

УДК 616.124-089

Д.С. Лебедев

КАТЕТЕРНАЯ АБЛАЦИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Научно-исследовательский отдел аритмологии ФГБУ СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация: Д.С. Лебедев – профессор РАН, заведующий НИО аритмологии; ФГБУ СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; e-mail: lebedevdmity@mail.ru; тел. + 7 (921) 937-32-82

В обзорной статье приводятся данные об эпидемическом характере распространения фибрилляции предсердий (ФП) в наши дни, экономические и социальные последствия резкого увеличения количества пациентов. Обсуждается стратегия лечения ФП, значительное ограничение возможностей медикаментозного лечения. Интервенционное лечение было разработано после открытия электрической активности легочных вен и ее связи с индукцией и персистированием аритмии. Подробно обсуждается методика катетерной абляции у больных с пароксизмальной и персистирующей фибрилляцией предсердий. Показано, что несмотря на ряд дополнительных приемов и подходов в катетерной абляции, краеугольным камнем успешного лечения ФП остается изоляция легочных вен. Сегодня существует два основных подхода катетерного лечения – радиочастотная и криобаллонная изоляция легочных вен. Внедрение новых модификаций криобаллона позволяет сократить время операции, снизить вероятность осложнений. Обсуждается необходимость комплексного подхода к лечению больных с персистирующими формами аритмии, осложнения и возможности новых технологий. Подчеркивается важность командного подхода в лечении больных с фибрилляцией предсердий.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, легочные вены, катетерная абляция.

D.S. Lebedev

ATRIAL FIBRILLATION CATHETER ABLATION: YESTERDAY, TODAY, TOMORROW

Scientific Research Department of Arrhythmology FSBI NWFMRС named after V.A. Almazov PHM RF, Saint Petersburg, Russia

In the present article we demonstrate data on epidemic nature of atrial fibrillation spread (AF) today, and describe economic and social consequences of abrupt increase in patient numbers. The strategy of AF treatment and significant restriction in opportunities of drug treatment is discussed. Intervention treatment was developed after discovery of pulmonary vein electric activity and its connection with induction and persisting arrhythmia.

We described in details technique of catheter ablation in patients with paroxysmal and persisting atrial fibrillation. It is shown that despite a row of additional acceptances and approaches in catheter ablation, pulmonary vein isolation remains a cornerstone for AF successful treatment. Today there are two main approaches for catheter treatment: radio-frequency and cryoballoon isolation of pulmonary veins. Introduction of new modifications with a cryocylinder allows to reduce operation time and shorten complication development probability.

Necessity for integrated approach to treat patients with persisting arrhythmia, further complications and possibility to develop new technologies is discussed. We consider team approach in treatment this category of patients to be extremely important.

Key words: atrial fibrillation, pulmonary veins, catheter ablation.

Фибрилляция предсердий (ФП) сегодня стала аритмией номер один, так как это наиболее частое серьезное, склонное к персистированию и хронизации нарушение сердечного ритма. Ее распространенность удваивается с каждым десятилетием жизни от 0,5 % в возрасте 50–59 лет до 9% у 80–89 летних, а также выше у мужчин. Трехкратное увеличение частоты этой патологии у мужчин не соответствует старению популяции или изменениям, связанным с возникнове-

нием клапанной патологии или ишемической болезни сердца (ИБС). Частота возникновения новых случаев (заболеваемость) фибрилляции предсердий также удваивается с каждым десятилетием и выше в 1,5 раза у мужчин, чем у женщин. По прогнозам профессора John Camm и клиники Мейо к 2020 году в мире будет насчитываться 7,5 – 8,9 миллионов (в зависимости от темпов роста заболеваемости) человек с фибрилляцией предсердий [1].

В Российской популяции по результатам двух ретроспективных исследований общая распространенность ФП составила 2,44% за 2002 г. и 3,78% за 2009 г. во всей группе пациентов со средним возрастом 56,3 и 51,7 лет соответственно. Распространенность ФП была выше среди мужчин, чем среди женщин и прогрессивно увеличивалась с увеличением возраста, достигая максимального уровня в группе лиц 85 лет и старше. Распространенность ФП достигала 20 и более процентов в старших возрастных группах. Пароксизмальная и персистирующая формы ФП встречались чаще, чем постоянная форма аритмии, для которой в большей степени характерны развитие тромбоэмболических осложнений, сердечной недостаточности и наличие поражения клапанов сердца [2].

Важные данные были получены в Фрамингемском исследовании еще в конце прошлого века. Было показано, что ФП приводит к увеличению смертности как среди молодых больных, так и в старшей возрастной группе [3]. Результаты 20-летнего наблюдения представлены в работе Stewart S. и соавт. [4]. В течение срока наблюдения 89% женщин с ФП имели кардиоваскулярные события (смерть или госпитализация), а женщины без ФП такие события имели только в 27% случаев. У мужчин эти цифры были 66 и 45% соответственно. Фибрилляция предсердий была независимым предиктором не только кардиоваскулярных событий, но также фатального или нефатального инсульта, хронической сердечной недостаточности (ХСН). Как у мужчин, так и у женщин ФП была независимым предиктором всех случаев смертности. Однако изолированная ФП не была достоверно связана с увеличением частоты кардиоваскулярных событий и смертности.

Так, основной проблемой при ФП являются не ее симптомность, а возможность развития осложнений: инсульта и тромбоэмболий, ХСН, преждевременной смерти, снижения качества жизни.

Стратегия лечения ФП

В лечении ФП существует две основных стратегии: контроль ритма и контроль частоты. В первом случае усилия направлены на восстановление и сохранение синусового ритма, во втором случае проводится контроль частоты сокращения сердца.

На рубеже веков была проведена серия крупных исследований по лечению ФП [5]. Одним из знаковых стало исследование The Atrial Fibrillation Follow-up Investigation of Rhythm Management (AFFIRM) Study, которое было организовано для сравнительной оценки эффективности двух стратегий: сохранения синусового ритма и контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС) у больных ФП [6]. Результаты первичной конечной точки – смерти от всех причин были доложены в 2002 г. При этом достоверных различий в группах больных найдено не было.

Впоследствии были выявлены недостатки дизайна исследования, проведен субанализ по подгруппам пациентов. Главной сложностью оказалась недостаточная эффективность медикаментозной терапии, особенно для длительного контроля синусового ритма [7, 8] и высокая частота проаритмогенных и побочных эффектов, а наличие синусового ритма было связано со статистически значимым снижением смертности, в то время как антиаритмики повышали смертность на 49%. На основании этих результатов предполагается, что благоприятный эффект восстановления синусового ритма нивелируется отрицательным эффектом антиаритмических препаратов. Поэтому был продолжен поиск эффективных альтернативных подходов к восстановлению и сохранению синусового ритма.

Таблица 1
Стратегии лечения ФП. Арсенал средств

Контроль частоты	Контроль ритма
ААТ Имплантация ЭКС с ААТ Абляция атрио-вентрикулярного соединения (узла) и имплантация ЭКС	Кардиоверсия (электрическая, химическая) с последующей ААТ Антитахикардическая электрокардиостимуляция Катетерная изоляция легочных вен с/без аблацией аритмогенных зон предсердий Хирургическая изоляция легочных вен и абляция ЛП (симультантные операции)

ААТ – антиаритмическая терапия, ЭКС – электрокардиостимулятор.

В 90-ые годы были предприняты попытки поиска и катетерной абляции эктопических предсердных фокусов. Методика идентификации и катетерной абляции триггерных очагов позволила достичь заданных результатов, но ограничена редкими ситуациями, в которых ФП воспроизводимо индуцируется триггером во время вмешательства. Также к ограничению такого подхода относят множественные источники триггерной активности. Сейчас эта методика не используется ввиду высокого риска повреждения легочных вен и развития стенозов.

В конце 90-ых годов Haissaguerre M. впервые зарегистрировал активность мышечных муфт легочных вен (ЛВ) и показал, что 94% пароксизмов ФП индуцируется эктопической активностью ЛВ [9]. Авторы разработали принцип сегментарной катетерной абляции ФП с использованием циркулярного катетера Лассо, позволявшего картировать электрическую активность в области предсердно-венозного перехода и наносить точечные воздействия в области «прорывов» для электрической изоляции легочных вен [10]. Достижение изоляции определяли также по ка-

тетуру Лассо по исчезновению электрического потенциала легочной вены.

Частое возникновение стенозов ЛВ (как осложнения РЧ воздействий внутри ЛВ), а также факт, что места инициации и/или поддержания ФП часто локализируются в преддвериях ЛВ, привели к решению, что абляцию нужно проводить не внутри ЛВ, а в их преддверии. Абляция этих участков также выполнялась сегментарно под контролем циркулярного картирующего катетера [11,12], расположенного рядом с устьем ЛВ, или путем создания непрерывных окружающих воздействий, создаваемых для обведения правых или левых ЛВ [13]. Впоследствии Rappone С. с коллегами разработали метод абляции, основанный на анатомическом подходе создания воздействий, окружающих ЛВ, под контролем трехмерного электроанатомического картирования [14]. Окружная линия абляции/изоляции также может быть создана под управлением как систем трехмерного электроанатомического картирования, так и под контролем флюороскопии или внутрисердечной эхокардиографии (ВСЭХО).

Таким образом, методы абляции, нацеленные на ЛВ, остаются краеугольным камнем при абляции пароксизмальной и персистирующей ФП, что и находит в последних исследованиях и рекомендациях по лечению ФП [15]. В то же время все еще продолжают поиски дополнительных методов улучшения результатов.

Один из этих подходов – это создание дополнительных линейных воздействий в ЛП, подобных таковым, создаваемым при процедуре Maze - III и других хирургических подходах. Наиболее частые места линейных абляций – это «крыша» ЛП, между верхними участками левых и правых верхних ЛВ, область между митральным клапаном и левой нижней ЛВ (митральный истмус) и кпереди между линией по крыше от левого или правого окружного воздействия и кольцом митрального клапана (септальная линия). Абляция кавотрикуспидального перешейка рекомендуется пациентам с анамнезом типичного трепетания предсердий или индуцируемого истмус-зависимого трепетания во время вмешательства.

Остается необходимым индивидуальный подход к катетерной абляции специфических генераторов ФП, а также поиски метода устранения ФП с использованием наименьшего количества воздействий [16]. Механизмы ФП могут варьировать от одного пациента к другому, поэтому индивидуальный, основанный на электрофизиологических особенностях подход использовать всегда лучше, чем стандартизованный с предписанным набором воздействий [17,18].

Ключевым вопросом оценки любой лечебной методики является ее эффективность. Ряд исследований по сравнению эффективности катетерной абляции и антиаритмической терапии были проведены в

2000-ых годах. Исследования показали достоверное существенное преимущество абляции в лечении как пароксизмальной, так и персистирующей фибрилляции предсердий [19, 20, 21, 22], в том числе и в качестве первой линии терапии [23]. Проведен ряд обзоров и метаанализов [24], вызывает особый интерес метаанализ Ganesan et al., 2013 [25], показавший эффективность РЧА через 12 месяцев после однократной процедуры – 64,2% (66,6% для пароксизмальной ФП и 51,9% для непароксизмальной), отдаленная эффективность составила 54,1% для пароксизмальной формы. Анализ результатов 14 исследований показал отсутствие достоверной разницы эффективности сегментарной и широкой антральной окружной абляции. Выполнение повторных РЧА абляций увеличивало эффективность в среднем до 79,8% (79,0% для пароксизмальной ФП и 77,8% для непароксизмальной). Интересные данные были получены по предикторам рецидива ФП. Возраст, женский пол, артериальная гипертензия, наличие структурной патологии сердца, ХСН, длительность анамнеза ФП, количество неэффективных антиаритмических препаратов, диаметр левого предсердия больше 45 мм, ранний (в сроки 2-6 мес.) рецидив ФП были предикторами рецидива ФП, а купирование ФП и восстановление синусового ритма во время РЧА было предиктором отдаленного успеха.

Расширенная абляция используется у пациентов с персистирующей фибрилляцией с использованием абляции «роторов» или «драйверов» [26], этапного пошагового подхода [27, 28], абляции поздних и фрагментированных предсердных потенциалов [29, 30]. Расширенная абляция требует большего операционного времени, рентгеновского облучения, повышает риск процедуры. Левопредсердные реентри тахикардии достаточно редки после выполнения изоляции легочных вен (~5%), но могут наблюдаться у до 25% больных, перенесших модификацию субстрата, в основном за счет несостоятельности линейных воздействий. Таким образом, для больных с персистирующей ФП абляция сложных фрагментированных потенциалов, абляция роторов или рутинное нанесение линейных воздействий не обосновано во время первичной процедуры [34, 31]. В тоже время дополнительные абляции оправданы при рецидиве ФП после первичной операции [32, 33, 34]. Проба с аденозином остается дискуссионной после некоторых последних сообщений, а абляция «роторов» с использованием данных поверхностного картирования пока находится в стадии изучения и не может быть рекомендована к рутинному использованию [35, 36, 37, 38].

Таким образом, результат катетерной абляции трудно предвидеть индивидуально у каждого пациента [39, 40, 41]. Значительное количество пациентов требуют повторных вмешательств для достижения

стойкого эффекта. Вероятность успешной аблации выше у более молодых пациентов с короткой историей ФП, при частых и коротких эпизодах ФП в отсутствии структурной патологии сердца.

Трудности лечения персистирующей ФП

При аблации пациентов с персистирующей ФП необходимо помнить о следующих особенностях:

- требуется лечение основной кардиальной патологии (ГБ, ревматизм, миокардит, пороки клапанов и т.д. – «up-stream терапия»),
- взаимодействие «триггера» и «субстрата»,
- верификация степени контакта инструмента с эндокардом при аблации,
- тщательный контроль непрерывности линии воздействия поражающего фактора на ткань ,
- возможность возникновения «новых» тахикардий после успешного катетерного лечения,
- влияние вегетативной нервной системы на течение ФП,
- контроль приступов ФП в послеоперационном периоде, особенно при «бессимптомном» характере течения ФП и периоперационная антиаритмическая и антикоагулянтная терапия (подбор, прекращение).

В основе доминирования субстрата на этапе персистирующей ФП лежит нарастание степени фиброзных изменений в миокарде предсердий [42, 43]. Современные операционные системы позволяют выполнять картирование «субстрата аритмии» и определять индивидуальную тактику аблации у каждого пациента.

Осложнения РЧА

Катетерная аблация ФП остается одной из самых сложных в современной аритмологии. Частота осложнений операции составлена по данным регистра EURObservational Research Programme (EORP), базирующегося на анализе лечения 1391 пациентов центров, выполняющих не менее 50 операций в год. От 5 до 7% страдают от серьезных осложнений катетерной аблации ФП, в 2–3% случаев наблюдаются жизнеопасные, но обычно курабельные осложнения (табл. 2). Интраоперационные осложнения описаны, но достаточно редки (0,2%). Наиболее тяжелыми осложнениями являются инсульт/ТИА (0,1%), тампонада (1–2%), стеноз легочной вены и повреждение пищевода, приводящее к формированию предсердно-пищеводной фистулы. «Немые инсульты», т.е. очаги в белом веществе головного мозга, выявляемые при МРТ наблюдаются у примерно 10% больных при радиочастотной и криобаллонной аблации [44]. Клиническое значение этих эмболий пока не ясно [45]. Риск послеоперационного инсульта наиболее высок в первую неделю после операции [46], описаны отсроченные тампонады [47]. Предсердно-пищеводные фистулы чаще формируются в сроки 7 – 30 дней после операции. Пищеводная фистула должна быть заподозре-

на при наличии у больного триады неспецифических симптомов: инфекционный процесс, боли в груди и ТИА в первые недели после аблации. Это осложнение требует незамедлительного лечения.

Таблица 2
Осложнения катетерной аблации ФП

Тяжесть осложнений	Тип осложнений	Частота
Жизнеопасные осложнения	Операционная летальность	<0,2%
	Повреждение пищевода (перфорация/фистула)	<0,5%
	Периоперационный инсульт (включая ТИА/воздушную эмболию)	<1%
	Тампонада сердца	1 – 2 %
Тяжелые осложнения	Стеноз легочной вены	<1%
	Повреждение диафрагмального нерва	1 – 2 %
	Сосудистые осложнения	2 – 4 %
	Другие тяжелые осложнения	Около 1%
Другие умеренные и легкие осложнения		1 – 2 %
Неизвестного значения	Асимптомные мозговые эмболии (немой инсульт)*	5 – 20%
	Лучевая нагрузка	

ТИА – транзиторная ишемическая атака.

* менее 10% для криобаллонной и радиочастотной аблации, 20% – для фазовой радиочастотной аблации.

Новые технологии

Криобаллонная изоляция лёгочных вен

В конце 2000-ых – начале 2010-ых годов в клинику пришли криотехнологии. Помимо точечной криоаблации была разработана методика криобаллонной изоляции легочных вен [52, 53]. Пионером использования криобаллонной техники для лечения ФП был Центр Алмазова [54], впоследствии был организован национальный регистр по криобаллонной аблации легочных вен, его первая фаза была посвящена опыту применения баллона первого поколения в России [55]. Сейчас готовится вторая фаза регистра по КБА в России с использованием баллона второго поколения. Сегодня уже третье поколение криобаллонов катетеров приходит в клинику для выполнения этой процедуры. Проведена серия исследований по сравнению традиционной радиочастотной методики с КБА [56, 57]. Исследование FIRE AND ICE показало, что КБА не уступает по эффективности РЧА, в то же время сокращается время операции (124 против 141 минуты). Сравнение проводилось с «классической» РЧА, и не проводилось сравнение РЧА с использованием катетеров с контролем степени контакта

электрода с тканью (contact force control), которая может улучшить результаты абляции на 10 и более процентов [58, 59]. Появление на российском рынке криобаллона второго поколения открывает новые перспективы использования метода.

Робототехника

Появление роботизированных систем для выполнения катетерной абляции открыло новые перспективы в лечении, в том числе и фибрилляции предсердий. Для выполнения РЧА используются в основном две системы: система магнитной навигации Stereotaxis (Stereotaxis, США) и Sensei (Hansen Medical). Опыт работы с использованием последней имеется в нашем центре [60]. Оператор при выполнении процедуры находится в смежном помещении в удалении от рентгеновского аппарата. Система дает возможность использования высококомобильного управляющего катетера Artizan, позволяющего достичь любой точки целевой камеры сердца. Роботизированная абляция позволяет легко выполнять линейные воздействия. Благодаря системе IntelliSense имеется возможность контроля степени прижатия электрода к тканям. Основные преимущества технологии связаны с уменьшением лучевой нагрузки на оператора, со стабильным положением катетера и более проникающим воздействием [61, 62]. В настоящее время в центре разработан протокол и выполняется исследование возможностей роботизированной абляции при лечении персистирующей ФП [63].

Определенные перспективы в лечении ФП связаны с воздействием на элементы вегетативной нервной системы – нейромодуляцией. Появляются работы по абляции ганглионарных сплетений сердца, почечных артерий в сочетании с РЧА или без таковой [64, 65, 66, 67]. Технология контроля степени контакта электрода с тканью (SmartTouch, ContactForce control) дает надежды на нанесение более надежного воздействия, особенно линейного при персистирующей ФП.

Таким образом можно заключить:

- В XXI веке в интервенционном лечении ФП достигнуты значительные успехи.
- Интервенционное лечение ФП эффективнее ААТ.
- Лечение ФП является сложной, наукоемкой и дорогостоящей задачей.
- Лечение ФП – пример «командного подхода» специалистов не только медицинских специальностей (кардиолог, электрофизиолог, хирург), но и инженеров, биофизиков.

Литература

1. Camm A.J. Atrial fibrillation and risk. Clin Cardiol 2012; 35 Suppl 1: 1 – 2.
2. Буланова Н.А., Стажадзе Л.Л., Алексеева Л.А., Дубровина Е.В., Дорофеева Е.В. Распространенность

фибрилляции предсердий у больных, наблюдаемых в условиях поликлиники. Кардиология. – 2011. – № 12. – С. 29 – 35.

3. Impact of Atrial Fibrillation on the Risk of Death. The Framingham Heart Study. Benjamin E.J., MD, Wolf P.A., D'Agostino R.B., Silbershatz H., Kannel W.B., Levy D. Circulation. – 1998. – V. 98. – P. 946 – 952.

4. Stewart S., Hart CL, Hole DJ, McMurray JJV. A population-based study of the long-term risks associated with atrial fibrillation: 20-year follow-up of the Renfrew/Paisley study. Am J Med. – 2002. – V. 113. – № 5. – P. 359 – 364.

5. Hagens V.E., Ranchor A.V., Van Sonderen E. et al. Effect of rate or rhythm control on quality of life in persistent atrial fibrillation: results from the rate control versus electrical cardioversion (RACE) study. J Am Coll Cardiol. – 2004; – V. 43, – P. 241 – 247.

6. Corley S.D., Epstein A.E., DiMarco J.P. et al. Relationships between sinus rhythm, treatment, and survival in the atrial fibrillation follow-up investigation of rhythm management (AFFIRM) study. Circulation. – 2004. – V. 109/ – P. 1509 – 1513.

7. Hohnloser S.H. Benefit-risk assessment of current antiarrhythmic drug therapy of atrial fibrillation. Clin Cardiol. – 2012. – V. 35 Suppl 1. – P. 28 – 32.

8. Канорский С.Г. Современная медикаментозная терапия фибрилляции предсердий: выбор тактики, антиаритмических препаратов и схем лечения. Кардиология. – 2012. – №9. – С. 58 – 63.

9. Haissaguere 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 – V. 339. – N. 10. – p. 659 – 666

10. Haissaguere M., Shah D., Jais P., et al. Electrophysiological Breakthroughs From the Left Atrium to the Pulmonary Veins. Circulation. – 2000. V. 102. – P. 2463 – 2465

11. Haissaguerre M, Shah DC, Jais P, Hocini M, Yamane T, Deisenhofer I, Chauvin M, Garrigue S, Clementy J. Electrophysiological breakthroughs from the left atrium to the pulmonary veins. Circulation. – 2000. – V102. – P. 2463 – 2465.

12. Oral H, Knight BP, Ozaydin M, Chugh A, Lai SW, Scharf C, Hassan S, Greenstein R, Han JD, Pelosi F Jr, et al. Segmental ostial ablation to isolate the pulmonary veins during atrial fibrillation: feasibility and mechanistic insights. Circulation. – 2002. – V. 106. – P. 1256 – 1262.

13. Pappone C, Oreto G, Lamberti F, Vicedomini G, Loricchio ML, Shpun S, Rillo M, Calabro MP, Conversano A, Ben-Haim SA, et al. Catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation using a 3D mapping system. Circulation. – 1999. – V. 100. – P. 1203 – 1208.

14. Pappone C., Oreto G., Rosanio S., Vicedomini G., Tocchi M., Gugliotta F., Salvati A., Dicandia C.,

Calabro M, Mazzone P, Ficarra E, Di Gioia C, Gulletta S, Nardi S, Santinelli V, Benussi S, Alfieri O. Atrial Electroanatomic Remodeling After Circumferential Radiofrequency Pulmonary Vein Ablation Efficacy of an Anatomic Approach in a Large Cohort of Patients With Atrial Fibrillation. *Circulation*. – 2001. – V. 104. P. 2539 – 2544.

15. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *European Heart Journal*. – 2016. – V. 37. – P. 2893 – 2962.

16. Oral H, Chugh A, Good E, Sankaran S, Reich SS, Igic P, Elmouchi D, Tschopp D, Crawford T, Dey S, et al. A tailored approach to catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation*. – 2006. – V. 113. – P. 1824 – 1831.

17. Haissaguerre M, Hocini M, Sanders P, Sacher F, Rotter M, Takahashi Y, Rostock T, Hsu LF, Bordachar P, Reuter S, et al. Catheter ablation of longlasting persistent atrial fibrillation: clinical outcome and mechanisms of subsequent arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol*. – 2005. – V. 16. – P. 1138 – 1147.

18. Haissaguerre M, Sanders P, Hocini M, Takahashi Y, Rotter M, Sacher F, Rostock T, Hsu LF, Bordachar P, Reuter S, et al. Catheter ablation of longlasting persistent atrial fibrillation: critical structures for termination. *J Cardiovasc Electrophysiol*. – 2005. – V. 16. – P. 1125 – 1137.

19. Jaïs Pierre, MD; Bruno Cauchemez, MD; Laurent Macle, MD; Emile Daoud, MD; Paul Khairy, MD, PhD; Rajesh Subbiah, BSc (Med), MBBS, PhD; Méléze Hocini, MD; Fabrice Extramiana, MD; Frédéric Sacher, MD; Pierre Bordachar, MD; George Klein, MD; Rukshen Weerasooriya, MBBS; Jacques Clémenty, MD; Michel Haïssaguerre, MD. Catheter Ablation Versus Antiarrhythmic Drugs for Atrial Fibrillation The A4 Study. *Circulation*. – 2008. – V. 118. – P. 2498 – 2505.

20. Oral H, Pappone C, Chugh A, Good E, Bogun F, Pelosi F, Bates ER, Lehmann M, Vicedomini G, Augello G, Agricola E, Sala S, Santinelli V, Morady F. Circumferential Pulmonary-Vein Ablation for Chronic Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. – 2006. – V. 354. – P. 934 – 41.

21. Pappone C, Augello G, Sala S, Gugliotta F, Vicedomini G, Gulletta S, Paglino G, Mazzone P, Sora N, Greiss I, Santagostino A, LiVolsi L, Pappone N, Radinovic A, Manguso F, Santinelli V. A Randomized Trial of Circumferential Pulmonary Vein Ablation Versus Antiarrhythmic Drug Therapy in Paroxysmal Atrial Fibrillation The APAF Study. *JACC*. – 2006. – Vol. 48, No. 11. – p. 2340 – 2347.

22. Stabile G, Bertaglia E, Senatore G, De Simone A, Zoppo F, Donnici G, Turco P, Pascotto P, Fazzari M, Vitale DF. Catheter ablation treatment in patients with drug-refractory atrial fibrillation: a prospective, multi-

centre, randomized, controlled study (Catheter Ablation For The Cure Of Atrial Fibrillation Study). *European Heart Journal*. – 2006. – V. 27. – P. 216 – 221.

23. Wazni O, Marrouche N, Martin D, Verma A, Bhargava M, Saliba W, Bash D, Schweikert R, Brachmann J, Gunther J, Gutleben K, Pisano E, Potenza D, Fanelli R, Raviele A, Themistoclakis S, Rossillo A, Bonso A, Natale A. Radiofrequency Ablation vs Antiarrhythmic Drugs as First-line Treatment of Symptomatic Atrial Fibrillation A Randomized Trial. *JAMA*. – 2005. – V. 293. – P. 2634 – 2640.

24. Noheria A, Kumar A, Wylie J, Josephson M. Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy for Atrial Fibrillation A Systematic Review. *Arch Intern Med*. – 2008. – V. 168(6). – P. 581 – 586.

25. Ganesan A, Shipp NJ, Brooks AG, Kuklik P, Lau DH, Lim HS, Sullivan T, Roberts-Thomson KC, Sanders P. Long-term Outcomes of Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: A Systematic Review and Meta-analysis *J Am Heart Assoc*. – 2013. – V. 2. – P. 004549.

26. Haissaguerre M, Hocini M, Denis A, Shah AJ, Komatsu Y, Yamashita S, Daly M, Amraoui S, Zellerhoff S, Picat MQ, Quotb A, Jesel L, Lim H, Ploux S, Bordachar P, Attuel G, Meillet V, Ritter P, Derval N, Sacher F, Bernus O, Cochet H, Jais P, Dubois R. Driver domains in persistent atrial fibrillation. *Circulation*. – 2014. – V. 130. P. 530 – 538.

27. Schreiber D, Rostock T, Frohlich M, Sultan A, Servatius H, Hoffmann BA, Luker J, Berner I, Schaffer B, Wegscheider K, Lezius S, Willems S, Steven D. Five-year follow-up after catheter ablation of persistent atrial fibrillation using the stepwise approach and prognostic factors for success. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. – 2015. – V. 8. – P. 308 – 317.

28. Dong JZ, Sang CH, Yu RH, Long DY, Tang RB, Jiang CX, Ning M, Liu N, Liu XP, Du X, Tse HF, Ma CS. Prospective randomized comparison between a fixed '2C3L' approach vs. stepwise approach for catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Europace*. – 2015. V. – V. 17. – P. 1798 – 1806.

29. Verma A, Jiang CY, Betts TR, Chen J, Deisenhofer I, Mantovan R, Macle L, Morillo CA, Haverkamp W, Weerasooriya R, Albenque JP, Nardi S, Menardi E, Novak P, Sanders P, STAR AF II Investigators. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. – 2015. – V. 372. – P. 1812 – 1822.

30. Providencia R, Lambiase PD, Srinivasan N, Ganesh Babu G, Bronis K, Ahsan S, Khan FZ, Chow AW, Rowland E, Lowe M, Segal OR. Is There Still a Role for Complex Fractionated Atrial Electrogram Ablation in Addition to Pulmonary Vein Isolation in Patients With Paroxysmal and Persistent Atrial Fibrillation? Meta-Analysis of 1415 Patients. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. – 2015. – V. 8. – P. 1017 – 1029.

31. Verma A, Jiang CY, Betts TR, Chen J, Deisenhofer I, Mantovan R, Macle L, