.

Дополнительным фактором повышения эффективности СРТ-ЭКС может стать применение методики стимуляции проводящей системы сердца. При предлагаемом варианте оперативного вмешательства электрод классически доставляется в целевую вену коронарного синуса для стимуляции ЛЖ и в межжелудочковую перегородку для стимуляции проводящей системы с использованием методики «на стилете», что позволяет не применять системы доставки. Ответ пациентов оценивается спустя два года. Данное решение преследует две цели. Во-первых, значительное увеличение вероятности ответа на СРТ, что отражено в исследовании LOT-CRT [60]. Во-вторых, спустя максимальный период ожидания ответа, при его отсутствии имеется возможность имплантировать пациенту двухкамерный ИКД с разъемом DF-1. Для этого необходимо доставить шоковый электрод, а для стимуляции желудочков использовать ранее имплантированный в проводящую систему сердца электрод, который обеспечит сужение комплекса QRS, что вероятно позволит избежать прогрессирования ХСН вследствие диссинхронии, а также позволит избежать стимуляции ЛЖ, которая согласно исследованиям у пациентов без ответа лишь увеличивает вероятность развития ЖТ [24]. Вероятными ограничениями обсуждаемой стратегии является возмож-

ность окклюзии вены после первичной имплантации, необходимость повторного вмешательства у некоторых пациентов без ответа спустя два года, а также требования к навыкам хирургов для доставки электрода в проводящую систему сердца.

Несмотря на большое число работ, посвященных прогнозированию вероятности ответа на СРТ, существующие алгоритмы предоперационной оценки эффектов имплантации несовершенны, что ограничивает их рутинное применение в клинической практике. Вместе с тем, не вызывает сомнений экономическая обоснованность имплантации СРТ-ЭКС как тактики первой линии ведения больных СНнФВ. Устройство СРТ-ЭКС является в России более доступным ввиду включения данного вида помощи в базовую программу фонда обязательного медицинского страхования. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2024 г. № 1940 «О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» оплата имплантации системы СРТ-ЭКС составляет 532 230 рублей, в то время как СРТ-ИКД 1 281 144 рублей. Это позволяет предположить вероятную экономическую выгоду ввиду более целевого использования СРТ-ИКД и снижения количества подобных имплантированных устройств в условиях их дефицита. Важным уточнением является диапазон применения данной тактики, ограниченный пациентами с показаниями к СРТ и отсутствием субстрата ЖТ, подтвержденным результатами визуализирующих методик, таких как ЭхоКГ, МРТ сердца с гадолинием либо проведенными внутрисердечным электрофизиологическим исследованием [3]. Тактика выбора между СРТ-ЭКС или СРТ-ИКД представлена на рис. 1. Вместе с тем, для подтверждения этой гипотезы требуется проведение исследований, направленных на стратификацию риска ВСС у пациентов с показаниями для проведения СРТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Включение финансирования имплантации устройств для проведения СРТ в базовую программу фонда обязательного медицинского страхования сделали СРТ в нашей стране более доступной, что еще больше актуализировало обсуждаемую проблему. Вероятно, при выборе оптимального устройства для проведения СРТ необходимо оценивать не только исходный риск ВСС, но и вероятность ответа на СРТ и возможность модификации аритмического риска в ходе проводимой терапии. Поиск предикторов и разработка прогностических систем, ориентированных на оценку подобных исходов, является одной из приоритетных задач современной кардиологии, требующей проведения проспективных клинических исследований с включением отечественных когорт пациентов с СНнФВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков ДС, Фомин ИВ, Беленков ЮН, и др. Хроническая сердечная недостаточность в Российской Федерации: что изменилось за 20 лет наблюдения? Результаты исследования ЭПОХА-ХСН. Кардиология.

2021;61(4): 4-14 [Polyakov DS, Fomin IV, Belenkov YuN, et al. Chronic heart failure in the Russian Federation: what has changed over 20 years of follow-up? Results of the EPOCH-CHF study. *Kardiologiya*. 2021;61(4): 4-14 (in

- Russ.)). <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.4.n1628>.
2. Vaduganathan M, Patel RB, Michel A, et al. Mode of Death in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69: 556-69. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.078>.
3. Илов НН, Пальникова ОВ, Стомпель ДР, и др. Стратификация риска внезапной сердечной смерти у пациентов с сердечной недостаточностью : достаточно ли одной фракции выброса левого желудочка ? Российский кардиологический журнал. 2021;26(1): 3959. [Ilov NN, Palnikova OV, Stompel DR, et al. Risk stratification of sudden cardiac death in heart failure patients: is left ventricular ejection fraction alone sufficient? *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(1): 3959. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-3959>.
4. Илов НН, Пальникова ОВ, Стомпель ДР, и др. Клинические предикторы возникновения желудочковых тахикардий у больных со сниженной систолической функцией левого желудочка. Результаты одноцентрового проспективного исследования. Кардиология. 2021;61(5): 32-40 [Ilov NN, Palnikova OV, Stompel DR, et al. Clinical Predictors of Occurrence of Ventricular Tachyarrhythmias in Patients with Reduced Left Ventricle Ejection Fraction. Results of Single-Center Prospective Study. *Kardiologiia*. 2021;61(5): 32-40 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.5.n1480>.
5. Ревিশвили АШ, Шляхто ЕВ, Попов СВ, и др. Клинические рекомендации по применению кардиовертеров-дефибрилляторов. В кн. Клинические рекомендации по проведению электрофизиологических исследований, катетерной абляции и применению имплантируемых антиаритмических устройств. (Ред. Ревিশвили АШ, Шляхто ЕВ, Попов СВ, и др.). Москва 2017: 55-86. [Revishvili AS, Shlyahto EV, Popov SV, et al. Klinicheskie rekomendacii po primeneniyu kardioverterov-defibrillyatorov. In. *Klinicheskie rekomendacii po provedeniyu elektrofiziologicheskikh issledovaniy, kateternoj ablyacii i primeneniyu implantiruemykh antiaritmicheskikh ustrojstv*. (Ed. Revishvili AS, Shlyahto EV, Popov SV, et al.). Moscow 2017: 55-86 (in Russ.)] ISBN 978-5-9500922-0-6.
6. Zaman S, Goldberger JJ, Kovoov P. Sudden Death Risk-Stratification in 2018-2019: The Old and the New. *Heart Lung Circ*. 2019;28: 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.08.027>.
7. Постол АС, Неминуший НМ, Антипов ГН, и др. Факторы, определившие положительный ответ на ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью и диссинхронией сердца. Опыт одного центра. Кардиология. 2024;64(7): 31-39. [Postol AS, Neminushchiy NM, Antipov GN, et al. Factors that Determined a Positive Response to Resynchronization Therapy in Patients With Chronic Heart Failure and Cardiac Dyssynchrony. One Center Experience. *Kardiologiia*. 2024;64(7): 31-39. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.7.n2627>.
8. Glikson M, Israel C, Denmark C, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *EHJ*. 2021: 1-94. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab364>.
9. Yamamoto N, Noda T, Nakano M, et al. Clinical utility of QRS duration normalized to left ventricular volume for predicting cardiac resynchronization therapy efficacy in patients with “mid-range” QRS duration. *Heart Rhythm*. 2024;21: 855-62. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.02.019>.
10. Amara N, Boveda S, Defaye P, et al. Implantable cardioverter-defibrillator therapy among patients with non-ischaemic vs. ischaemic cardiomyopathy for primary prevention of sudden cardiac death. *Europace*. 2018;20: 65-72. <https://doi.org/10.1093/eurpace/euw379>.
11. Галявич АС, Терещенко СН, Ускач ТМ, и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(11): 6162. [Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M. et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11): 6162. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162>.
12. Wallentin L, Stenestrand U, Tabrizi F, et al. Influence of left bundle branch block on long-term mortality in a population with heart failure. *EHJ*. 2007;2449-55. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm262>.
13. Moustafa AT, Tang ASL, Khan HR. Conduction system pacing on track to replace CRT ? Review of conduction system pacing. *Front Cardiovasc Med*. 2023: 1-12. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1220709>.
14. Илов НН, Стомпель ДР, Пальникова ОВ, и др. Выбор эхокардиографического показателя для оценки разных эффектов сердечной ресинхронизирующей терапии. Кардиология и кардиоваскулярная терапия. 2022;15(1): 19-25. [Ilov NN, Stompel DR, Palnikova OV, et al. Echocardiography parameter for evaluation of various effects of cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2022;15(1): 19-25. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/kardio20221501119>.
15. Nakai T, Ikeya Y, Kogawa R, et al. What Are the Expectations for Cardiac Resynchronization Therapy ? A Validation of Two Response Definitions. *Journal of clinical medicine* 2021;10(3): 514. <https://doi.org/10.3390/jcm10030514>.
16. Bazoukis G, Naka KK, Alsheikh-Ali A, et al. Association of QRS narrowing with response to cardiac resynchronization therapy - a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Heart Failure Reviews* 2020;25: 745-56. <https://doi.org/10.1007/s10741-019-09839-5>.
17. Stewart RA, Young AA, Anderson C et al. Relationship between QRS duration and left ventricular mass and volume in patients at high cardiovascular risk. *Heart* 2011;97: 1766-70. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2011-300297>.
18. Stankovic I, Belmans A, Prinz C, et al. The association of volumetric response and long-term survival after cardiac resynchronization therapy *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2017;18(10): 1109-17. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex188>.
19. Кузнецов ВА, Солдатова АМ, Енина ТН и др. Всегда ли недостаточная динамика параметров левого желудочка свидетельствует о плохом ответе на сердечную ресинхронизирующую терапию ? Терапевтический архив. 2019;91: 10-5. [Kuznetsov V.A., Soldatova A.M., Enina T.N. et al. Does the lack of left ventricular reverse remodeling always mean non - response to cardiac resynchronization therapy

- py? *Terapevticheskii arkhiv*. 2019;91: 10-5 (in Russ.]. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.12.000102>.
20. van der Heijden AC, Höke U, Thijssen J, et al. Super-responders to cardiac resynchronization therapy remain at risk for ventricular arrhythmias and benefit from defibrillator treatment. *European Journal of Heart Failure*. 2014;16: 1104-11. <https://doi.org/10.1002/ehf.152>.
 21. Linhart M, Doltra A, Acosta J, et al. Ventricular arrhythmia risk is associated with myocardial scar but not with response to cardiac resynchronization therapy. *EP Europace*. 2020;22: 1391-400. <https://doi.org/10.1093/europace/euaa142>.
 22. Nakamura T, Fukuzawa K, Kiuchi K et al. Ventricular arrhythmia events in heart failure patients with cardiac resynchronization therapy with or without a defibrillator for primary prevention. *J Arrhythmia*. 2022;38: 1056-62. <https://doi.org/10.1002/joa3.12795>.
 23. Cvijić M, Antolić B, Klemen L, et al. Repolarization heterogeneity in patients with cardiac resynchronization therapy and its relation to ventricular tachyarrhythmias. *Heart Rhythm*. 2018;15: 1784-90. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.06.023>.
 24. Deif B, Ballantyne B, Almeshmadi F, et al. Cardiac resynchronization is pro-arrhythmic in the absence of reverse ventricular remodelling: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Research*. 2018;114(11): 1435-44. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvy182>.
 25. Schrage B, Lund LH, Melin M, et al. Cardiac resynchronization therapy with or without defibrillator in patients with heart failure. *EP Europace*. 2022;24: 48-57. <https://doi.org/10.1093/europace/euab233>.
 26. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, et al. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *The New England journal of medicine*. 2004;350(21): 2140-50. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa032423>.
 27. Linde C, Abraham WT, Gold MR et al. Randomized Trial of Cardiac Resynchronization in Mildly Symptomatic Heart Failure Patients and in Asymptomatic Patients With Left Ventricular Dysfunction and Previous Heart Failure Symptoms. *JACC*. 2008;52(23): 1834-43. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.08.027>.
 28. Kober L, Thune JJ, Nielsen JC et al. Defibrillator implantation in patients with nonischemic systolic heart failure. *The New England journal of medicine*. 2016;375: 1221-30. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1608029>.
 29. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA). *European Heart Journal*. 2021;42: 3427-520. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab364>.
 30. Ramalho D, Freitas J. Drug-induced life-threatening arrhythmias and sudden cardiac death: A clinical perspective of long QT, short QT and Brugada syndromes. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2018;37: 435-46. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2017.07.010>.
 31. Tse G, Gong M, Wong WT, et al. The T(peak) - T(end) interval as an electrocardiographic risk marker of arrhythmic and mortality outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm*. 2017;14: 1131-7. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.05.031>.
 32. Pranata R, Yonas E, Vania R, et al. Electrocardiographic early repolarization is associated with future ventricular arrhythmia after acute myocardial infarction-Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Arrhythmia*. 2019;35: 626-35. <https://doi.org/10.1002/joa3.12196>.
 33. Aro AL, Reinier K, Rusinaru C, et al. Electrical risk score beyond the left ventricular ejection fraction: prediction of sudden cardiac death in the Oregon Sudden Unexpected Death Study and the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *European Heart Journal*. 2017;38: 3017-25. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx331>.
 34. van der Bijl P, Delgado V, Bax JJ. Imaging for sudden cardiac death risk stratification: Current perspective and future directions. *Progress in cardiovascular diseases*. 2019;62: 205-11. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.04.005>.
 35. Chatterjee S, Bavishi C, Sardar P et al. Meta-analysis of left ventricular hypertrophy and sustained arrhythmias. *American Journal of Cardiology*. 2014;114: 1049-52. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.07.015>.
 36. Голухова ЕЗ, Булаева НИ, Мрикаев ДВ и др. Прогностическая роль продольной деформации и механической дисперсии левого желудочка по данным спекл-трекинг эхокардиографии у пациентов с ишемической и неишемической кардиомиопатией: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27: 79-90. [Golukhova E.Z., Bulaeva N.I., Mrikaev D.V. et al. Prognostic value of left ventricular global longitudinal strain and mechanical dispersion by speckle tracking echocardiography in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(3S): 5034 (in Russ.]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5034>.
 37. Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, de Riva M, et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *European Heart Journal*. 2022;43: 3997-4126. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac262>.
 38. Голухова ЕЗ, Александрова СА, Бердибеков БШ. Прогностическая роль количественной оценки миокардиального фиброза по данным магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием при неишемических дилатационных кардиомиопатиях: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(12): 4776. [Golukhova EZ, Aleksandrova SA, Berdibekov BS. Predictive role of quantification of myocardial fibrosis using delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging in nonischemic dilated cardiomyopathies: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26: 189-97 (in Russ.]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4776>.
 39. Шлевков НБ, Жамбеев АА, Гаспарян АЖ, и др. Особенности фиброзного поражения миокарда, ассоциированные с жизнеугрожающими желудочковыми тахикардиями у больных постинфарктным кардиосклерозом и неишемической кардиомиопатией // *Терапевтический архив*. 2018;90(9): 42-47. [Shlevkov NB, Zhambeev AA, Gasparyan AZ, et al. Characteristic of fibrotic myocardial

- lesions associated with life-threatening ventricular tachyarrhythmias in patients with ischemic and non-ischemic cardiomyopathies. *Terapevticheskii arkhiv*. 2018;90(9): 42-7 (in Russ.)). <https://doi.org/10.26442/terarkh201890942-47>.
40. Базылев ВВ, Ушаков РЮ, Дурманов СС, и др. Прогностическое значение отсроченного накопления гадолиния при магнитно-резонансной томографии сердца у больных с ишемической кардиомиопатией и имплантированным кардиовертером-дефибриллятором. *Вестник аритмологии*. 2024;2: 35-43. [Bazylev V.V., Ushakov R.Yu., Durmanov S.S. et al. Prognostic value of delayed gadolinium enhancement on cardiac magnetic resonance imaging in patients with ischemic cardiomyopathy and an implanted cardioverter-defibrillator. *Journal of Arrhythmology*. 2024;31(2): 35-43 (in Russ.)). <https://doi.org/10.35336/VA-1260>.
41. Narins CR, Aktas MK, Chen AY, et al. Arrhythmic and Mortality Outcomes Among Ischemic Versus Nonischemic Cardiomyopathy Patients Receiving Primary ICD Therapy. *JACC Clinical Electrophysiology*. 2022;8: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2021.06.020>.
42. Jaiswal V, Taha AM, Joshi A, et al. Implantable cardioverter defibrillators for primary prevention in patients with ischemic and non-ischemic cardiomyopathy: A meta-analysis. *Current Problems in Cardiology*. 2024;49: 102198. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.102198>.
43. Burke AP, Virmani R. Pathophysiology of acute myocardial infarction. *Medical Clinics of North America*. 2007;91(4): 553-72; ix. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2007.03.005>.
44. Køber L, Thune JJ, Nielsen JC, et al. Defibrillator Implantation in Patients with Nonischemic Systolic Heart Failure. *The New England Journal of Medicine*. 2016;375: 1221-30. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1608029>.
45. Kadish A, Dyer A, Daubert JP et al. Prophylactic Defibrillator Implantation in Patients with Nonischemic Dilated Cardiomyopathy. *The New England Journal of Medicine*. 2004;350: 2151-8. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa033088>.
46. Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, et al. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *The New England Journal of Medicine*. 2002;346: 877-83. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa013474>.
47. Gulati A, Jabbour A, Ismail TF, et al. Association of fibrosis with mortality and sudden cardiac death in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy. *JAMA* 2013;309: 896-908. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.1363>.
48. Gold MR, Daubert J-C, Abraham WT, et al. Implantable Defibrillators Improve Survival in Patients With Mildly Symptomatic Heart Failure Receiving Cardiac Resynchronization Therapy. *Circulation Arrhythmia and Electrophysiology*. 2013;6: 1163-8. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000570>.
49. Younis A, Goldberger JJ, Kutiyifa V, et al. Predicted benefit of an implantable cardioverter-defibrillator: the MADIT-ICD benefit score. *European Heart Journal* 2021;42: 1676-84. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa1057>.
50. Li X, Fan X, Li S, et al. A Novel Risk Stratification Score for Sudden Cardiac Death Prediction in Middle-Aged, Nonischemic Dilated Cardiomyopathy Patients: The ESTIMATED Score. *Canadian Journal of Cardiology*. 2020;36: 1121-9. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2019.11.009>.
51. Reeder HT, Shen C, Buxton AE, et al. Joint Shock/Death Risk Prediction Model for Patients Considering Implantable Cardioverter-Defibrillators. *Circulation Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2019;12: e005675. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.119.005675>.
52. Mozaffarian D, Anker SD, Anand I, et al. Prediction of mode of death in heart failure: the Seattle Heart Failure Model. *Circulation*. 2007;116: 392-8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.687103>.
53. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, et al. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *The New England Journal of Medicine*. 2009;361: 1329-38. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0906431>.
54. Goldenberg I, Aktas MK, Zareba W, et al. QRS Morphology and the Risk of Ventricular Tachyarrhythmia in Cardiac Resynchronization Therapy Recipients. *JACC Clinical Electrophysiology*. 2024;10: 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2023.09.018>.
55. Илов НН, Бойцов СА, Нечепуренко АА. Имплантировать дефибриллятор или нет? Возможности использования калькулятора MADIT-ICD Benefit Score в клинической практике. *Кардиология*. 2024;64: 27-33. [Ilov NN, Boytsov SA, Nechepurenko A.A. Whether to implant a defibrillator or not? The Possibility of Using the MADIT-ICD Benefit Score Calculator in Real Practice. *Kardiologiya*. 2024;64(2): 27-33. (in Russ.)). <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.2.n2447>.
56. Mei DA, Gerra L, Imberti JF, et al. Cardiac resynchronization therapy (CRT) nonresponders in the contemporary era: A state-of-the-art review. *Heart Rhythm*. 2024: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.05.057>.
57. Cleland J, Freemantle N, Ghio S, et al. Predicting the Long-Term Effects of Cardiac Resynchronization Therapy on Mortality From Baseline Variables and the Early Response. *JACC*. 2008;52. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.04.036>.
58. Чумарная ТВ, Любимцева ТА, Солодушкин СИ, и др. Оценка эффективности сердечной ресинхронизирующей терапии в отдаленном послеоперационном периоде. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26: 48-60. [Chumarnaya TV, Lyubimtseva TA, Solodushkin SI et al. Evaluation of the long-term effectiveness of cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7): 4531 (in Russ.)). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4531>.
59. Szabó KM, Tóth A, Nagy L, et al. Add-on Sacubitril/Valsartan Therapy Induces Left Ventricular Remodeling in Non-responders to Cardiac Resynchronization Therapy to a Similar Extent as in Heart Failure Patients Without Resynchronization. *Cardiology and Therapy*. 2024;13: 149-61. <https://doi.org/10.1007/s40119-023-00346-1>.
60. Jastrzębski M, Moskal P, Huybrechts W, et al. Left bundle branch-optimized cardiac resynchronization therapy (LOT-CRT): Results from an international LBBAP collaborative study group. *Heart Rhythm*. 2022;19: 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2021.07.057>.
61. Strauss DG. Differentiation between left bundle branch block and left ventricular hypertrophy: Implications for cardiac resynchronization therapy. *Journal of Electrocardiology*. 2012;45: 635-9. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2012.09.001>.

<https://doi.org/10.35336/VA-1487>

<https://elibrary.ru/XLNCQM>

МЕТОДЫ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

В.И.Стеклов¹, Е.А.Ким¹, М.В.Емельяненко², С.О.Лепендин¹, Ф.Г.Рзаев³

¹ФКУ «ЦВКГ им. П.В.Мандрыка» МО РФ, Москва, ул. Большая оленья, д. 8а; ²ГБУ «ГКБ им. М.П.Кончаловского Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Зеленоград, ул. Кашитановая аллея, д. 2; ³ГБОУ «ГКБ имени И.В.Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Яузская ул., д. 11.

В статье представлены современные методы анестезиологического пособия, используемые в ходе выполнения таких интервенционных и хирургических вмешательств как имплантация кардиостимуляторов, устройств сердечной ресинхронизирующей терапии, кардиовертеров-дефибрилляторов и проведения катетерной абляции. Обсуждаются преимущества, недостатки и проблемные вопросы анестезии в зависимости от типа вмешательства и состояния пациента. На основании проанализированных данных делается вывод о том, что анестезия в ходе вмешательств у пациентов аритмологического профиля является общемировой практикой и подчеркивается положительное влияние методов анестезии на качество и безопасность выполняемых процедур.

Ключевые слова: электрокардиостимулятор; сердечная ресинхронизирующая терапия; кардиовертер-дефибриллятор; катетерная абляция; анестезия

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансировани: отсутствует.

Рукопись получена: 17.03.2025 **Исправленная версия получена:** 19.06.2025 **Принята к публикации:** 26.06.2025

Ответственный за переписку: Стеклов Владимир Иванович, E-mail: vsteklov@yandex.ru

В.И.Стеклов - ORCID ID 0000-0001-6790-9401, Е.А.Ким - ORCID ID 0000-0002-9427-3207, М.В.Емельяненко - ORCID ID 0000-0002-9919-2203, С.О.Лепендин - ORCID ID 0000-0001-8670-8787, Ф.Г.Рзаев - ORCID ID 0000-0002-4094-7771

Для цитирования: Стеклов ВИ, Ким ЕА, Емельяненко МВ, Лепендин СО, Рзаев ФГ. Методы анестезиологического обеспечения в электрофизиологической лаборатории. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): 64-72. <https://doi.org/10.35336/VA-1487>.

METHODS OF ANESTHESIOLOGICAL SUPPORT IN THE ELECTROPHYSIOLOGICAL LABORATORY

V.I.Steklov¹, E.A.Kim¹, M.V.Emelianenko², S.O.Lependin¹, F.G.Rzaev³

¹Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka of the Ministry of Defense of the Russia, Russia, Moscow, 8a Bolshaya Olenya str; ²Clinical City Hospital named after M.P. Konchalovsky, Russia, Moscow, Zelenograd, 2 Kashtanovaya str; ³Clinical City Hospital named after I.V. Davydovsky, Russia, Moscow, 11 Yauzskaya str.

The article presents modern methods of anesthetic aids used in the case of such interventional and surgical interventions as implantation of a pacemaker, cardiac resynchronization therapy, cardioverter defibrillator and catheter ablation. The advantages, disadvantages and problematic issues of anesthesia are discussed depending on the type of intervention and the patient's condition. Based on the analyzed data, it is concluded that anesthesia during interventions in patients with arrhythmological profile is a global practice and emphasizes the positive impact of anesthesia methods on the quality and safety of procedures performed.

Key words: pacemaker; cardiac resynchronization therapy; cardioverter defibrillator; catheter ablation; anesthesia

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 17.03.2025 **Revision Received:** 19.06.2025 **Accepted:** 26.06.2025

Corresponding Author: Steklov Vladimir, E-mail: vsteklov@yandex.ru

V.I.Steklov - ORCID ID 0000-0001-6790-9401, E.A.Kim - ORCID ID 0000-0002-9427-3207, M.V. Emelianenko - ORCID ID 0000-0002-9919-2203, S.O.Lependin - ORCID ID 0000-0001-8670-8787, F.G.Rzaev - ORCID ID 0000-0002-4094-7771

For citation: Steklov VI, Kim EA, Emelianenko MV, Lependin SO, Rzaev FG. Methods of anesthesiological support in the electrophysiological laboratory. *Journal of Arrhythmology*. 2025;32(3): 64-72. <https://doi.org/10.35336/VA-1487>.

В последние десятилетия отмечается значительный рост количества операций на проводящих путях сердца. Современные интервенционные катетерные технологии с использованием энергии радиочастотного тока, криоабляции, электропорации и методы электрокардиотерапии, включающие в себя имплантацию постоянных электрокардиостимуляторов (ЭКС), имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) и устройств для сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ), занимают ведущие позиции в лечении различных нарушений ритма сердца и проводимости, застойной сердечной недостаточности, а также для первичной и вторичной профилактики внезапной сердечной смерти (ВСС) [1].

Имплантация водителей ритма сердца, методы катетерной абляции (КА) и электроимпульсная терапия являются вмешательствами, требующими анестезиологического пособия. Основными задачами анестезиологического обеспечения в электрофизиологической лаборатории являются подавление осознанного восприятия действительности (перцепции), нейровегетативная и болевая блокада, мышечная релаксация, контроль и при необходимости замещение жизненно важных функций.

В настоящее время отсутствуют четкие рекомендации по способам медикаментозной седации, лекарственным препаратам и их дозировкам с учетом особенностей вмешательства при конкретных аритмиях. В статье проводится сравнительный анализ публикаций по эффективности и безопасности различных способов анестезии при различных аритмиях, включая общую, регионарную и инфильтрационную анестезию, дополненные медикаментозной седацией или тотальной внутривенной анестезией [1, 2].

Учитывая изложенное выше, целью данной работы явился анализ проблемы анестезиологического обеспечения у больных с нарушениями ритма сердца и проводимости, подвергающихся интервенционным и хирургическим вмешательствам.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ АНЕСТЕЗИЙ

Большинство вмешательств на проводящих путях сердца (имплантация антиаритмического устройства, внутрисердечное электрофизиологическое исследование, электроимпульсная терапия и КА) могут сопровождаться общим дискомфортом и болезненными ощущениями, а неподвижность пациента необходима для повышения безопасности и качества проводимого вмешательства (использование трехмерных навигационных систем картирования). В мировой медицинской практике используются различные методы анестезии: местная (инфильтрационная, проводниковая), общая (общая ингаляционная, неингаляционная анестезия, с респираторной поддержкой или полным замещением функции внешнего дыхания), сочетанная и комбинированные методики анестезии [3].

Седация является одним из компонентов общей анестезии, но в современной практике ее уже широко применяют изолированно при различных лечебных и диагностических (как инвазивных, так и неинвазив-

ных) процедурах, где требуется обеспечить психоэмоциональный комфорт пациента, устранить ажитацию, обеспечить вынужденное положение, а также при проведении интенсивной терапии [4].

Под седацией (от лат. *sedatio* - «успокоение», также искусственная кома, медикаментозный сон) понимают состояние организма, искусственно достигаемое при помощи введения седативных лекарственных средств, которое характеризуется контролируемым отсутствием (или снижением) уровня сознания, но с сохраненными защитными рефлексам, адекватным спонтанным дыханием, реакцией на внешние физические раздражители [5]. Другими авторами седация определяется как комплекс медикаментозных и немедикаментозных воздействий, обеспечивающий физический и психический комфорт пациента при выполнении различных медицинских манипуляций [6].

Медикаментозная седация (МС) уменьшает эндокринно-метаболическую реакцию организма на стресс, улучшает соотношение «доставка/потребление кислорода», соответственно способствует снижению частоты интра- и послеоперационных осложнений [7].

В зависимости от уровня бодрствования (сознания) выделяют следующие уровни МС:

1. При минимальной (анксиолизис) или легкой (поверхностной) седации пациент находится в состоянии бодрствования, контактирует с врачом, но психическое восприятие, познавательная функция и координация могут быть нарушены.
2. При умеренной седации отмечается депрессия сознания. Пациент реагирует на словесный или легкий тактильный стимул, способен к сотрудничеству. Не требуется поддержка проходимости дыхательных путей, имеется адекватное спонтанное дыхание, сохранена функция сердечно-сосудистой системы.
3. При глубокой седации словесного контакта с пациентом нет: он спит, но реагирует на сильные (болевые) раздражители. Может потребоваться поддержка проходимости дыхательных путей, возможны нарушения спонтанного дыхания и функции сердечно-сосудистой системы.
4. При проведении общей анестезии сознание полностью подавляется в течение всего вмешательства с помощью внутривенных гипнотиков или ингаляционных анестетиков. При этом внешнее дыхание осуществляется аппаратом искусственной вентиляции легких [8].

Подходы к анестезиологическому обеспечению в электрофизиологической лаборатории в зависимости от разновидности аритмии и метода вмешательства могут варьироваться от анксиолиза до общей анестезии (ОА) с протезированием функции внешнего дыхания.

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВОДИТЕЛЕЙ РИТМА СЕРДЦА

Первые шаги в имплантации электронных устройств для электрокардиотерапии подразумевало выполнение торакотомии, но уже с конца 80-х годов прошлого века эта операция стала малоинвазивной и осуществляется без общей анестезии [9]. В повседневной практике она выполняется под местной ин-

фильтрационной анестезией. В последние годы отмечается развитие методики проводниковой блокады передней зубчатой мышцы (SAPB), блокады межреберно-плечевого нерва, межреберных нервов с третьего по шестой и длинного грудного нерва (PECSI-II) под ультразвуковым контролем в условиях легкой или умеренной МС [10, 12].

Авторами указывается на осуществимость и эффективность методики SAPB в анестезии / анальгезии во время имплантации подкожного ИКД, что позволяло уменьшить потребность в седации и сокращении продолжительности операции. Результаты одноцентрового исследования показывают, что местная анестезия с седацией является безопасным и возможным вариантом для процедур имплантации электронных водителей ритма сердца, включая сложные процедуры, такие как имплантация ИКД и трехкамерных кардиостимуляторов / дефибрилляторов [13]. Вместе с тем, нельзя полностью полагаться на данную методику, как на самостоятельный метод из-за технических особенностей выполнения региональной блокады (блок PECSII был разработан для хирургии груди) и исключать медикаментозную седацию или ОА. По нашему мнению, метод SAPB на данный момент может быть дополнительным компонентом в рамках сочетанной анестезии.

С целью МС в большинстве случаев применяется бензодиазепиновый седативный препарат - мидазолам в дозе 2-4 мг, а для пациентов старше 75 лет и весом менее 70 кг - 1-2 мг в комбинации с опиоидным анальгетиком - фентанилом (50-100 мкг, налбуфином $0,27 \pm 0,05$ мг/кг) или другими опиоидными анальгетиками. Безусловное преимущество мидазолама перед другими препаратами этого ряда еще отмечено в 80-х годах прошлого столетия: быстрое начало действия, короткая продолжительность при болюсном введении, способность вызывать антероградную амнезию. Такие особенности дают широкие возможности к использованию при инвазивных манипуляциях, благодаря чему исчезает дискомфорт у пациентов, вызванный неприятными ощущениями процедуры, а быстрая элиминация мидазолама обеспечивает адекватное спонтанное дыхание [14, 15]. В сообщении D.J.Fox и соавторов доказана безопасность и эффективность такого метода седации при имплантации более 500 ИКД и устройств для СРТ [16].

При имплантации водителей ритма сердца в настоящее время наряду с мидазоламом все чаще используется 1% раствор пропофола [17]. Непрерывное внутривенное введение пропофола обеспечивает быстрое пробуждение, меньшую послеоперационную тошноту / рвоту и меньшее время восстановления после анестезии [18]. T.Trouné-Buissonc соавторами при использовании пропофола у 269 пациентов во время имплантации электронных устройств в сердце и удаления электродов отметили в 19% случаев различные респираторные осложнения (гипоксия 86%, апноэ 30% и аспирация 2%) [19].

При ретроспективном анализе 197 имплантаций ИКД или устройств для СРТ с использованием пропофола и мидазолама К.Рандиа с соавторами обнаружил, что эти препараты, применявшиеся с целью умерен-

ного седативного эффекта, у 25% пациентов с ИКД и у 56% пациентов с устройствами для СРТ вызывали гипотонию, потребовавшую в 10% случаев коррекции артериального давления инотропными средствами при имплантации ИКД и в 24% случаев во время имплантации СРТ [20].

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СЕРДЕЧНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ

К числу наиболее уязвимых пациентов в электрофизиологической лаборатории относятся кандидаты на СРТ. У этих пациентов диагностируется сердечная недостаточность в тяжелой форме, выраженное нарушение систолической функции левого желудочка и его механическая диссинхрония в результате блокады ножки пучка Гиса с шириной комплекса QRS более 130-150 мс. Все эти факторы наряду с увеличением продолжительности операции при установке левожелудочкового электрода в целевую вену коронарного синуса значительно повышают риск развития интраоперационных осложнений. Первоначально при установке устройств для СРТ левожелудочковый электрод фиксировался эпикардially к боковой стенке левого желудочка, что требовало торакотомии под общей анестезией. Сегодня эпикардially электроды в большинстве случаев успешно устанавливаются без торакотомии и общей анестезии через венозную систему сердца [21].

Многие исследователи доказали, что операция под местной анестезией безопаснее и не оказывает отрицательного влияния на ее результат. Так, при ретроспективном анализе результатов имплантации 341 устройства для СРТ под общей анестезией выявлено, что гипотензия развилась в 43% случаев, а под местной анестезией с поверхностной или умеренной МС - всего лишь в 4% случаев. Для коррекции гипотензии у каждого четвертого пациента потребовалась инотропная поддержка [22]. В другом исследовании были представлены сходные результаты: гипотония чаще развивалась у пациентов с ОА (26% против 4%), которым также чаще требовались инотропные средства и холинолитики [23].

Условия глубокой седации могут быть необходимы при имплантации устройств для СРТ беспокойным, ажитированным пациентам, при сохранении жалоб на боли, несмотря на местную анестезию или когда пациент не может находиться длительное время в вынужденном положении на спине из-за сопутствующих заболеваний. В этих случаях для облегчения симптомов и повышения комфорта пациентов используется мидазолам или фентанил. Значимых различий в продолжительности стационарного лечения в зависимости от метода анестезии не выявлено [24].

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ПОДКОЖНОГО КАРДИОВЕРТЕРА-ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

В 70-х годах XX века Мечиславом Мировским с коллегами был разработан имплантируемый дефибриллятор, который хотя и имел множество конструк-

тивных недостатков, но в 97% справлялся с поставленными задачами, и уже в 1980 году была выполнена первая имплантация ИКД человеку [25].

Анестезиологическое обеспечение при имплантации ИКД проводится также, как при имплантации обычного электрокардиостимулятора или устройства для СРТ. При необходимости проведения интраоперационного тестирования ИКД используются методы глубокой седации с введением пропофола с фентанилом [16, 26].

Имплантация подкожного ИКД требует другого анестезиологического обеспечения, так как он устанавливается подкожно на уровне левой передней подмышечной линии. Для размещения шокового электрода требуется создание туннельного хода под кожей параллельно левой половине грудины. Обширное подкожное туннелирование и тестирование дефибриллятора с определением шокового порога требуют глубокого уровня седации или общей анестезии [27]. Однако, анестезиологическому обеспечению в опубликованных результатах двух больших клинических исследований не уделяется достаточного внимания [28]. По данным некоторых авторов при выполнении операции в условиях умеренной и глубокой МС пациенты испытывали боль и дискомфорт во время этапов туннелирования и тестирования ИКД, что предполагало углубление анестезии, но без применения миорелаксантов и использования аппарата искусственного дыхания. Для облегчения послеоперационной боли подкожно в конце операции вводили местные анестетики [29].

Стандартный подход к имплантации подкожного ИКД часто требует общей анестезии или глубокой седации под наблюдением анестезиолога. Для обеспечения анестезии/анальгезии и снижения потребности в седации во время имплантации подкожного ИКД в последнее время используется блокада передней лестничной мышцы под ультразвуковым контролем в сочетании с парастернальной блокадой [10-13].

Таким образом, сегодня большинство операций по имплантации электронных антиаритмических устройств могут проводиться под местной анестезией на фоне того или иного уровня медикаментозной седации, но без необходимости в общей анестезии с миорелаксацией и искусственного дыхания. У некоторых пациентов (имплантация устройств для СРТ, ИКД) при использовании в анестезиологическом пособии 1% раствора пропофола, наблюдается развитие интраоперационной гипотонии и/или угнетение спонтанного дыхания. Такие случаи требуют тщательного непрерывного мониторинга анестезиологом состояния пациента и являются дополнительной психологической нагрузкой для медицинского персонала.

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ АРИТМИЙ

Анестезия при катетерной аблации фибрилляции предсердий

С течением времени КА фибрилляции предсердий (ФП) из экспериментальной процедуры превратилась в терапию первой линии, о чем свидетель-

ствуют многочисленные публикации [30]. При КА происходит электрическая изоляция легочных вен от левого предсердия с помощью энергии радиочастотного тока, либо с помощью криогенной энергии [31]. Поскольку КА ФП сопровождается болезненными ощущениями и требует от пациента длительного неподвижного положения на спине, целесообразно выполнять эту операцию под общей анестезией с искусственной вентиляцией легких (ИВЛ) или тотальной внутривенной анестезией на спонтанном дыхании. Идеальная методика анестезии, которая устраивала бы и хирурга и пациента, еще не найдена.

Так, имеются публикации, в которых на большом клиническом материале показано, что ОА с ИВЛ ассоциируется с более высоким процентом успеха процедуры при меньшей длительности операции, по сравнению с умеренной седацией с использованием дормикума с фентанилом (88% против 69%, $p < 0,001$ и $2,4 \pm 1,4$ против $3,6 \pm 1,1$ часов, $p < 0,001$) [32]. Авторы предположили, что отсутствие мышечного сокращения и управляемая вентиляция во время ОА + ИВЛ позволили более стабильно удерживать аблационный катетер во время аблации. Что касается частоты осложнений, она была небольшой и одинаковой, как при КА, выполненной в условиях ОА с ИВЛ, так и в условиях умеренной и глубокой МС в сочетании с опиоидами.

Другие авторы отметили также, что КА ФП, выполненная в условиях ОА + ИВЛ, показала лучшую переносимость, позитивное восприятие процедуры, более высокую эффективность лечения и улучшение качества жизни при сравнении с умеренной и глубокой седацией на спонтанном дыхании [31]. Еще одно небольшое рандомизированное исследование показало, что пациенты, перенесшие аблацию ФП в условиях внутривенной анестезии со спонтанным дыханием, имели более высокие уровни PaCO_2 в анализе газов крови, в то время как частота осложнений и рецидивов не различалась в сравнении с ОА + ИВЛ [34].

Мета-анализ и систематический обзор публикаций результатов КА ФП у пациентов, находящихся под ОА + ИВЛ и внутривенной анестезией со спонтанным дыханием, показал, что при КА ФП с ОА + ИВЛ результаты операции лучше, чем при КА, выполненной под внутривенной анестезией со спонтанным дыханием. Что касается длительности операции и флюороскопии, не было существенной разницы этих параметров между двумя группами [35].

Однако помимо преимуществ имеются и недостатки ОА. Так, потенциальные недостатки ОА при аблации ФП включают в себя отсутствие обратной связи с пациентами, необходимость использования у некоторых пациентов инотропных препаратов, повышенный риск повреждения диафрагмального нерва и более высокая стоимость [36]. Интересное исследование провел J.S.Jr.Goode с соавторами (2006), где было показано сравнение методов респираторной поддержки между принудительной вентиляцией легких и высокочастотной струйной искусственной вентиляцией легких (HFJV), при которой отмечалось более стабильное положение задней стенки левого предсердия, что облегчило проведение катетерной аблации [37].

Из медикаментозных средств при КА ФП предсердий в большинстве случаев, отмечено использование пропофола и комбинация мидазолама с фentanилом. Наиболее часто используемым опиоидным препаратом был ремифентанил или фентанил [35].

Недостатками при использовании пропофола чаще всего явились угнетение дыхания и гипотония, невозможность оптимальной стабилизации катетера из-за нарушений спонтанного дыхания пациента, увеличение продолжительности операции, флюороскопии, частые рецидивы аритмии. В 2011 году H.Kottkamp с соавторами провели проспективное обсервационное исследование 650 пациентов, перенесших абляцию ФП в условиях глубокой седации с использованием мидазолама и фentanила с последующей инфузией пропофола. По указанным данным у 2,3% больных развилась выраженная гипотензия, у 15% потребовалось введение сосудосуживающих препаратов, а у 1,5% - выраженная гипоксия. Более того, 1,2% нуждались в ИВЛ с положительным давлением в конце выдоха [38].

Q.Liu с соавторами (2011) в своем исследовании выявили зависимость индуцируемости аритмии от дозы используемого пропофола. В работе приводятся примеры трансформации наджелудочковой тахикардии в желудочковую, угнетение электрофизиологических свойств проводящей системы сердца под влиянием пропофола. Также отмечено, что подавление калий-натриевых и кальциевых каналов кардиомиоцитов, уменьшение продолжительности потенциала действия происходит под действием клинически значимых доз пропофола. В заключении статьи обращено внимание на совокупность негативных эффектов пропофола на проводящую систему сердца [39].

Лучший респираторный гомеостаз и влияние на долгосрочные результаты операции связывают с использованием метода неинвазивной искусственной вентиляции легких при глубокой седации пропофолом у пациентов с высоким риском осложнений (например, у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна, высоким индексом массы тела, при длительной продолжительности процедуры) [40]. Методы респираторной поддержки при анестезиологическом обеспечении таких вмешательств требуют отдельного обзора ввиду множества особенностей и требований.

Относительно новый седативный препарат дексметомидин (агонист α -2 адренорецепторов с коротким периодом полувыведения) в клинической практике отмечается дозозависимым седативным эффектом, небольшой анальгезией и меньшим депрессивным респираторным действием по сравнению с пропофолом [41]. В исследовании J.S.Cho и соавторов в 2014 году сделан вывод, что комбинация дексметомидина и ремифентанила (при сравнении с комбинацией мидазолам + ремифентанил) обеспечивала более глубокую седацию, меньшее угнетение дыхания, лучшую анальгезию и более высокую удовлетворенность оператора во время КА, даже при более низкой терапевтической дозе ремифентанила [42]. При этом необходимо принимать во внимание побочные эффекты этого лекарства, которые включают брадикардию, угнетение функции проводимости и гипотонию.

Исходя из представленных статей, вопрос об оптимальном варианте анестезии для проведения КА по поводу ФП не решен однозначно. Выбор анестезии в большинстве исследований проводился между ОА + ИВЛ, тотальной внутривенной анестезией (ТВВА) / медикаментозной поверхностной или умеренной седацией со спонтанным дыханием различной глубины на фоне неинвазивной респираторной поддержки.

Общая анестезия + ИВЛ подразумевает необходимость интубации трахеи, применение высокотехнологичной аппаратуры с мониторингом жизненно важных показателей, использование миорелаксантов.

Проведение тотальной внутривенной анестезии с сохраненным спонтанным дыханием не включает обязательную интубацию с последующей вентиляцией легких, как обязательные компоненты. Однако, ввиду длительности и степени инвазивности операции, накопления концентрации седативных и анальгетических препаратов, коморбидности пациентов исключить такую вероятность невозможно. Тем не менее, пациент может целенаправленно реагировать на словесные команды во время КА. В любом случае из-за выраженного угнетения сознания при использовании седативных препаратов, требуется постоянное мониторирование параметров дыхания, гемодинамики, контроль уровня сознания и т.д. [7].

Интересные данные представлены в свежем мета-анализе и систематизированном обзоре N.Pang с соавторами (2022), где проводилось сравнение преимуществ между ОА + ИВЛ / глубокая седация (ГС) и ТВВА / поверхностной или умеренной седацией со спонтанным дыханием при катетерной абляции ФП, включая параметры процедуры и клинические результаты [43]. Обращает внимание, что авторы включили в одну группу пациентов, которым проводилась ОА + ИВЛ и глубокая седация (ГС) (в понимании отечественной медицины это ТВВА с сохраненным спонтанным дыханием). Сами авторы подчеркивают, что ОА + ИВЛ и глубокая седация имеют одинаковую глубину угнетения сознания, и это позволяло обеспечивать неподвижность пациента. В этом отношении нет четкой границы между двумя этими стратегиями. Главное отличие заключалось в обеспечении проходимости дыхательных путей и дозировке анестетика, но, если рефлексы дыхательных путей не сохранялись во время глубокой седации, то проводилось такое же обеспечение респираторной поддержки, как и при ОА + ИВЛ. Поэтому этих пациентов включили в одну группу наблюдений.

Следует отметить, что данный мета-анализ выполнен с использованием стандартов Кокрейновского сообщества доказательной медицины: гетерогенность между исследованиями оценивали по I² индексу и тесту Кокрана Q, соответственно; анализ чувствительности, включая мета-регрессию, проводили, если гетерогенность была высокой, оценка погрешности публикации оценивалась с использованием графика воронки и теста Эггера. Поэтому есть смысл подробно рассмотреть результаты этой работы.

Так, в указанной работе проанализированы исследования, которые включали 2418 пациентов и про-

водились в центрах по всему Китаю, Великобритании и других странах. Средний возраст участников, в основном пациентов мужского пола (70,5%), составил 61,2 года. Во всех исследованиях использовалась радиочастотная энергия для выполнения изоляции легочных вен, и при необходимости проводилась дополнительная абляция.

Проведенный авторами мета-анализ показал, что ОА + ИВЛ / ГС связана с более низкой частотой рецидивов катетерной абляции ФП ($p = 0,03$), чем поверхностная или умеренная седация со спонтанным дыханием.

В данной работе проанализированы также затраты и осложнения в зависимости от вида анестезии. Оказалось, что не было существенной разницы между двумя группами для процедурного времени ($p = 0,35$) и времени рентгеноскопии ($p = 0,60$), в то время как время абляции было короче в группе ОА + ИВЛ / глубокой седации ($p = 0,008$). Общая частота осложнений и частота серьезных нежелательных явлений были статистически незначимы между двумя группами ($p = 0,07$ и $p = 0,94$).

На основании проведенной работы авторы делают заключение, что ОА + ИВЛ / ГС может снизить риск рецидива после абляции ФП без увеличения частоты осложнений, сократить продолжительность абляции, хотя нет статистической разницы в других процедурных параметрах между ОА + ИВЛ / ГС и седацией легкой / средней степени со спонтанным дыханием. Если суммировать выводы представленных исследований, роль анестезиологов в работе лаборатории ЭФИ в проводимых процедурах значительна [44].

Такие же выводы находят подтверждение в результатах опроса 479 анестезиологов и кардиологов по теме анестезиологической помощи при малоинвазивных процедурах в кардиологии. 92% из опрошенных отметили, что привлечение анестезиологов увеличивает удовлетворенность пациента операцией, однако практическое внедрение анестезиологов в кардиологическую практику идет медленно: только 66% респондентов отметили увеличение участия анестезиологов в малоинвазивных процедурах [45].

Общая анестезия и глубокая седация с использованием искусственной механической вентиляции или неинвазивной респираторной поддержки, по нашему мнению, являются предпочтительными методами анестезиологического пособия во время КА у больных с фибрилляцией предсердий, особенно в случаях, когда предполагается длительная операция у пожилых и/или коморбидных пациентов. Привлечение анестезиологов к участию в малоинвазивных сердечных процедурах повышает безопасность и улучшает качество оказания медицинской помощи.

В последнее время при проведении радиочастотной абляции ФП чаще стала использоваться ингаляционная анестезия (ингаляционная седация). Главным достоинством ингаляционной анестезии является надежное гипнотическое воздействие, обеспечиваемое такими эффективными и безопасными галогенсодержащими анестетиками, как изофлуран и севофлуран. Ингаляционная анестезия может быть проведена с помощью ларингеальной маски либо путем интуба-

ции трахеи [44]. К преимуществам данного вида анестезии можно отнести: управляемость (стабильность концентрации без нарушения гемодинамики, также, за считанные секунды можно увеличить или уменьшить концентрацию газа или вообще прекратить его подачу); низкая токсичность изофлурана (не метаболизируется в организме и выводится через легкие); быстрое пробуждение. Недостаток ингаляционной анестезии - дорогое техническое обслуживание и недостаточное обезболивание (зачастую требуется введение дополнительных препаратов).

Анестезиологическое обеспечение при катетерной абляции наджелудочковой тахикардии

Основной целью седации при электрофизиологическом исследовании и абляции по поводу наджелудочковой тахикардии (НЖТ) является достижение баланса между комфортом пациента и уровнем седации, который позволяет вызвать аритмию. КА при НЖТ, как правило, выполняют под ТВВА с легкой и умеренной седацией с использованием бензодиазепинов и опиатов на сохраненном спонтанном дыхании. В особых клинических случаях (ажитированные пациенты, сохранение жалоб на боли, на фоне местной анестезии, длительное вынужденное положение на операционном столе, сопутствующие заболевания) она может выполняться под ОА + ИВЛ / ГС. Следует обратить внимание на то, что любая степень седации снижает индуцируемость аритмии. В отличие от пропофола и дексметомедина бензодиазепины с опиатами оказывают меньшее влияние на электрофизиологические свойства проводящей системы, включая свойства дополнительного АВ-соединения [44-46]. Дексметомедин подавляет функцию автоматизма синусового узла и оказывает отрицательное дромотропное действие на АВ-соединение. Этим обусловлено снижение индуцируемости НЖТ во время электрофизиологического исследования и КА [47]. Поэтому использовать данный препарат у такой категории больных в электрофизиологической лаборатории нежелательно.

Анестезиологическое обеспечение при катетерной абляции желудочковых аритмий

При выборе методов седации при КА желудочковых аритмий (ЖА) необходимо учитывать возраст пациента, наличие сопутствующих заболеваний, методы доступа (эндокардиальная и/или эпикардиальная абляция), риск обструкции дыхательных путей, а также пожелание пациента. При ОА / ГС обеспечивается комфортное состояние пациента, что облегчает эпикардиальный доступ, а также создаются оптимальные условия для манипуляций катетером при картировании и абляции, особенно при длительных процедурах. Однако основным недостатком ОА / ГС является потенциальное подавление ЖА. Устранение психического стресса и связанного с ним изменения вегетативного тонуса во время ОА / ГС может уменьшить спонтанную манифестацию катехоламин-зависимой ЖА и индукцию реципрокной ЖТ. Ингаляционные анестетики (севофлуран, изофлуран) удлиняют продолжительность потенциала действия и рефрактерность желудочков, а дексметомидин снижает симпатический тонус [44].

Поэтому во время КА использование этих препаратов следует избегать [48]. Как указывалось выше, у пациентов, получавших дексмететомидин, наблюдалось значительное снижение общей частоты желудочковых аритмий (ОР 0,35, 95% ДИ 0,16, 0,76), и значительное снижение риска ЖТ по сравнению с контролем (ОР 0,25, 95% ДИ 0,08, 0,80, I20%) [49].

Более того, большинство анестетиков, используемых для седации и обезболивания снижают сократительную способность миокарда, артериальное давление, с риском усугубления во время ЖТ, что может потребовать использования вазопрессоров. Отмечено, что использование таких анестетиков, как пропофол, у пациентов с ЖА на фоне тяжелых нарушений функции ЛЖ может привести к выраженной гипотонии во время КА. Использование таких анестетиков должно быть однозначно обосновано. Тем не менее, эффекты пропофола на электрофизиологические свойства сердца разнообразны и в некоторых случаях подавление ЖА может оказать позитивную роль. К примеру, купирование желудочковой тахикардии и подавление электрического шторма желудочков [50]. Еще одним недостатком ОА / ГС с применением миорелаксантов является повышенный риск повреждения диафрагмального нерва, поскольку медикаментозная миорелаксация затрудняет идентификацию диафрагмального нерва во время эпикардальной аблации [51].

Однозначного ответа на вопрос, какой метод седации требуется во время КА у больных с идиопатической желудочковой аритмией (экстрасистолией и/или тахикардией) нами определено не было. Во многих клиниках КА по данному поводу выполняется под легкой седацией с использованием бензодиазепинов. У некоторых больных с идиопатической формой желудочковой тахикардии введение таких препаратов отрицательно влияет на индуцируемость аритмии. Поэтому мы в своей практике стараемся избегать использования указанных препаратов и лишь в отдельных клинических ситуациях прибегаем к легкой или умеренной седации [52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при имплантации электронных водителей ритма, выполнении КА по поводу ФП,

наджелудочковых и желудочковых аритмий следует придерживаться следующих принципов: привлечение анестезиологов к участию в малоинвазивных сердечных процедурах улучшает качество и безопасность оказания медицинской помощи. Пациентам, подвергающимся аритмологической операции, показана тщательная предоперационная оценка для определения оптимальной стратегии седации и обезболивания, план анестезии должен быть адаптирован к пациенту. Коморбидность (патологическое ожирение, хроническая респираторная патология), прием психоактивных и/или опиоидных анальгетиков при хронической боли и др. должны быть решающим значением в пользу ОА + ИВЛ.

Разумно избегать ОА и более глубоких уровней седации у пациентов при имплантации электронных водителей ритма (исключение - подкожный кардиовертер-дефибриллятор), адекватная местная (регионарная) анестезия имеет решающее значение для комфорта пациента. КА по поводу наджелудочковых аритмий, идиопатической ЖТ, особенно если подозревается, что аритмия чувствительна к катехоламинам или не была индуцирована при предыдущей операции, также должны проводиться с минимальной анестезией.

При отсутствии показаний к ОА + ИВЛ, умеренная или глубокая седация (инфузия пропофола, мидазолам, фентанил) + неинвазивная респираторная поддержка с интенсивным мониторингом жизненно важных функций организма может использоваться у гемодинамически стабильных пациентов с различными аритмиями, когда предполагается длительная процедура и требуются более инвазивные методы (эпикардальный доступ). ОА + ИВЛ или ГС с респираторной поддержкой являются предпочтительными методами анестезиологического пособия во время КА у больных с фибрилляцией предсердий, эпикардальной аблацией желудочковых аритмий, особенно в случаях, когда предполагается длительная операция у пожилых и/или коморбидных пациентов. Следует отметить также, что по данным последних исследований выбор анестезии, в большинстве своем, обусловлен характеристиками пациента и институциональными факторами, не влияя на долгосрочные результаты, такие как рецидивы ФП или частота осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия ЛА, Ревивили А.Ш. Интервенционная и хирургическая аритмология: современное состояние, проблемы и перспективы развития. *Медицинская техника*. 2002;6: 7-8. [Bokeria LA, Revishvili AS. Interventionnaya i khirurgicheskaya aritmologiya: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya. *Meditsinskaya tekhnika*. 2002;6: 7-8. (In Russ.)]
2. Palmisano P, Ziacchi M, Angeletti A, et al. The Practice of Deep Sedation in Electrophysiology and Cardiac Pacing Laboratories: Results of an Italian Survey Promoted by the AIAC (Italian Association of Arrhythmology and Cardiac Pacing). *J Clin Med*. 2021;10(21): 5035. <https://doi.org/10.3390/jcm10215035>.
3. Потиевская ВИ, Заболотских ИБ, Гридчик ИЕ, и др. Седация пациентов в отделениях анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии. Методические рекомендации. *Анестезиология и реаниматология*. 2023;(5): 624. [Potievskaya VI, Zabolotskikh IB, Gridchik IE, et al. Sedation of patients in intensive care units. Guidelines. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2023;(5): 624. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology20230516>.
4. Lü F, Lin J, Benditt DG. Conscious sedation and anesthesia in the cardiac electrophysiology laboratory. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013;24(2): 237-245. <https://doi.org/10.1111/jce.12001>.
5. Essandoh MK, Mark GE, Aasbo JD, et al. Anesthesia for subcutaneous implantable cardioverter-defibrillator implantation: Perspectives from the clinical experience of a U.S. panel of physicians. *Pacing Clin Electrophysiol*.

- 2018;41(7): 807-816. <https://doi.org/10.1111/pace.13364>.
6. Бунятян АА, Мизикова ВМ. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 656 с. [Anesthesiology: national guidelines: a short edition / edited by A.A. Bunyatyan, V.M. Mizikov. Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 656 p. (In Russ.)]. ISBN 978-5-9704-5709-2.
7. Walsh TS, Kydonaki K, Antonelli J, et al. Staff education, regular sedation and analgesia quality feedback, and a sedation monitoring technology for improving sedation and analgesia quality for critically ill, mechanically ventilated patients: a cluster randomised trial. *Lancet Respir Med*. 2016;4(10):807-817. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(16\)30178-3](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(16)30178-3).
8. Козлов И.А. Современные подходы к седации в отделениях реанимации и интенсивной терапии. *Медицинский алфавит*. 2013;1(38): 2232. [Kozlov IA. Modern approaches to sedation in intensive care units. *Meditsinskij alfavit*. 2013;1(38): 2232. (In Russ.)].
9. Fitzpatrick AP, Lesh MD, Epstein LM, et al. Electrophysiological laboratory, electrophysiologist-implanted, nonthoracotomy-implantable cardioverter/defibrillators. *Circulation*. 1994;89(6): 2503-2508. <https://doi.org/10.1161/01.cir.89.6.2503>.
10. Zhang Y, Min J, Chen S. Analgesic Efficacy of Regional Anesthesia of the Hemithorax in Patients Undergoing Subcutaneous Implantable Cardioverter-Defibrillator Placement. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;35(11): 3288-3293. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.02.052>.
11. Szamborski M, Janc J, Leśnik P, et al. Ultrasound-Guided Pectoratus Plane Block and Superficial Serratus Anterior Plane Block for Subcutaneous Implantable Cardioverter-Defibrillator Implantation: A Comparative Study. *Med Sci Monit*. 2023;29: e940541. Published 2023 Jul 21. <https://doi.org/10.12659/MSM.940541>.
12. Uran C, Giojelli A, Borgogna DA, et al. Ultrasound-guided serratus anterior plane block combined with parasternal block in subcutaneous implantable cardioverter defibrillator implantation: Results of a pilot study. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2020;43(7): 705-712. <https://doi.org/10.1111/pace.13944>.
13. Ziacchi M, Bisignani G, Palmisano P, et al. Serratus anterior plane block in subcutaneous implantable cardioverter defibrillator implantation: A case-control analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;31: 144-149. <https://doi.org/10.1111/jce.14293>.
14. Сумин СА. Мидазолам: возможности и перспективы использования в интенсивной терапии. *Медицинский алфавит*. 2017;3(29): 47-52. [Sumin SA. Midazolam: opportunities and prospects for use in intensive care. *Medical alphabet*. 2017;3(29): 47-52. (In Russ.)].
15. Miśkowiec D, Kasprzak JD, Wejner-Mik P, et al. Conscious sedation during cryoballoon ablation of atrial fibrillation: a feasibility and safety study. *Minerva Cardioangiol*. 2018;66(2): 143-151. <https://doi.org/10.23736/S0026-4725.17.04505-4>.
16. Fox DJ, Davidson NC, Bennett DH, et al. Safety and acceptability of implantation of internal cardioverter-defibrillators under local anesthetic and conscious sedation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2007;30: 992-997. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2007.00816.x>.
17. Marquie C, Duchemin A, Klug D, et al. Can we implant cardioverter defibrillator under minimal sedation?. *Europace*. 2007;9(7): 545-550. <https://doi.org/10.1093/europace/eum060>.
18. Kaya E, Südkamp H, Lortz J, et al. Feasibility and safety of using local anaesthesia with conscious sedation during complex cardiac implantable electronic device procedures. *Sci Rep*. 2018;8(1): 7103. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25457-x>.
19. Trouvé-Buisson T, Arvieux L, Bedague D, et al. Anaesthesiological support in a cardiac electrophysiology laboratory: a single-centre prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2013 Nov;30(11): 658-63. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e3283626095>.
20. Pandya K, Patel MB, Natla J, et al. Predictors of hemodynamic compromise with propofol during defibrillator implantation: a single center experience. *J Interv Card Electrophysiol*. 2009;25(2): 145-151. <https://doi.org/10.1007/s10840-008-9355-6>.
21. Шаталов КВ, Сергуладзе СЮ, Абдуразаков МА, и др. Сердечная ресинхронизирующая терапия: альтернативные методы имплантации левожелудочкового электрода. *Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия*. 2024;3(3): 39-49. [Shatalov KV, Serguladze SY, Abdurazakov MA, et al. Cardiac resynchronization therapy: alternative methods of left ventricular electrode implantation. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery*. 2024;3(3): 39-49. (In Russ.)].
22. Pfau G, Schilling T, Kozian A, et al. Outcome after implantation of cardiac resynchronization/defibrillation systems in patients with congestive heart failure and left bundle-branch block. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2010;24(1): 30-36. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2009.07.009>.
23. Theron P, Guha K, Mantziari L, et al. General anesthesia versus sedation for implantation of a biventricular pacing device for cardiac resynchronization therapy. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014;28: 280-284. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.07.008>.
24. Looi KL, Lee AS, Cole K, et al. Conscious sedation and analgesia use in cardiac device implantation. *Int J Cardiol*. 2013;168(1): 561-563. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.01.167>.
25. Ладеев АЮ, Марочков АВ, Дмитриева ВН. История создания и развития имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов. *Новости хирургии*. 2016;24(4): 317-327. [Ladeev AYU, Marochkov AV, Dmitrieva VN. The history of the creation and development of implantable cardioverter defibrillators. *Surgery news*. 2016;24(4): 317-327. (In Russ)] <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2016.4.317>.
26. Sayfo S, Vakil KP, Alqaqa'a A, et al. A retrospective analysis of proceduralist-directed, nurse-administered propofol sedation for implantable cardioverter-defibrillator procedures. *Heart Rhythm*. 2012;9(3): 342-346. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2011.10.009>.
27. Cappato R, Smith WM, Hood MA, et al. Subcutaneous chronic implantable defibrillation systems in humans. *J Interv Card Electrophysiol*. 2012;34(3): 325-332. <https://doi.org/10.1007/s10840-012-9665-6>.
28. Burke MC, Gold MR, Knight BP, et al. Safety and Efficacy of the Totally Subcutaneous Implantable Defibrillator: 2-Year Results From a Pooled Analysis of the

- IDE Study and EFFORTLESS Registry. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65(16): 1605-1615. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.02.047>.
29. Essandoh MK, Portillo JG, Weiss R, et al. Anesthesia care for subcutaneous implantable. *J Clin Anesth*. 2016;31: 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2015.11.009>.
30. Blomström-Lundqvist C, Gizurarson S, Schwieler J, et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Medication on Quality of Life in Patients With Atrial Fibrillation: The CAPTAF Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321(11): 1059-1068. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.0335>.
31. Hoffmann E, Straube F, Wegscheider K, et al. Outcomes of cryoballoon or radiofrequency ablation in symptomatic paroxysmal or persistent atrial fibrillation. *Europace*. 2019;21(9): 1313-1324. <https://doi.org/10.1093/europace/euz155>.
32. Di Biase L, Conti S, Mohanty P, et al. General anesthesia reduces the prevalence of pulmonary vein reconnection during repeat ablation when compared with conscious sedation: results from a randomized study. *Heart Rhythm*. 2011;8(3): 368-372. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.10.043>.
33. Stašková K, Bulava A, Tesařík R, et al. Radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation performed under general anesthesia: results of a unicentric randomized trial. *Vnitr Lek*. 2017;63(3): 163-169.
34. Firme EB, Cavalcanti IL, Barrucand L, et al. Curative ablation of atrial fibrillation: comparison between deep sedation and general anesthesia. *Rev Col Bras Cir*. 2012;39(6): 462-468. <https://doi.org/10.1590/s0100-69912012000600004>.
35. Li Ka Hou C, Sang T, Chan C, et al. Anesthesia use in catheter ablation for atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Heart Asia*. 2019;11(2): e011155. <https://doi.org/10.1136/heartasia-2018-011155>.
36. Gerstein NS, Young A, Schulman PM, et al. Sedation in the Electrophysiology Laboratory: A Multidisciplinary Review. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(6): e003629. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.003629>.
37. Goode JS Jr, Taylor RL, Buffington CW, et al. High-frequency jet ventilation: utility in posterior left atrial catheter ablation. *Heart Rhythm*. 2006;3(1): 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2005.09.013>.
38. Kottkamp H, Hindricks G, Eitel C, et al. Deep sedation for catheter ablation of atrial fibrillation: a prospective study in 650 consecutive patients. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2011;22(12): 1339-1343. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2011.02120.x>.
39. Liu Q, Kong AL, Chen R, et al. Propofol and arrhythmias: two sides of the coin. *Acta Pharmacol Sin*. 2011 Jun;32(6): 817-23. <https://doi.org/10.1038/aps.2011.42>.
40. Vevecka A, Schwab C, Forkmann M, et al. Predictive Factors and safety of noninvasive mechanical ventilation in combination with propofol deep sedation in left atrial ablation procedures. *Am J Cardiol*. 2019;124(2): 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.04.013>.
41. Sairaku A, Yoshida Y, Hirayama H, et al. Procedural sedation with dexmedetomidine during ablation of atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *Europace*. 2014;16(7): 994-999. <https://doi.org/10.1093/europace/eut363>.
42. Cho JS, Shim JK, Na S, et al. Improved sedation with dexmedetomidine-remifentanyl compared with midazolam-remifentanyl during catheter ablation of atrial fibrillation: a randomized, controlled trial. *Europace*. 2014;16(7): 1000-6. <https://doi.org/10.1093/europace/eut365>.
43. Pang N, Gao J, Zhang N, et al. Comparison of the Different Anesthesia Strategies for Atrial Fibrillation Catheter Ablation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiol Res Pract*. 2022;2022: 1124372. <https://doi.org/10.1155/2022/1124372>.
44. Yildiz M, Yilmaz Ak H, Oksen D, et al. Anesthetic Management In Electrophysiology Laboratory: A Multidisciplinary Review. *J Atr Fibrillation*. 2018;10(5):1775. <https://doi.org/10.4022/jafib.1775>.
45. Nelson EW, Woltz EM, Wolf BJ, et al. A Survey of Current Anesthesia Trends for Electrophysiology Procedures. *Anesth Analg*. 2018;127(1): 46-53. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000003376>.
46. Kovoov P, Porter R, Uther JB, Ross DL. Efficacy and safety of a new protocol for continuous infusion of midazolam and fentanyl and its effects on patient distress during electrophysiological studies. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1997;20(11): 2765-2774. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.1997.tb05434.x>.
47. Khan ZP, Ferguson CN, Jones RM. alpha-2 and imidazoline receptor agonists. Their pharmacology and therapeutic role. *Anaesthesia*. 1999;54(2): 146-165. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.1999.00659.x>.
48. Terao Y, Higashijima U, Toyoda T, et al. The effects of intravenous anesthetics on QT interval during anesthetic induction with sevoflurane. *J Anesth*. 2016;30(6): 929-934. <https://doi.org/10.1007/s00540-016-2252-8>.
49. Zhong Q, Kumar A, Deshmukh A, Bennett C. Dexmedetomidine Reduces Incidences of Ventricular Arrhythmias in Adult Patients: A Meta-Analysis. *Cardiol Res Pract*. 2022;2022: 5158362. <https://doi.org/10.1155/2022/5158362>.
50. Shannon K, Saltzman D, Li I, et al. Ventricular tachycardia converts to sinus rhythm after administration of propofol. *Am J Emerg Med*. 2021;48: 377.e1-377.e3. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.04.028>.
51. Patel S, Deng J, Zubair A, et al. Sedation Versus General Anesthesia for Ablation of Ventricular Arrhythmias: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Card Anaesth*. 2025;28(2):119-127. https://doi.org/10.4103/aca.aca_229_24.
52. Половинка ВС, Демьяненко, АВ, Стеклов ВИ, и др. Инновационные методы лечения желудочковых аритмий сердца. *Военно-медицинский журнал*. 2014;335(11): 44-52. [Polovinka VS, Demyanenko AV, Steklov VI, et al. Innovative methods of treatment of ventricular arrhythmias of the heart. *Military Medical Journal*. 2014;335(11): 44-52. (In Russ)]. <https://doi.org/10.17816/RMMJ74301>.

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ

Д.А.Степанов¹, А.А.Татарина¹, А.П.Немирко², Л.А.Манило²

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А.Алмазова» МЗ РФ, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; ²ФГАОУВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина), Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, лит. Ф.

Среди исследований проблемы ЭКГ-стратификации риска внезапной сердечной смерти и жизнеугрожающих желудочковых аритмий представляют интерес новые подходы к анализу ЭКГ-данных и маркеров электрической нестабильности миокарда на их основе. В частности, заслуживают внимания показатели, получаемые с помощью векторного, частотного и нелинейного анализа ЭКГ-данных, продемонстрировавшие ценность в качестве предикторов опасных желудочковых аритмий и внезапной сердечной смерти.

Ключевые слова: электрокардиография; внезапная сердечная смерть; желудочковая тахикардия; фибрилляция желудочков; вариабельность сердечного ритма; глобальная электрическая гетерогенность; периодическая динамика реполяризации; энтропия реполяризации

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 17.07.2025 **Исправленная версия получена:** 03.08.2025 **Принята к публикации:** 06.08.2025

Ответственный за переписку: Степанов Данила Александрович, E-mail: daniel36611b@gmail.com

Д.А.Степанов - ORCID ID 0000-0001-7032-8800, А.А.Татарина - ORCID ID 0000-0001-5955-2529, А.П.Немирко - ORCID ID 0000-0001-6459-626X, Л.А.Манило - ORCID ID 0000-0002-8796-5299

Для цитирования: Степанов ДА, Татарина АА, Немирко АП, Манило ЛА. Новые электрокардиографические маркеры внезапной сердечной смерти. *Вестник аритмологии*. 2025;32(3): e1-e14. <https://doi.org/10.35336/VA-1550>.

NOVEL ELECTROCARDIOGRAPHIC RISK PREDICTORS OF SUDDEN CARDIAC DEATH

D.A.Stepanov¹, A.A.Tatarinova¹, A.P.Nemirko², L.A.Manilo²

FSBI "Almazov National Medical Research Centre" of the MH RF, Russia, Saint-Petersburg, 2 Akkuratova str.;
²FSAEIH Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I.Ulyanov (Lenin), Russia, Saint Petersburg, 5 Professor Popov str., lit. F.

Among studies addressing ECG-based risk stratification for sudden cardiac death and life-threatening ventricular arrhythmias, novel approaches to ECG data analysis and derived markers of myocardial electrical instability are of particular interest. Notably, metrics obtained through vector-based, frequency-domain, and nonlinear ECG analysis have demonstrated significant value as predictors of high-risk ventricular arrhythmias and sudden cardiac death.

Key words: electrocardiography; sudden cardiac death; ventricular tachycardia; ventricular fibrillation; heart rate variability; global electric heterogeneity; periodic repolarization dynamics; entropy of repolarization

Conflict of Interest: none.

Funding: none.

Received: 17.07.2025 **Revision Received:** 03.08.2025 **ACCC Cepted:** 06.08.2025

Corresponding Author: Danila Stepanov, E-mail: daniel36611b@gmail.com

D.A.Stepanov - ORCID ID 0000-0001-7032-8800, A.A.Tatarinova - ORCID ID 0000-0001-5955-2529, A.P.Nemirko - ORCID ID 0000-0001-6459-626X, L.A.Manilo - ORCID ID 0000-0002-8796-5299

For citation: Stepanov DA, Tatarinova AA, Nemirko AP, Manilo LA. Novel electrocardiographic risk predictors of sudden cardiac death. *Journal of arrhythmology*. 2025;32(3): e1-e14. <https://doi.org/10.35336/VA-1550>.

Внезапная сердечная смерть (ВСС) - одна из важнейших проблем современного здравоохранения. Согласно современным представлениям, наиболее частой ее причиной являются жизнеугрожающие желудочковые

аритмии (ЖА), к которым относятся устойчивая желудочковая тахикардия (ЖТ) и фибрилляция желудочков (ФЖ).

В рамках современного подхода к изучению ЖА рассматривается комплексный «портрет» аритмии, со-

стоящий из ее субстрата, представленного основным заболеванием, ее клинико-электрокардиографических и электрофизиологических характеристик (в том числе связи с провоцирующими, или триггерными, факторами) и электрокардиографических (ЭКГ) показателей электрической нестабильности миокарда (ЭНМ). ЭКГ-маркеры ЭНМ способны отражать различные факторы аритмогенеза: как субстрат, так и триггеры, и призваны расширить возможности прогнозирования развития жизнеугрожающих ЖА.

В обзоре, посвященном ЭКГ-маркерам ЭНМ, авторами было предложено разделение маркеров на две группы - общепризнанные и новые. Показатели первой группы широко известны исследователям и практикующим врачам, этим маркерам посвящено большое число исследований и мета-анализов, и некоторые из маркеров уже включены в клинические рекомендации [1]. В то же время благодаря развитию информационных технологий и росту вычислительных мощностей перед исследователями открываются новые возможности обработки и анализа ЭКГ-сигнала для извлечения из него ранее недоступной информации. Показатели, получаемые с помощью таких методик (далее - «новые ЭКГ-маркеры»), представляют интерес для дальнейшего изучения и оценки клинической применимости.

Целью данного обзора является анализ исследований, посвященных некоторым новым ЭКГ-маркерам ЭНМ как предикторам риска жизнеугрожающих ЖА и ВСС: гипотезам, лежащим в их основе, особенностям их оценки и нюансам клинической интерпретации результатов.

В обзоре рассмотрены результаты исследований за 2015-2025 гг. Базовая стратегия поиска представлена

в табл. 1. В контексте данной работы предложено разделить рассматриваемые новые ЭКГ-маркеры ЭНМ на 3 группы на основе подхода к анализу ЭКГ-сигнала и производных данных.

Анализ диагностически важных параметров, измеряемых непосредственно на ЭКГ. Оценивается динамика численных значений показателей во времени и анализируется их корреляция с риском опасных ЖА и ВСС. В рамках обзора представляет интерес группа новых векторкардиографических (ВКГ) показателей, в совокупности называемых параметрами глобальной электрической гетерогенности (ГЭГ):

- пространственный угол QRST - угол между векторами петель деполяризации и реполяризации, представляющий собой трехмерный аналог фронтального угла QRST, являющегося признанным маркером ЭНМ;
- вектор пространственного желудочкового градиента (ПЖГ) и суммарный абсолютный интеграл QRST (САИ QRST) - показатели, отражающие гетерогенность процессов деполяризации и реполяризации миокарда.

Частотный анализ динамического ряда ЭКГ-параметра, связанного с реполяризацией миокарда. Для оценки используется преобразование последовательности значений углов между осями соседних зубцов Т в спектральную область либо прямой анализ частотной картины зубца Т. Изучается изменение этих параметров и сравнение с пороговыми значениями. Представляют интерес частотные ЭКГ-маркеры, отражающие эти разные подходы:

- периодическая динамика реполяризации (ПДР) - мощность спектра в низкочастотной области, оцениваемая для ряда углов между осями соседних зубцов Т на записях ЭКГ длительностью 20 мин;

Таблица 1.

Стратегия поиска публикаций в наукометрических базах за период 2014-2025 гг.

Язык	Средства поиска	Комбинации ключевых слов	
Английский	PubMed, Google Scholar, Scopus	Основная	(SCD OR Sudden cardiac death OR Sudden arrhythmic death) AND (ECG OR Electrocardiography OR Electrocardiographic) AND (New OR Novel) AND (Markers OR Predictors)
		Уточняющая	(Ventricular AND (Arrhythmia OR Dysrhythmia)) AND (ECG OR Electrocardiography OR Electrocardiographic) AND (New OR Novel) AND (Markers OR Predictors)
		Уточняющая	(SCD OR Sudden cardiac death OR Sudden arrhythmic death) AND (Entropy OR Nonlinear dynamics OR Frequency OR Transform OR <дополнительные уточняющие ключевые слова>)
		Уточняющая	<Название заболевания> AND <Название нового ЭКГ-маркера>
Русский	Google Scholar, eLibrary, Cyberleninka	Основная	(ВСС ИЛИ Внезапная сердечная смерть ИЛИ Внезапная аритмическая смерть) И (Новые) И (ЭКГ ИЛИ Электрокардиографические) И (Маркеры ИЛИ Предикторы)
		Уточняющая	(Желудочковые И (Аритмии ИЛИ Нарушения ритма)) И (Новые) И (ЭКГ ИЛИ Электрокардиографические) И (Маркеры ИЛИ Предикторы)
		Уточняющая	(ВСС ИЛИ Внезапная сердечная смерть ИЛИ Внезапная аритмическая смерть) И (Энтропия ИЛИ Нелинейная динамика ИЛИ Частотная ИЛИ Преобразование ИЛИ <дополнительные уточняющие ключевые слова>)
		Уточняющая	(Название заболевания) И (Название нового ЭКГ-маркера)

- f_{99} - частота, на которой нормализованная мощность спектра зубца Т достигает 99%.

Нелинейный анализ динамического ряда ЭКГ-параметра (интервалов RR, QT). С помощью этого подхода оцениваются наличие и выраженность нелинейных компонент на фоне детерминированных и случайных составляющих временного ряда. Из нелинейных ЭКГ-маркеров интерес вызывают энтропийные (энтропия BCP, энтропия реполяризации) и фрактальные методы (в частности, анализ детрендированных флуктуаций (DFA)):

- комбинация линейных (статистических и частотных) и нелинейных (энтропийных, фрактальных) параметров BCP, измеренных на последовательности RR-интервалов с применением методов машинного обучения (например, k -ближайших соседей, опорных векторов) для решения задачи стратификации или предикции риска опасных ЖА и ВСС;
- нелинейные параметры фазы реполяризации, рассчитываемые на основе последовательности выбранных интервалов ЭКГ.

СВОЙСТВА ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Ключевыми свойствами линейных систем являются аддитивность (равенство реакции системы на входное воздействие сумме реакций ее компонентов), гомогенность (пропорциональность реакции системы входному воздействию) и инвариантность (одинаковый характер изменений во времени входного воздействия и реакции системы). Благодаря этим свойствам, изучение, моделирование и прогнозирование поведения линейных систем существенно упрощается.

Отличительной особенностью нелинейных систем, как следует из названия, является отсутствие вышеописанных свойств, что обуславливает возможность проявления в них новых феноменов и процессов: хаотичности (сильной зависимости от начальных условий), мультистабильности (наличия нескольких устойчивых состояний), эмерджентности (возникновения свойств, не присущих отдельным элементам системы), масштабной инвариантности и самоподобия (свойства сохранять или повторять свою структуру на разных масштабах), эволюции состояния во времени, самоорганизации и адаптивности.

Исследование и прогнозирование поведения нелинейных систем представляют значительную сложность. В то же время, с использованием численных характеристик хаотичности (энтропия, показатели Ляпунова, фрактальная размерность, фазовый портрет и др.), по временному ряду могут быть оценены некоторые свойства исследуемой динамической системы с получением ряда важных прогностических параметров.

НЕЛИНЕЙНЫЕ И ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Для биологических систем характерно большое количество уровней организации и богатство взаимодействий между компонентами, обуславливающее их нелинейный характер. Сердечно-сосудистая систе-

ма (ССС) не является исключением и демонстрирует нелинейные свойства на всех уровнях организации: от единичного кардиомиоцита (зависимость реакции на стимул от текущей фазы потенциала действия) до сердца как органа (нарушение линейности закона Франка-Старлинга при патологически повышенной преднагрузке) и СССР в целом (комплексная нейрогуморальная регуляция АД и ЧСС с участием петель обратной связи).

Другим важным свойством многих биологических систем является фрактальность (самоподобие и повторяемость на разных масштабах). В СССР это свойство проявляется как в структуре, так и в поведении. В частности, фрактальным или фракталоподобным может считаться ветвление проводящей системы и иерархически связанное функционирование регуляторных петель обратной связи от клеточного до системного уровня.

Биосигналы СССР (ЭКГ, ритмограмма и другие) при определенных условиях рассматриваются как процессы, генерируемые режимом детерминированного хаоса, в котором на фоне видимых нерегулярных изменений могут быть выявлены детерминированные нелинейные компоненты [2, 3].

Динамическая система, генерирующая эти сигналы, эволюционирует во времени таким образом, что текущий анализ её состояния позволяет прогнозировать её поведение в будущем, то есть обладает итеративностью (англ. iteration - повторение). Это является основой для исследования и прогнозирования развития физиологической системы по совокупности нелинейных параметров, измеренных в текущий или предыдущий моменты времени.

Таким образом, можно предположить, что нелинейный, динамический, итеративный и фрактальный характер процессов, протекающих в СССР, определяет свойства генерируемых этой системой биосигналов. Поведение нелинейных систем может быть описано линейными методами (линеаризовано), однако для этого необходимо нахождение системы около точки равновесия: примером этого является анализ ЭКГ в покое. Эти ограничения подтверждают перспективность новых ЭКГ-маркеров ЭНМ, получаемых методами нелинейного анализа. Нелинейные показатели обладают более высокой точностью и надежностью извлечения информации из сигнала в условиях хаотичного, динамического поведения его источника, но являются более сложными для расчета.

АНАЛИЗ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗМЕРЯЕМЫХ ЭКГ-ПОКАЗАТЕЛЕЙ

На основе данных исходного ЭКГ-сигнала измеряются многие временные и амплитудные параметры. В эту группу входят различные интервалы, многие из которых уже стали признанными маркерами ЭНМ, и ВКГ-показатели (векторы, углы, площади), среди которых были выявлены новые маркеры ЭНМ.

Особый интерес для стратификации риска опасных ЖА и ВСС представляет оценка пространственно-временной динамики электрических процессов в миокарде в норме и при патологии. Эта динамика может

быть описана с помощью геометрических средств (векторов, углов, площадей): общеизвестными примерами такого описания являются электрические оси комплекса QRS, зубцов Р и Т. Различия направлений векторов количественно выражаются через углы, среди которых широко известен фронтальный угол QRST. По стандартной ЭКГ векторы и углы могут быть легко рассчитаны для фронтальной плоскости, но для их оценки в трехмерном пространстве наиболее удобна ЭКГ, зарегистрированная в ВКГ системе отведений (наиболее часто - по Франку) или преобразованная в нее, что находит отражение в методиках расчета показателей этой группы.

Параметры глобальной электрической гетерогенности (ГЭГ)

В 1930 году F.N.Wilson et al. была сформулирована концепция ПЖГ - векторного показателя, направленного в сторону участка миокарда с наименьшей длительностью потенциала действия. Этот показатель отражает ось максимальной неоднородности электрических процессов в сердце, однако сложность его расчета ограничивала клиническое применение [4]. В 2010 года концепция ПЖГ была расширена L.G.Tereschenko et al., сформулировавшими понятие САИ QRST. Показатель рассчитывается как сумма усреднённых за 5 минут абсолютных значений площадей под кривой QRST в трёх ортогональных отведениях. Согласно гипотезе авторов, изменения САИ QRST отражают пространственно-временную неоднородность электрических процессов миокарда. В здоровом сердце синхронное распространение волны деполяризации обеспечивает взаимную компенсацию разнонаправленных электрических полей противоположных участков миокарда, тогда как электрическая гетерогенность (например, участки ишемии или фиброза) приводит к возникновению нескомпенсированных потенциалов, вызывая изменение САИ комплекса QRS. Аналогичным образом гетерогенность реполяризации (например, при ишемии или электролитных нарушениях) проявляется в различии временных и амплитудных характеристик реполяризации между участками миокарда, приводя к изменению САИ зубца Т. Интегрирование по всему интервалу QRST позволяет оценить вклад гетерогенности как деполяризации, так и реполяризации.

В пилотном исследовании было установлено, что низкий САИ QRST ассоциирован с более чем 3-кратно повышенным риском опасных ЖА, однако эти данные не были подтверждены в последующем исследовании, где маркером риска стало повышение САИ. Противоречивые результаты предположительно были связаны с различиями клинических характеристик выборок этих исследований [5-7]. В дальнейшем группа ВКГ-показателей, включающая пространственный угол QRST [8], ПЖГ и САИ QRST, стала известна как «параметры ГЭГ» (рис. 1, 2).

Е.А.Perez-Alday et al. 2019 г. на основе базы данных исследования ARIC было выполнено крупное популяционное исследование с длительным периодом наблюдения (24,4 года), посвященное оценке параметров ГЭГ как предиктора ВСС. Было зарегистрировано 577 случаев ВСС (3,7%). По результатам исследования авторами была предложена двухфазная модель стратификации риска ВСС: в краткосрочном периоде значимым предиктором было направление вектора ПЖГ в сторону выносящих трактов желудочков, указывающее на наличие там участков миокарда с коротким рефрактерным периодом - потенциального субстрата ЖА, тогда как в долгосрочном периоде большую значимость приобретало направление вектора ПЖГ в сторону ЛЖ и широкий угол QRST, отражающие ремоделирование миокарда ЛЖ как хронический субстрат аритмогенеза. [9].

Дальнейшая работа исследователей была посвящена разработке риск-стратификационной шкалы на основе показателей ГЭГ. J.W.Waks et al. в 2016 году было выполнено исследование на объединенных когортах исследований ARIC и CHS. За медианный период наблюдения 14 лет было зарегистрировано 486 случаев ВСС (7,56%). Для оценки связи параметров ГЭГ с риском ВСС были созданы модели пропорциональных (ПП) и конкурирующих рисков (КР), учитывающие демографические характеристики, кардиологический анамнез и СС риск, общепризнанные ЭКГ-показатели (ЧСС, длительность интервала QTc, ширина комплекса QRS, признаки гипертрофии ЛЖ и нарушения внутрижелудочкового проведения) и динамику изучаемых парамет-

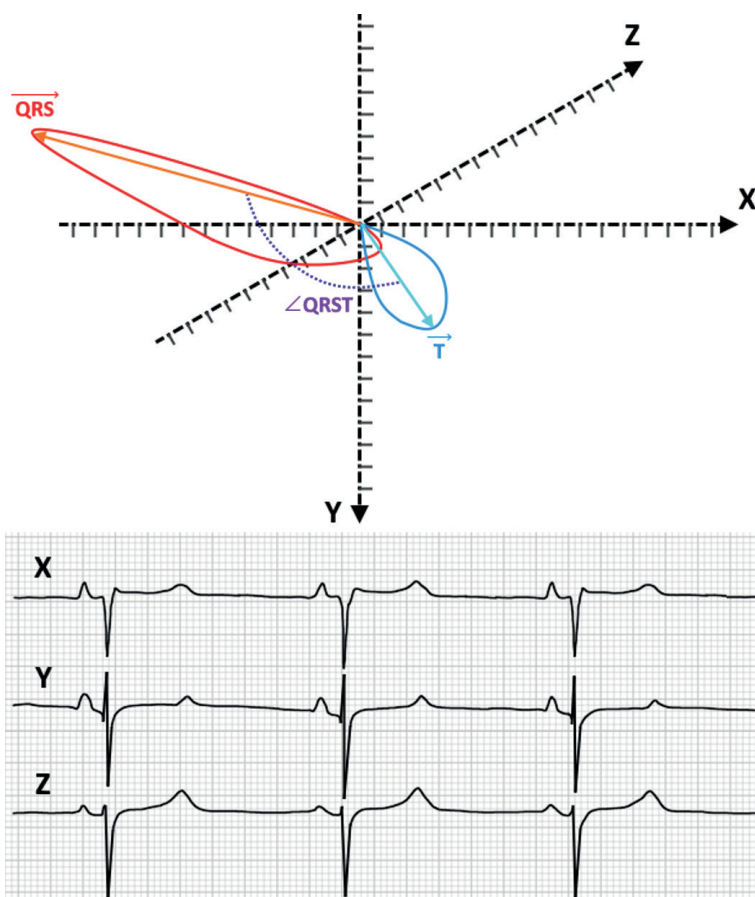


Рис. 1. Параметры ГЭГ: пространственный угол QRST между векторами петь QRS и T в трехмерном пространстве.

ров. Для всех моделей была подтверждена независимая прогностическая ценность параметров ГЭГ; включение в модель ФВ ЛЖ не приводило к значимым изменениям корреляции. Наиболее достоверными показателями ГЭГ были пространственный угол QRST, CAI QRST и величина вектора ПЖГ. На основе полученных данных был разработан калькулятор, доступный в дополнительных материалах оригинальной статьи [10].

Впоследствии J.W.Waks et al. была более пристально изучена прогностическая ценность параметров ГЭГ у пациентов со структурным поражением миокарда. С этой целью было спланировано ретроспективное мультицентровое исследование GENCO [11]. В качестве первичной конечной точки было выбрано срабатывание ИКД по поводу устойчивой ЖТ. За медианный период наблюдения в 4 года был отмечен 541 случай достижения первичной конечной точки, что соответствует ~5% в год. Были построены 4 модели КР: первая - с демографическими характеристиками, вторая - дополненная факторами СС риска, третья - дополненная характеристиками имплантированного устройства, и наиболее полная четвертая - с добавлением общепризнанных ЭКГ-маркеров (ЧСС, ширины комплекса QRS и длительности интервала QTc).

Для изучения известной неоднозначной ассоциации CAI QRST с риском опасных ЖА дополнительно оценивалось влияние этого маркера на исход у пациентов в зависимости от наличия ИБС. Было установлено, что после коррекции на все дополнительные факторы (модель

4) с достижением первичной конечной точки были ассоциированы пространственный угол QRST, направление и величина вектора ПЖГ. Обращает на себя внимание, что риск аритмического события имел прямую зависимость от угла QRST и направления вектора ПЖГ, и обратную - от длины вектора ПЖГ. При анализе CAI QRST в группах с ИБС и без нее также были получены интересные результаты: у пациентов с ИБС с повышенным риском опасных ЖА коррелировало увеличение CAI QRST, а у пациентов без ИБС - его снижение. Отмечается, что изучение параметров угла QRST и направления вектора ПЖГ подтвердило результаты предыдущих исследований: верхне-заднее направление вектора ПЖГ и широкий угол QRST указывают на увеличенный риск аритмических событий. Также было предложено объяснение причин необычной корреляции аритмического риска и значений CAI QRST и амплитуды вектора ПЖГ: прямой корреляции у пациентов с ИБС и обратной в группе без ИБС. Согласно предположению, причиной электрической гетерогенности при ИБС являются локализованные участки ишемии, что проявляется увеличением CAI, амплитуды ПЖГ и направлением вектора ПЖГ в сторону аритмогенного субстрата, тогда как для неишемических причин на первый план выходят ремоделирование миокарда и диффузный фиброз, приводящий к снижению общей массы электрически активной ткани и проявляющийся снижением CAI и амплитуды вектора ПЖГ без патогномоничных изменений его направления (описывается как «в сторону всего ЛЖ»).

Описанные особенности ВКГ-маркеров ЭНМ требуют обязательного учета этиологии поражения миокарда при разработке риск-стратификационных моделей. Ограничениями исследования заявлено отсутствие стандартизации протоколов программирования ИКД, отсутствие исследования ИКД умерших пациентов на предмет опасных ЖА непосредственно перед смертью, а также сомнительность использования срабатывания ИКД как конечной точки-аналога ВСС, что отмечалось и в более ранних исследованиях [12].

ВКГ-маркеры ЭНМ демонстрируют пример открытия, опередившего свое время. Впервые предложенные в 1930-х годах, эти показатели долгое время оставались невостребованными в клинической практике из-за сложности методов их расчета. Современные достижения в области автоматизированного анализа ЭКГ создают условия для возрождения научного интереса к этим параметрам.

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ЭКГ-ПАРАМЕТРОВ ФАЗЫ РЕПОЛЯРИЗАЦИИ

Частота представляет собой фундаментальную характеристику колебательных процессов, повсеместно встречающихся в биологических системах. Физиологическая регуляция гомеостаза осуществляется через

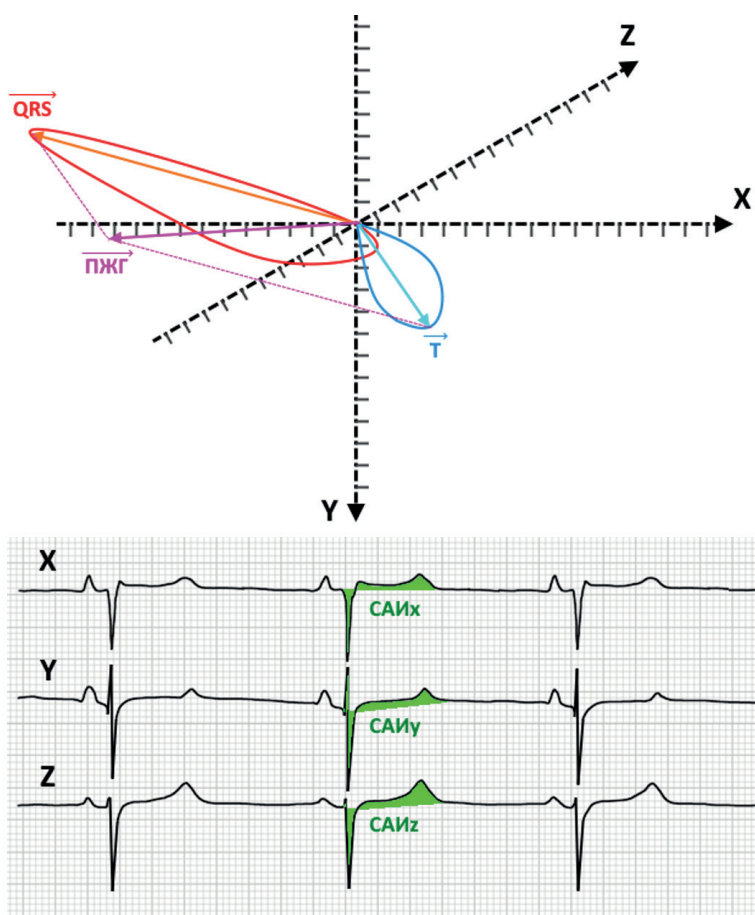


Рис. 2. Параметры ГЭГ: вектор ПЖГ (сумма векторов QRS и T в трехмерном пространстве) и его скалярный аналог CAI (суммарная площадь под кривой QRS).

многочисленные петли обратной связи, функционирование которых сопровождается характерными колебаниями контролируемых параметров. Таким образом, изменения частотных характеристик биосигналов могут отражать нарушения гомеостатических механизмов. Периодичность регуляторных воздействий, проявляющаяся в электрической активности сердца, может быть исследована методами частотного анализа сигналов ЭКГ и ВСР. Кроме того, представляют интерес собственные частотные картины электрических процессов сердца: проведения импульса, возбуждения и реполяризации миокарда. Некоторые из частотных показателей относятся к общепризнанным риск-маркерам (частотные параметры ВСР), тогда как другие еще находятся на стадии изучения клинической применимости.

Периодическая динамика реполяризации (ПДР)

В 2014 году K.D.Rizas et al. был предложен новый метод стратификации риска у перенесших инфаркт миокарда пациентов, базирующийся на трех ключевых положениях:

- установленное влияние симпатической гиперактивности на процессы реполяризации миокарда;
- доказанная роль симпатической стимуляции в патогенезе жизнеугрожающих аритмий;
- экспериментально подтвержденный «залповый» характер симпатической активности в низкочастотном диапазоне.

Согласно предположению авторов, симпатические воздействия на процесс реполяризации должны проявляться в виде низкочастотных периодических колебаний оси зубца Т, получивших рабочее название «PRD/ПДР». Оценка ПДР проводилась на основе 20-минутных записей ЭКГ высокого разрешения. Рассчитывался ряд значений углов между электрическими осями соседних зубцов Т, отражающих мгновенную нестабильность вектора реполяризации, далее выполнялось спектральное преобразование этого ряда и оценивалась мощность спектра в области $<0,1$ Гц (рис. 3). Гипотетическая взаимосвязь ПДР с ВСР была исключена в эксперименте на добровольцах с помощью стимуляции предсердий с фиксированной частотой, что практически полностью устранило ВСР, но не оказало значимого влияния на ПДР. Влияние спонтанной дыхательной активности на ПДР было исключено в ходе

эксперимента на животной модели (наркотизированные свиньи): при ИВЛ с фиксированной частотой ПДР сохранялась. Была продемонстрирована связь ПДР и активности симпатической НС, проявлявшаяся в виде увеличения ПДР при тилт-тесте и пробе с физической нагрузкой и снижения после пробы с бета-адреноблокатором. В результате изучения ПДР на выборке исследования ART была выявлена прогностическая ценность ПДР в отношении 5-летней смертности. Превышение порога $5,75^{02}$ (верхний квартиль) достоверно коррелировало с почти 3-кратно более высоким риском 5-летней общей и СС смертности при учете клинично-анамнестических показателей и факторов СС риска. Также ПДР была исследована в сравнении с альтернативой зубца Т (АЗТ) на выборке исследования FINCAVAS, также продемонстрировав значимость как предиктор СС смертности, в том числе у пациентов без выявленной АЗТ. Применение обоих маркеров повышало прогностическую ценность в отношении 6-летней общей смертности [13]. Стоит отметить, что конкретно смертность от фатальных желудочковых аритмий в пилотном исследовании не изучалась.

Исследование ПДР как маркера риска непосредственно ВСС было проведено K.D.Rizas et al. в 2017 году на базе исследования MADIT-II. 506 пациентам

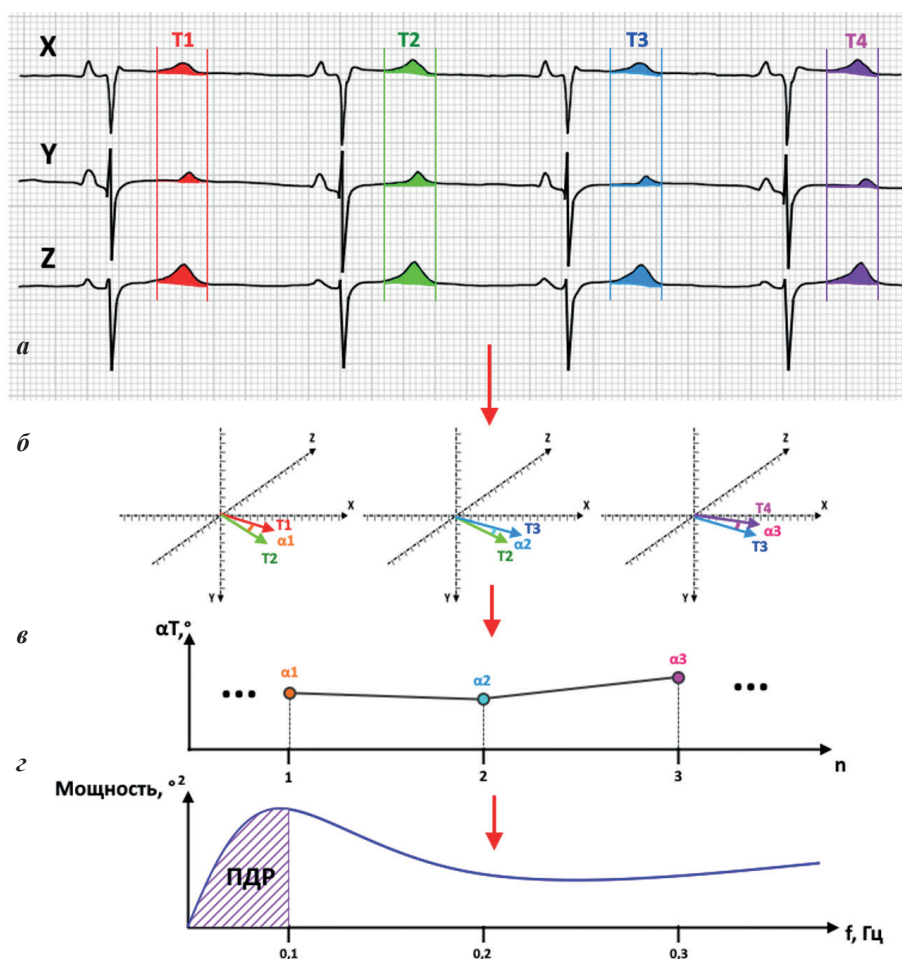


Рис. 3. Расчет ПДР: а - ЭКГ в ортогональной системе отведений и выделение волн Т; б - векторы электрических осей соседних волн Т и углы между ними; в - ряд значений углов между векторами (α_T); з - спектр, получаемый применением преобразования Фурье к ряду значений углов. ПДР соответствует области частот $<0,1$ Гц.

была выполнена имплантация ИКД, тогда как у 348 применялась медикаментозная терапия. Поскольку при ХСН повышенная активность симпатической НС связана с риском не только опасных ЖА, но и смерти вследствие прогрессирования ХСН (pump failure death или «невнезапная» сердечная смерть - неВСС), в качестве конечных точек были выбраны смерть от всех причин, ВСС и неВСС. На протяжении периода наблюдения (медиана 20,4 мес.) было отмечено 53 случая ВСС. При анализе с учетом клинико-анамнестических характеристик, факторов СС риска, получаемой терапии, ширины комплекса QRS и ФВ ЛЖ было установлено, что во всей выборке ПДР являлась значимым предиктором риска ВСС. В группе пациентов, получавших консервативное лечение, ПДР была значимым предиктором ВСС, тогда как в группе пациентов с ИКД она предсказывала обоснованные срабатывания ИКД и неВСС. Авторами была отмечена потенциальная ценность ПДР для отбора пациентов с постинфарктным кардиосклерозом и сниженной ФВ ЛЖ для профилактической имплантации ИКД. Среди ограничений исследования отмечены: различия в методиках регистрации ЭКГ, отсутствие пациентов с ФП, изменения в протоколах ведения больных со времени проведения MADIT-II, а также относительно небольшая выборка [14].

Дополнительные данные о прогностической роли ПДР были получены в исследовании S.Palacios et al.

2021 г., проведенном на когорте MUSIC у пациентов с ХСН. В качестве конечных точек были выбраны ВСС и неВСС. За период наблюдения было отмечено по 53 случая ВСС и неВСС. Пороговые значения ПДР были установлены на уровне $1,33^{02}$ для ВСС и $1,31^{02}$ для неВСС. По результатам исследования ВСС достоверно чаще регистрировалась у пациентов с повышенной ПДР, тогда как для неВСС значимые различия между группами с повышенной и нормальной ПДР отсутствовали. При анализе с учетом демографических, клинико-анамнестических, лабораторных характеристик, показателей ВСР и ТСР, АЗТ, данных ХМ (наличие неустойчивой ЖТ или частых ЖЭ) повышенная ПДР сохраняла значимость как предиктор почти 2-хкратно более высокого риска ВСС. При сочетании ПДР и аномального наклона турбулентности или аномальной АЗТ отмечалось еще более выраженное повышение риска ВСС (в 2-3 раза).

В обсуждении были отмечены надежность дифференциации пациентов по уровню риска на основании ПДР, ее прогностическая значимость как для ВСС, так и для смерти от прогрессирования ХСН, а также перспективность комбинации с другими маркерами ЭНМ. При этом параметры variability сердечного ритма не продемонстрировали клинически значимой прогностической ценности, а среди традиционных факторов риска наибольшее значение имели функциональный класс ХСН и ФВ ЛЖ $<35\%$ [15].

Фрагментация процесса реполяризации (индекс f99)

В 2013 году L.Burattini и C.Giuliani был предложен иной подход к изучению частотной картины реполяризации. Сравнительное исследование спектральных характеристик зубца Т у здоровых лиц и пациентов, перенесших инфаркт миокарда (ИМ), выявило значимые различия. У больных с постинфарктным кардиосклерозом наблюдалось увеличение количества гармоник в диапазоне 10-35 Гц, что, по мнению авторов, отражает фрагментацию процесса реполяризации - появление дополнительных электрических колебаний. Наибольшая диагностическая точность (чувствительность 94,9%, специфичность 74,4%) была достигнута именно в этом частотном диапазоне [16]. Здесь может быть уместна аналогия с отражением гетерогенности деполяризации структурно измененного миокарда на ЭКГ в виде дополнительных высокочастотных колебаний в комплексе QRS,

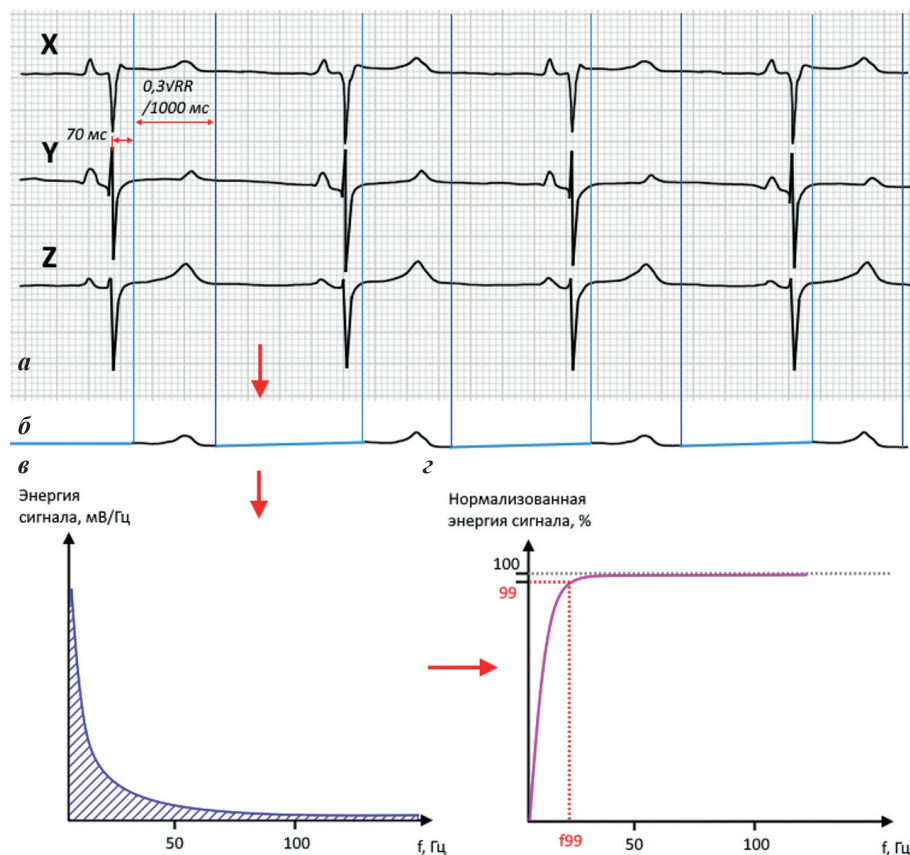


Рис. 4. Расчет f99: а - ЭКГ в ортогональной системе отведений и границы выделения «окна реполяризации», б - сигнал реполяризации (ЭКГ после удаления волн Р и комплексов QRS), в - спектр энергии сигнала реполяризации, г - график нормализованной энергии (представленной в диапазоне от 0 до 100%). F99 соответствует частоте, на которой нормализованная энергия достигает 99%.

видимых как его фрагментация на стандартной ЭКГ или выявляемых при спектральном анализе [17]: с учетом неразрывной связи процессов деполяризации и реполяризации такое сходство паттернов нарушений подтверждает обоснованность предложенной гипотезы.

На данной теоретической основе С. Giuliani et al. в 2014 году был предложен новый маркер, названный «индекс f99». Аналогично предыдущему исследованию, в качестве материала были выбраны ЭКГ-записи: в исследуемой группе от 108 перенесших ИМ пациентов, в контрольной - от 47 клинически здоровых субъектов (средний возраст 45 ± 15 лет, 82% мужчин). Индекс f99 определялся как частота (в Гц), на которой нормализованная энергия сигнала зубца Т достигала 99% (рис. 4). По результатам анализа у перенесших ИМ пациентов в среднем наблюдались более высокие значения индекса f99, причем наилучшую чувствительность и специфичность в выявлении перенесенного ИМ продемонстрировали отведения I (порог f99 = 15 Гц, чувствительность 80%, специфичность 77%) и aVL (порог f99 = 17,8 Гц, чувствительность 84%, специфичность 74%), наихудшую - III и aVF. Усредненный по грудным отведениям индекс f99 продемонстрировал более высокие результаты (чувствительность 81%, специфичность 74%) по сравнению с усредненным по всем 12 отведениям (чувствительность 69%, специфичность 74%). Согласно утверждению авторов, индекс f99 представляется перспективным маркером для оценки нарушений реполяризации, в том числе и за счет устойчивости к случайным колебаниям границы окончания периода реполяризации, независимости от ЧСС и пространственной дисперсии реполяризации [18]. Стоит отметить, что в пилотном исследовании новый индекс не изучался как маркер аритмического риска.

Дальнейшей целью С. Giuliani et al. была оценка прогностической ценности индекса f99 в отношении опасных ЖА. Исследование было проведено на выборке из базы данных Лейденского университета (170 пациентов с ХСН (ФВ ЛЖ <35%) и имплантированным ИКД). На протяжении 4-летнего периода наблюдения с момента имплантации ИКД пациенты проходили стресс-тестирование на велоэргометре (ВЭМ) с регистрацией ЭКГ. Пациенты распределялись в исследуемую (ИКД+) и контрольную (ИКД-) группы в зависимости от наличия срабатываний ИКД за период наблюдения. Группы ИКД+ и ИКД- имели сходные клинико-анамнестические характеристики, но значимые различия по показателю ФВ ЛЖ: $39 \pm 13\%$ в группе ИКД-, $31 \pm 12\%$ в группе ИКД+. Для оценки индекса f99 использовались фрагменты ЭКГ за первую минуту

ВЭМ, расчет индекса проводился по описанной ранее методике. Оценивались максимальные значения индекса (maxF99) в 6 грудных, 12 стандартных и 3 ортогональных отведениях и качество классификации с помощью ROC-анализа. Наивысшее значение AUC (0,68), сравнимое со значением в данном исследовании для ФВ ЛЖ (0,70), было получено для ортогональных отведений. Кросс-корреляционный анализ maxF99 и ФВ ЛЖ показал независимость параметров. В обсуждении отмечены устойчивость индекса f99 к пространственной дисперсии реполяризации, его воспроизводимость и прогностическая ценность, сравнимая с ФВ ЛЖ, являющейся общепризнанным риск-стратификационным маркером [19].

Частотные ЭКГ-маркеры демонстрируют значение глубокого понимания физиологии для работы в сфере электрокардиологии. Рассмотренные подходы - как гипотеза о связи ПДР с залповой активностью симпатической нервной системы, так и концепция фрагментации реполяризации, отражающейся в спектральных характеристиках зубца Т, - требуют от исследователей не только системных знаний о регуляции СС деятельности, электрофизиологии миокарда и механизмах аритмогенеза, но и междисциплинарного взаимодействия с областями медицинской информатики и анализа биосигналов.

НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛИЗ ЭКГ-ПАРАМЕТРОВ

Среди нелинейных параметров ЭКГ- и ВСР-сигнала, изучаемых в качестве маркеров ЭНМ, интерес представляют группы показателей, отражающих хаотичность и фрактальность - свойства, непосредственно связанные как с особенностями строения и функционирования проводящей системы и самого миокарда, так и с процессами регуляции СС системы со стороны автономной НС.

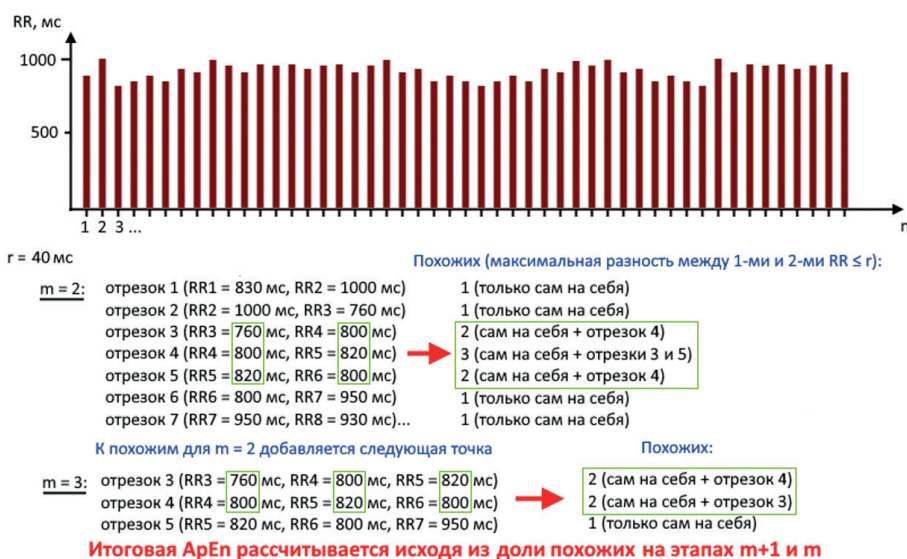


Рис. 5. Методика расчета приближенной энтропии (ApEn) для ряда данных ВСР. Если после похожих пар RR-интервалов ($m = 2$) следующие интервалы тоже часто совпадают ($m = 3$), то ApEn низкая (поведение системы предсказуемо); если при увеличении длины ($m = 2 \rightarrow m = 3$) доля похожих «наборов» RR интервалов резко снижается, это свидетельствует о хаотичности поведения системы.

Ключевой количественной мерой хаотичности, оцениваемой на выборках данных конечной длины, является энтропия. На практике используются несколько видов энтропии, отличающихся способом вычисления и интерпретацией этой характеристики (Шеннона (ShanEn), аппроксимированная (ApEn), выборочная (SampEn), нечёткая (FuEn), Реньи (RenEn), многомасштабная (MSE), перестановочная (PE), многомасштабная перестановочная (MPE) и другие).

Для оценки фрактальных свойств временного ряда широко применяется показатель Херста, который может быть рассчитан разными методами (анализ нормированного размаха (RS), DFA, анализ в частотной области). Для фрактального анализа биомедицинских сигналов, характеризующихся нестационарностью и наличием шума, популярным методом является DFA, позволяющий исключать влияние локальных трендов в сигнале. Ограничения DFA - презумпция монофрактальности (самоподобия с одним «шагом» масштабирования) и необходимость сравнительно длинного (несколько сотен точек) ряда данных. На коротких временных отрезках может использоваться анализ в частотной области или DFA с модифицированным детрендированием. Кроме того, многомасштабные виды энтропии (MSE и другие) также способны учитывать фрактальные свойства анализируемых сигналов.

Энтропия и фрактальные свойства ВСР

Первопроходцами применения оценки энтропии в электрокардиологии считаются S.Pincus, автор методики расчета ApEn [20] (рис. 5), описавший ее применение в диагностике СС заболеваний [21], J.Richman и J.Moorman, разработчики ее усовершенствованной версии SampEn [22], а также A.Goldberger, M.Costa и

С-К.Peng - авторы методики расчета MSE [23]. Параллельно формировалось понятие о фрактальных свойствах активности СС системы. Т.Musha и М.Kobayashi впервые был описан спектр сигнала ВСР, характерный для фрактальных систем - «розовый шум» [24], A.Goldberger et al. выявлена связь структуры проводящей системы с фрактальными свойствами спектра процесса деполяризации (рис. 6) [25], С-К.Peng и A.Goldberger разработан ключевой инструмент фрактального анализа - метод DFA [26] (рис. 7).

Исследования нелинейного анализа ВСР в контексте проблемы ВСС имеет смысл разделить на посвященные долгосрочной риск-стратификации или дискриминации (выявлению пациентов высокого риска в определенных когортах, например, перенесших ИМ) и посвященные краткосрочной предикции (предсказанию эпизода опасной ЖА до ее развития), вследствие значительных различий динамики нелинейных показателей на этих временных масштабах.

Первые исследования нелинейных свойств сигнала ВСР как долгосрочного предиктора риска ВСС датируются 1990-2000-ми годами. В частности, в раннем исследовании Voss et al от 1996 года (n=26 перенесших ИМ пациентов, из них 16 с опасными ЖА или ВСС в анамнезе) энтропийные показатели были ниже в группе высокого риска и показали прогностическую точность около 75%. В исследовании H.V.Huikuri et al. от 2000 года на когорте DIAMOND-MI (446 перенесших ИМ пациентов с ФВ ЛЖ <35%, средний период наблюдения 685 дней, 75 случаев ВСС) сниженный фрактальный показатель $\alpha_1 < 0,75$, отражающий краткосрочную корреляцию RR-интервалов, был значимым предиктором высокого риска ВСС (ОР 2,5 в одномерном анализе и 1,4 после учета клинических факторов), опередив по достоверности общепризнанные показатели ВСР (SDNN, LF, HF) [27]. В проспективном исследовании Т.Н.Mäkikallio et al. от 2001 года (случайная выборка из 325 субъектов старше 65 лет из регистра социального страхования, период наблюдения 10 лет, 29 случаев ВСС) были получены сходные результаты: снижение $\alpha_1 < 1,0$ было самым мощным предиктором ВСС (ОР 4,3 после коррекции; AUC 0,75), опередив SDNN [28].

Из более новых работ стоит отметить исследование A.Rohila и A.Sharma от 2020 года (240 случайных 5-минутных сегментов ХМ от 20 пациентов с ВСС, из базы данных SDDb), в котором для набора 5 энтропийных показателей (SampEn, PEn и др.) и показателя α_1 DFA были продемонстрированы достоверно более низкие значения в группе ВСС, а при применении в классификаторе методом случайного леса достигалась точность 91,67% [29]. Также представляет интерес исследование S.P.Yan et al. от 2023 года (22 записи ХМ пациентов с ВСС из баз данных SDDb и AHADB), в котором сниженная SampEn сигнала ВСР была значимым (AUC 0,66) маркером риска ВСС,

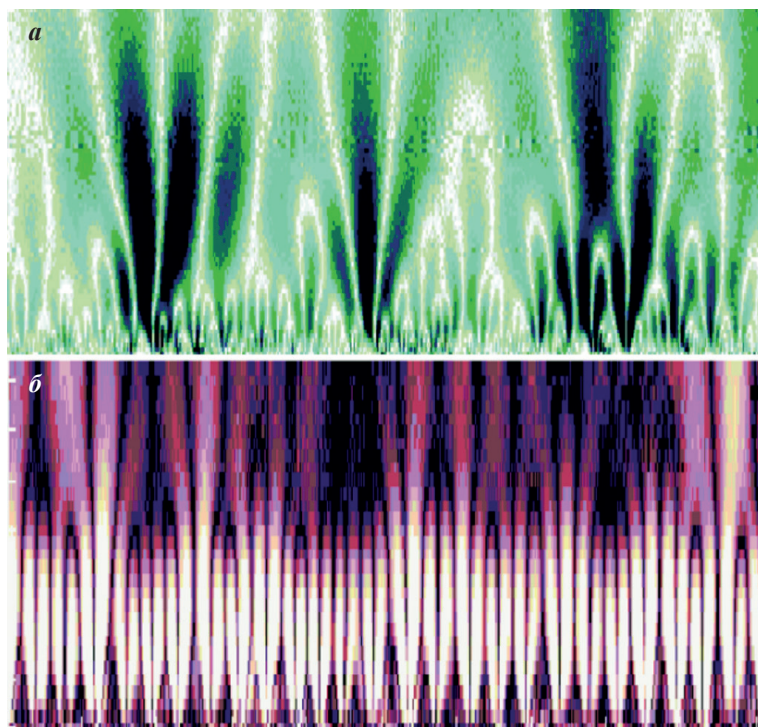


Рис. 6. Фрактальные (самоподобные) паттерны в спектре, полученном при вейвлет-анализе RR-интервалограммы здорового человека (а), потеря фрактальности, рост ригидности и периодичности у пациента с синдромом обструктивного апноэ сна (б). Адаптировано из [44].

хотя уступающим общепризнанным параметрам BCP (SDNN, RMSSD, LF) [30].

Показательным является крупное проспективное исследование J.A.Hernesniemi et al. от 2024 г. (2794 1-минутных записи ЭКГ пациентов из когорты FINCAVAS, медианный период наблюдения 8,3 года, 83 случая BCC), в котором применение DFA с нелинейным детрендированием позволило выявить достоверную корреляцию снижения фрактальных свойств BCP, отражаемых показателем α_1 , с увеличенным риском BCC (OR 2,4 на 1 SD), тогда как различия общепризнанных параметров BCP не достигли значимости. Исследование выгодно отличается от прочих величиной выборки; кроме того, предложенный метод спектрального анализа BCP на ультракоротких (1 минута) отрезках представляется перспективным для практического применения, в частности, в носимых устройствах [31].

Из сильных сторон исследований долгосрочной диагностической и прогностической ценности нелинейных параметров BCP стоит отметить однородность результатов (снижение энтропийных и фрактальных показателей у пациентов высокого риска BCC). К ограничениям можно отнести малые объемы и клиническую гетерогенность выборок большинства исследований. Исходя из этого, перспективным представляется изучение комбинированных моделей на основе фрактальных и энтропийных показателей в когортах с четко стандартизированными клинико-анамнестическими характеристиками для облегчения валидации, синтеза и последующей трансляции результатов в клиническую практику.

Первые систематические исследования краткосрочной предикции BCC с помощью нелинейного анализа BCP относятся к 2010-м годам. Выделяется серия работ E.Ebrahimzadeh et al. от 2014-2019 гг., выполненная на базе данных MIT-BIH (35-40 записей ХМ с зарегистрированной ФЖ и 18 записей синусового ритма без ЖА), в ходе которой была разработана и усовершенствована методика предикции BCC на основе комбинации общепризнанных (временные и частотные показатели) и новых нелинейных (ширина и длина облака на графике Пуанкаре, показатель α DFA) параметров BCP и применения методов машинного обучения (многослойного перцептрона, опорных векторов, k-ближайших соседей и mixture of experts), что позволило добиться предикции ФЖ за 13 минут до ее развития [32-

34]. Обращает на себя внимание, что показатель α_1 DFA перед развитием ФЖ был достоверно выше (1,12 против 0,83 у здоровых субъектов), в отличие от исследований долгосрочного риска BCC. Стоит отметить, что в ранней работе [32] указана чувствительность 83,75% и крайне низкая специфичность 0,159%, что является либо ошибкой расчета, либо результатом переобучения классификатора в сторону максимальной чувствительности в ущерб специфичности; в дальнейших работах ошибка не повторялась.

Также представляет интерес исследование M.Shi et al. от 2020 года на основе той же базы данных (20 записей с эпизодами ФЖ и 18 контрольных записей без ЖА). Новизна исследования заключалась в применении метода ансамблевой эмпирической модовой декомпозиции (EEMD) для обработки данных BCP. Классификационная модель на основе энтропийных показателей и метода k-ближайших соседей продемонстрировала более высокую прогностическую точность на первом 2-минутном интервале перед ФЖ (94,7%) по сравнению с моделью на основе общепризнанных линейных параметров (86,8%), для комбинированной модели был получен еще более высокий результат (96,1%). Наилучшими энтропийными показателями по точности стали FuEn и улучшенная MPE. Значимые изменения показателей обнаруживались за 14 минут до развития ФЖ. Сильной стороной исследования является метод EEMD - адаптивный и устойчивый

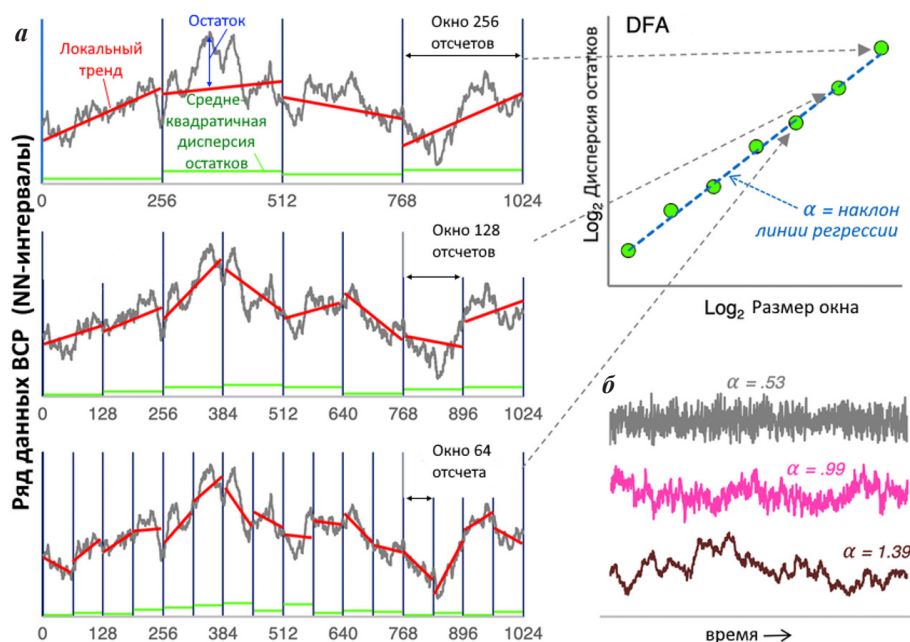


Рис. 7. Метод анализа детрендированных флуктуаций. Алгоритм метода (а): оценка дисперсии остатков (отклонений от локального тренда) на разных временных масштабах, график выраженности дисперсии в зависимости от масштаба и линия регрессии, аппроксимирующая зависимость дисперсии от масштаба. Наклон линии отражает степень самоподобия на разных временных масштабах (фрактальность). Примеры сигналов с разными уровнями самоподобия (б): малое значение α отражает преобладание мелких колебаний при недостатке долговременных закономерностей (хаотичность сигнала), α около единицы отражает сбалансированность размаха колебаний и их частоты (фракталоподобный характер сигнала), высокое значение α свидетельствует о выраженных долговременных закономерностях при недостатке мелких колебаний (ригидность, «память» сигнала). Адаптировано из [45].

к шуму, что делает его потенциально перспективным для носимых устройств [35].

Результаты исследования J.Yang et al. от 2023 г. продемонстрировали качественный скачок в возможностях раннего обнаружения ВСС. Авторами был предложен новый нелинейный многомасштабный показатель Sv, рассчитываемый на основе графиков Пуанкаре. На основе той же базы данных MIT-BIH (20 записей ХМ с ФЖ, 18 без зарегистрированных ЖА) с помощью комбинированной модели, включавшей Sv, ShanEn и SDNN, и классификатора на основе метода опорных векторов была достигнута прогностическая точность в 91,22% за 60-70 минут до начала ВСС, что дает в 5 раз больший запас времени по сравнению с предыдущими исследованиями [36].

Стоит отметить особенности этого и предыдущих исследований краткосрочной предикции ВСС: хорошая стандартизация за счет применения общепризнанных баз данных, но в то же время малый объем выборки (35-40 записей). Данные методики могут быть полезными для применения в устройствах мониторинга ЭКГ у пациентов высокого СС риска, исходя из чего перспективным представляется изучение метода EEMD и комбинированных моделей на основе показателей DFA и Sv на записях ЭКГ различного качества и продолжительности, а также у пациентов с различными клинико-анамнестическими характеристиками, для определения границ практической применимости.

Энтропия и фрактальные свойства процесса реполяризации

Оригинальный подход к нелинейному анализу ЭКГ-данных был предложен D.DeMazumder et al. в 2016 году [37]. Согласно гипотезе исследователей, степень повторяемости паттернов реполяризации желудочков, оцениваемая через вариабельность интервала QT, отражает состояние регуляторных систем

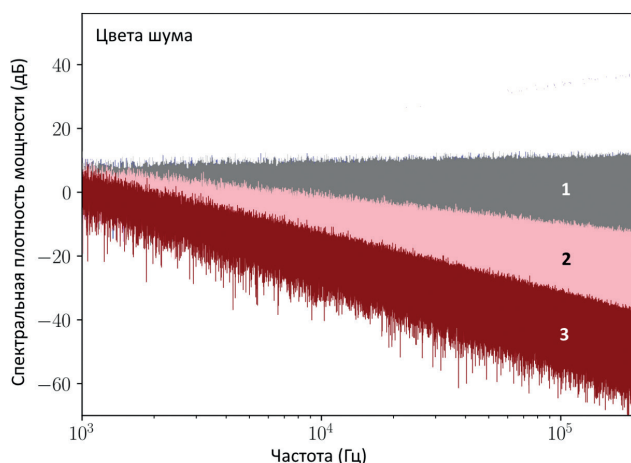


Рис. 8. Цвета шума. 1 - белый шум, характерный для случайных процессов с отсутствием автокорреляции. 2 - розовый «фрактальный» шум вида $1/f$, характерный для многих нормально функционирующих систем с иерархическими уровнями контроля и сбалансированностью автокорреляции. 3 - броуновский («коричневый» или «красный») шум, характерный для систем с сильной зависимостью от предыдущих состояний и выраженной автокорреляцией. Адаптировано из [46].

организма. Предложенный индекс энтропии реполяризации (авторское название EntropyXQT) является улучшенной версией SampEn и оценивает сложность и повторяемость паттернов реполяризации сердца на основе анализа вариабельности интервала QT на ЭКГ, отражая таким образом вложенные периодические колебания длительности интервалов. Вследствие особенностей методики расчета показатель может считаться «гибридным», отражающим не только сложность, но и фрактальность (масштабную инвариантность) свойства динамики сердца.

