

© Д.С. ФОМИНА, А.Г. ФИЛАТОВ, Р.З. ШАЛОВ, 2024

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2024

УДК 616.12-008.313.2

DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.6

ВЛИЯНИЕ АНАТОМИИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ И ЛЕГОЧНЫХ ВЕН НА ФИБРИЛЛЯЦИЮ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: обзорная статья

Д.С. Фомина, А.Г. Филатов, Р.З. Шалов

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

Фомина Дарья Сергеевна, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-5211-2237

Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, заведующий отделом рентгенохирургической и интервенционной диагностики и лечения аритмий; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Шалов Руслан Замирович, канд. мед. наук, мл. науч. сотр.; orcid.org/0000-0002-4403-2536, e-mail: shal.ruslan@mail.ru

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

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

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

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

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

INFLUENCE OF LEFT ATRIAL AND PULMONARY VEIN ANATOMY ON ATRIAL FIBRILLATION

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

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

Darya S. Fomina, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-5211-2237

Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Head of the Department of X-ray Surgical and Interventional Diagnostics and Treatment of Arrhythmias; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Ruslan Z. Shalov, Cand. Med. Sci., Junior Researcher; orcid.org/0000-0002-4403-2536, e-mail: shal.ruslan@mail.ru

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

to 17.8% in the group 85 years and older. Since 1998, the importance of ectopic activity of the ostia of the pulmonary veins in the occurrence of AF has been known, and a method of circular isolation of the ostia of the pulmonary veins has been proposed as a method of treating this arrhythmia.

Therefore, PVs are an important subject for study by interventional cardiologists and electrophysiologists. However, surprisingly few studies and articles have been published on the normal anatomy of the PV. Radiofrequency ablation, which uses radiofrequency as an energy source, has become widely accepted as the standard treatment for atrial fibrillation. With recent advances in 3D mapping systems and the introduction of contact force sensing, radiofrequency ablation is becoming an increasingly effective and safe treatment option. The cryoballoon ablation method is based on the destruction of the arrhythmogenic zone using deep local cooling along the perimeter of the cryoballoon contact with the mouth of the pulmonary veins at a time. It is recognized as the most promising alternative to radiofrequency ablation. FIRE and ICE studies have shown that cryoballoon ablation is as effective and safe as radiofrequency ablation.

But despite the widespread use of interventional treatment for atrial fibrillation, cure rates after initial ablation remain relatively low, with approximately 70% of patients experiencing a recurrence in the short term, and about half requiring repeat operations during long-term follow-up

The purpose of this study was to examine the potential relationship between the anatomical characteristics of the pulmonary veins and the recurrence of atrial fibrillation after interventional treatment, focusing on the morphometric characteristics and spatial orientation of the pulmonary veins. This information can help the surgeon select the correct catheter, position it during the procedure, and plan the most appropriate ablation strategy.

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

Введение

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

Несмотря на широкое использование интервенционного лечения ФП, уровень излечения после первоначальной абляции остается относительно низким: примерно у 30% пациентов наблюдается рецидив в краткосрочной перспективе, а около половины требуют повторных операций в течение длительного периода наблюдения. Поэтому были предприняты значительные усилия по прогнозированию преимуществ катетерной абляции для отдельных

пациентов. В исследованиях изучались различные показатели, такие как диаметр левого предсердия (ЛП), индекс объема ЛП и фракция выброса (ФВ) левого желудочка, чтобы понять их влияние на развитие рецидивов ФП после радиочастотной абляции (РЧА) [2]. Однако выводы ретроспективных исследований относительно того, может ли диаметр ЛВ надежно предсказать рецидив ФП, оказались противоречивыми [5–7]. Кроме того, некоторые исследования были сосредоточены на влиянии показателей, связанных с размером и анатомической морфологией ЛВ, на рецидив ФП после РЧА, включая диаметр ЛВ и индекс поперечного сечения ЛВ. Основное внимание в данной работе было направлено на обзор статей, связанных с влиянием морфометрических характеристик и пространственной ориентации ЛВ на эффективность и безопасность интервенционного лечения ФП.

Анатомия левого предсердия и легочных вен

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

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

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

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

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

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

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

разорвать электрофизиологические связи между ЛВ и ЛП [14].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Результаты метаанализа от 2023 г. показали, что у пациентов с ФП средний диаметр ЛВ был значительно больше, чем у пациентов без ФП [23]. Приме-

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

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

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

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

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

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

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

В нескольких статьях сообщалось о случаях повторной изоляции ЛВ при использовании криобаллона для левой верхней ЛВ (ЛВЛВ), поскольку ее верхняя часть имела особую тенденцию к реконнекции с ЛП. ЛВЛВ обычно имеет вертикальное отхождение и большое устье. Однако плотность прилегания катетера может быть нарушена из-за большого расстояния от МПП. В частности, крышу ЛВЛВ может быть трудно закрыть полусферой баллона, даже если баллон и интродьюсер имеют правильное направление и достаточную силу для прижатия к устью ЛВ. Левую нижнюю ЛВ (ЛНЛВ) сложно полностью изолировать с помощью криобаллона, поскольку для обеспечения коаксиального положения баллона требуются высокая маневренность и гибкость направляющего интродьюсера. Это исследование показало, что меньший угол отхождения правой верхней ЛВ (ПВЛВ) по отношению к МПП был предиктором успеха,

а больший – предиктором рецидива ФП, так как полусфере баллона может быть трудно коснуться верхней части ПВЛВ у пациентов с меньшим углом отхождения ПВЛВ от ЛП. Нижняя часть правой нижней ЛВ (ПНЛВ) является наиболее трудной для изоляции частью, на что влияет расстояние между МПП и ПНЛВ. Продвижение криобаллона к устью ПНЛВ при анатомическом строении с низким положением ПНЛВ со стороны некоронарной створки и ПНЛВ, имеющей острый угол впадения от МПП, считалось трудным, поскольку необходимо создать этот острый угол с помощью жесткого катетера.

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

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

Заключение

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

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

Поступила 20.08.2024

Принта к печати 16.12.2024