Изучение EntropyXQT в качестве предиктора риска опасных ЖА проводилось в рамках исследования PROSe-ICD [38]. В качестве первичной конечной точки исследования было выбрано первое обоснованное срабатывание ИКД по поводу ЖТ или ФЖ, в качестве вторичной - комбинация первичной точки и смерти от любых причин. За период наблюдения 45 ± 24 мес первичной конечной точки достигли 134 пациента, вторичной - 300 (166 пациентов умерли без срабатывания ИКД). Прогностическая ценность показателя EntropyXQT была изучена с помощью двух моделей: Сизтлской модели сердечной недостаточности (SHFM) [39] и базовой модели, включавшей клинико-лабораторные данные и общепризнанные ЭКГ-показатели: данные BCP, длительность QRS, наличие поздних потенциалов и параметры реполяризации (QTc, QT/RR, QTVi). Была выявлена независимая корреляция высоких значений показателя EntropyXQT (пятый квинтиль) с увеличенным более чем 3-кратно повышенным риском срабатывания ИКД, в том числе после коррекции с учетом 30 дополнительных параметров. Помимо этого, была установлена независимость прогностической ценности EntropyXQT от других параметров, в том числе отражающих процесс реполяризации (QTVi). При добавлении показателя EntropyXQT к базовой модели отмечалось улучшение реклассификации на 31-36%, к Сизтлской модели сердечной недостаточности - на 40%. Отмечается потенциальная ценность EntropyXQT для первичной профилактики ВСС, высокая помехоустойчивость и легкость расчета на основе коротких ЭКГ-записей, непротиворечивость с предыдущими исследованиями энтропийных показателей сердечной деятельности для прогнозирования патологических состояний [40, 41].

Заслуживает упоминания исследование М.Муругарпан et al. от 2020 года, посвященное нелинейному анализу сегмента R-Tend с целью краткосрочной предикции ВСС и выполненное на основе базы MIT-BIH (18 записей ХМ с ФЖ, 18 контрольных записей без зарегистрированных ЖА). Для пяти 1-минутных отрезков ретроградно от момента начала ФЖ рассчитывались ApEn, SampEn, старший показатель Ляпунова и показатель Херста. Таким образом, были учтены и энтропийные, и фрактальные показатели сигнала. Для решения задачи предикции ВСС применялись методы машинного обучения: субтрактивной нечеткой кластеризации, нейронечеткой кластеризации и опорных векторов. Наилучшие результаты были получены для метода опорных векторов: прогностическая точность на 5-й минуте перед развитием ФЖ составила 100% для SampEn, 98,68% для ApEn, 97,37% для старшего показателя Ляпунова и

94,74% для показателя Херста. Обращает на себя внимание крайне высокая точность, полученная для $ApEn$ и $SampEn$, несмотря на менее впечатляющие результаты для этих показателей в исследованиях краткосрочной предикции ВСС по данным ВСР. Сильной стороной исследования является научная новизна методики анализа сегмента R-Tend, ограничением - малый размер выборки, обусловленный использованием базы данных MIT-BIH SCD [42].

Особый интерес представляет динамика нелинейных показателей ВСР при долгосрочном риске и непосредственной угрозе ВСС: тогда как одни параметры энтропии демонстрировали снижение в долгосрочном периоде, для других был характерен резкий рост непосредственно перед фатальной ЖА. Для энтропии фазы реполяризации такое противоречие не наблюдалось.

С клинической точки зрения это может отражать два взаимодополняющих патологических процесса.

- хронический этап (снижение энтропии) - утрата «здорового хаоса» сердечного ритма, характерного для эффективной работы автономной нервной системы [43], что согласуется с известным феноменом обеднения адаптационных резервов у пациентов с ХСН или после перенесенного ИМ;
- острый этап (рост энтропии ВСР и реполяризации) - отражение критической ЭНМ и нарастающей гетерогенности электрических процессов, создающей субстрат для фатальных аритмий, что соответствует теории «критического замедления» в переходных состояниях сложных систем.

Важно отметить, что краткосрочный рост был наиболее выражен для многомасштабных и адаптивных показателей ($IMPE$, $FuEn$) ВСР, тогда как традиционные мономасштабные энтропии ($ApEn$, $SampEn$) ВСР были менее информативны. Для энтропии реполяризации $ApEn$ и $SampEn$ демонстрировали значимый рост, предположительно отражая дезорганизацию электрических процессов реполяризации, а не регуляторных воздействий автономной НС.

Аналогичная двухфазность наблюдалась и для фрактальных характеристик:

- оптимальная регуляция ($\alpha DFA \approx 1,0$) соответствует сбалансированному взаимодействию вагусных и симпатических влияний и вложенных контуров регуляции СС системы (спектр вида «розовый шум»);
- долгосрочный риск ($\alpha \rightarrow 0,5$; высокая $EntropyXQT$ вследствие потери самоподобных колебаний) характеризует дезинтеграцию регуляторных механизмов, потерю корреляций, случайный характер реакций системы (спектр вида «белый шум»);
- непосредственная угроза ВСС ($\alpha > 1,5$) может отражать симпатическую гиперактивацию с доминированием низкочастотных колебаний, возрастающей «памятью» и ригидностью системы, «запирающей» ее на траектории к патологическому состоянию (спектр вида «коричневый шум») (рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные подходы к стратификации риска ВСС и жизнеугрожающих ЖА выходят за рамки традиционных ЭКГ-маркеров, предлагая новые методы

анализа ЭНМ. Рассмотренные в обзоре группы новых маркеров отражают различные аспекты аритмогенеза.

Ключевое преимущество векторных параметров ГЭГ заключается в способности количественно оценивать пространственно-временную неоднородность деполяризации и реполяризации, что особенно важно у пациентов с ИБС и неишемическими кардиомиопатиями. Интерпретация этих маркеров требует строгого учета этиологии поражения миокарда вследствие различий прогностической значимости при разных патологиях.

Особенность частотных маркеров ЭНМ связана с их способностью отражать нарушения автономной регуляции и электрическую гетерогенность реполяризации, что является важным компонентом аритмогенеза у пациентов с постинфарктным кардиосклерозом и сердечной недостаточностью. Клиническое внедрение частотных маркеров ЭНМ требует стандартизации методов регистрации и анализа.

Нелинейные маркеры ЭНМ (энтропия и фрактальные свойства ВСР и отдельных компонентов ЭКГ-сигнала) отражают новый подход к пониманию аритмогенеза, рассматривая его как многоуровневый коллапс адаптивного потенциала СС системы, нарушение баланса между хаосом и порядком и упрощение регуляторных механизмов, когда чрезмерная ригидность управления (гиперсимпатикотония) сочетается с хаосом на микроуровне (электрическая фрагментация). Этот подход является новым и потенциально крайне перспективным, однако требует мультидисциплинарного взаимодействия кардиологов и электрофизиологов с физиками, математиками и специалистами в области информатики.

Проблемы, присущие исследованиям новых маркеров ЭНМ, стандартны для любой активно развивающейся области науки, находящейся в процессе накопления и анализа данных: значительная гетерогенность выборок, отсутствие стандартизированных подходов к получению исследуемых параметров, зачастую - противоречивость результатов. Однако эти проблемы представляются временными, и стоит ожидать их разрешения в процессе перехода к синтезу полученных результатов и выработке способов практического клинического применения.

Перспективным направлением представляется исследование комбинаций маркеров из разных групп с использованием методов машинного обучения для создания моделей долгосрочной стратификации аритмического риска, а также изучение краткосрочных предикторов ВСС у пациентов высокого СС риска, в частности с использованием технологий длительного мониторингирования, носимой медицинской электроники или методов анализа ЭКГ «по требованию».

В целом можно сказать, что новые ЭКГ-маркеры ЭНМ не заменяют, а дополняют традиционные подходы, обеспечивая более глубокое понимание патофизиологии аритмогенеза, что может стать основой для более гибких стратегий профилактики ВСС. Дальнейшие исследования, вероятнее всего, будут направлены на валидацию этих показателей в крупных проспективных когортах и разработку унифицированных алгоритмов для практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов ДА, Татаринова АА. ЭКГ-стратификация риска внезапной сердечной смерти и жизнеугрожающих желудочковых аритмий. *Вестник аритмологии*. 2024;31(1): 77-91 [Stepanov DA, Tatarinova AA. ECG-based risk stratification of sudden cardiac death and life-threatening ventricular arrhythmias. *Journal of Arrhythmology*. 2024;31(1): 77-91. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.35336/VA-1213>.
2. Nonlinear Biomedical Signal Processing / ed. by Metin Akay. Vol. 2. Dynamic Analysis and Modelling. New York: IEEE; 2001.
3. Немирко АП, Манило ЛА, Калиниченко АН. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных. Москва 2017 [Nemirko AP, Manilo LA, Kalinichenko AN. Mathematical analysis of biomedical signals and data. Moscow 2017. (In Russ.)] ISBN 978-5-9221-1720-3.
4. Wilson FN, Macleod AG, Barker PS, et al. The determination and the significance of the areas of the ventricular deflections of the electrocardiogram. *Am Heart J*. 1934;10: 46-61.
5. Tereshchenko LG, Cheng A, Fetis BJ, et al. Ventricular arrhythmia is predicted by sum absolute QRST integral but not by QRS width. *J Electrocardiol*. 2010;43(6): 548-52. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2010.07.013>.
6. Tereshchenko LG, Cheng A, Fetis BJ, et al. A new electrocardiogram marker to identify patients at low risk for ventricular tachyarrhythmias: sum magnitude of the absolute QRST integral. *J Electrocardiol*. 2011;44: 208-16. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2010.08.012>.
7. Tereshchenko LG, McNitt S, Han L, et al. ECG marker of adverse electrical remodeling post-myocardial infarction predicts outcomes in MADIT II study. *PLoS One*. 2012;7(12): e51812. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051812>.
8. Oehler A, Feldman T, Henrikson CA, et al. QRS-T angle: a review. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2014;19: 534-42. <https://doi.org/10.1111/anec.12206>.
9. Perez-Alday EA, Bender A, German D, et al. Dynamic predictive aCCC Curacy of electrocardiographic biomarkers of sudden cardiac death within a survival framework: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2019;19(1): 255. <https://doi.org/10.1186/s12872-019-1234-9>.
10. Waks JW, Sitlani CM, Soliman EZ, et al. Global Electrical Heterogeneity risk score for prediction of sudden cardiac death in the general population: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) and Cardiovascular Health (CHS) Studies. *Circulation*. 2016;133(23): 2222-34. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021306>.
11. Waks JW, Hamilton C, Das S, et al. Improving sudden cardiac death risk stratification by evaluating electrocardiographic measures of global electrical heterogeneity and clinical outcomes among patients with implantable cardioverter-defibrillators: rationale and design for a retrospective, multicenter, cohort study. *J Interv Card Electrophysiol*. 2018;52(1): 77-89. <https://doi.org/10.1007/s10840-018-0342-2>.
12. Waks JW, Haq KT, Tompkins C, et al. Competing risks in patients with primary prevention implantable cardioverter-defibrillators: Global Electrical Heterogeneity and Clinical Outcomes study. *Heart Rhythm*. 2021;18(6): 977-86. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2021.03.006>.
13. Rizas KD, Nieminen T, Barthel P et al. Sympathetic activity-associated periodic repolarization dynamics predict mortality following myocardial infarction. *J Clin Invest*. 2014;124(4): 1770-80. <https://doi.org/10.1172/JCI70085>.
14. Rizas KD, McNitt S, Hamm W, et al. Prediction of sudden and non-sudden cardiac death in post-infarction patients with reduced left ventricular ejection fraction by periodic repolarization dynamics: MADIT-II substudy. *Eur Heart J*. 2017;38(27): 2110-8. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx161>.
15. Palacios S, Cygankiewicz I, Bayés de Luna A, et al. Periodic repolarization dynamics as predictor of risk for sudden cardiac death in chronic heart failure patients. *Sci Rep*. 2021;11(1): 20546. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99861-1>.
16. Burattini L, Giuliani C. T-wave frequency content evaluation in healthy subjects and patients affected by myocardial infarction. In: Signal Processing: New Research (ed. Naik GR). NY 2013: 79-93.
17. Langner PH, Jr., Geselowitz DB, Mansure FT, et al. High-frequency components in the electrocardiograms of normal subjects and of patients with coronary heart disease. *Am Heart J*. 1961;62(6): 746-55. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(61\)90661-5](https://doi.org/10.1016/0002-8703(61)90661-5).
18. Giuliani C, Agostinelli A, Fioretti S, et al. Abnormal repolarization in the acute myocardial infarction patients: a frequency-based characterization. *Open Biomed Eng J*. 2014;8: 42-51. <https://doi.org/10.2174/1874120701408010042>.
19. Giuliani C, Swenne CA, Man S, et al. Predictive power of f99 repolarization index for the oCCC Currence of ventricular arrhythmias. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2016;21(2): 152-60. <https://doi.org/10.1111/anec.12274>.
20. Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1991;88(6): 2297-301. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.6.2297>.
21. Pincus SM. Approximate entropy in cardiology. *Herzschr Elektrophys*. 2000;11: 139-50. <https://doi.org/10.1007/s003990070033>.
22. Richman JS., Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2000;278(6): 2039-49. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.6.H2039>.
23. Costa M, Goldberger AL, Peng CK. Multiscale entropy analysis of complex physiologic time series. *Phys Rev Lett*. 2002;89(6): 068102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.068102>.
24. Kobayashi M, Musha T. 1/f fluctuation of heartbeat period. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1982;29(6): 456-7. <https://doi.org/10.1109/TBME.1982.324972>.
25. Goldberger AL. Fractal electrodynamics of the heartbeat. *Ann N Y Acad Sci*. 1990;591: 402-9. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1990.tb15104.x>.
26. Peng CK, Havlin S, Stanley HE, et al. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in non-

- stationary heartbeat time series. *Chaos*. 1995;5(1): 82-7. <https://doi.org/10.1063/1.166141>.
27. Huikuri HV, Mäkikallio TH, Peng CK, et al. Fractal correlation properties of R-R interval dynamics and mortality in patients with depressed left ventricular function after an acute myocardial infarction. *Circulation*. 2000;101(1): 47-53. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.1.47>.
 28. Mäkikallio TH, Huikuri HV, Mäkikallio A, et al. Prediction of sudden cardiac death by fractal analysis of heart rate variability in elderly subjects. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(5): 1395-402. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01171-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01171-8).
 29. Rohila A, Sharma A. Detection of sudden cardiac death by a comparative study of heart rate variability in normal and abnormal heart conditions. *J Appl Biomed*. 2020;40(3): 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2020.06.003>.
 30. Yan SP, Song X, Wei L, et al. Performance of heart rate adjusted heart rate variability for risk stratification of sudden cardiac death. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023;23(1): 144. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03184-0>.
 31. Hernesniemi JA, Pukkila T, Molkari M, et al. Prediction of sudden cardiac death with ultra-short-term heart rate fluctuations. *JACC Clin Electrophysiol*. 2024;10(9): 2010-20. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2024.04.018>.
 32. Ebrahimzadeh E, Pooyan M, Bijar A. A novel approach to predict sudden cardiac death (SCD) using nonlinear and time-frequency analyses from HRV signals. *PLoS One*. 2014;9(2): e81896. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081896>.
 33. Ebrahimzadeh E, Fayaz F, Ahmadi F, et al. Linear and nonlinear analyses for detection of sudden cardiac death (SCD) using ECG and HRV signals. *Trends Res*. 2018;1: 1-8. <https://doi.org/10.15761/tr.1000105>.
 34. Ebrahimzadeh E, Foroutan A, Shams M, et al. An optimal strategy for prediction of sudden cardiac death through a pioneering feature-selection approach from HRV signal. *Comput Methods Programs Biomed*. 2019;169: 19-36. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.12.001>.
 35. Shi M, He H, Geng W, et al. Early detection of sudden cardiac death by using ensemble empirical mode decomposition-based entropy and classical linear features from heart rate variability signals. *Front Physiol*. 2020;11: 118. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00118>.
 36. Yang J, Sun Z, Zhu W, et al. Intelligent prediction of sudden cardiac death based on multi-domain feature fusion of heart rate variability signals. *EURASIP J Adv Signal Process*. 2023;32: 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13634-023-00992-6>.
 37. DeMazumder D, Limpitikul WB, Dorante M, et al. Entropy of cardiac repolarization predicts ventricular arrhythmias and mortality in patients receiving an implantable cardioverter-defibrillator for primary prevention of sudden death. *Europace*. 2016;18(12): 1818-28. <https://doi.org/10.1093/europace/euv399>.
 38. Cheng A, Dalal D, Butcher B, et al. Prospective Observational Study of Implantable Cardioverter-Defibrillators in primary prevention of sudden cardiac death: study design and cohort description. *J Am Heart Assoc*. 2013;2(1): e000083. <https://doi.org/10.1161/JAHA.112.000083>.
 39. Levy WC, Mozaffarian D, Linker DT, et al. The Seattle Heart Failure Model: prediction of survival in heart failure. *Circulation*. 2006;113: 1424-33. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584102>.
 40. DeMazumder D, Lake DE, Cheng A, et al. Dynamic analysis of cardiac rhythms for discriminating atrial fibrillation from lethal ventricular arrhythmias. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2013;6: 555-61. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000034>.
 41. Perkiomäki JS, Couderc JP, Daubert JP, et al. Temporal complexity of repolarization and mortality in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003;26: 1931-6. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2003.00298.x>.
 42. Murugappan M, Murugesan L, Jerritta S, et al. Sudden cardiac arrest (SCA) prediction using ECG morphological features. *Arab J Sci Eng*. 2020;46(2): 947-61. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04765-3>.
 43. Buchman TG. Nonlinear dynamics, complex systems, and the pathobiology of critical illness. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10(5): 378-82. <https://doi.org/10.1097/01.CCC.0000139369.65817.b6>.
 44. Ivanov PCh, Rosenblum MG, Peng CK, et al. Scaling and universality in heart rate variability distributions. *Physica A*. 1998;249: 587-93. [https://doi.org/10.1016/s0378-4371\(97\)00522-0](https://doi.org/10.1016/s0378-4371(97)00522-0).
 45. Rigoli LM, Lorenz T, Coey C, et al. Co-actors exhibit similarity in their structure of behavioural variation that remains stable across range of naturalistic activities. *Sci Rep*. 2020;10(1): 6308. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63056-x>.
 46. The Colors of Noise. Wikimedia Commons, 2015. ACCC Cessed 2025-08-02. Available from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Colors_of_Noise.png.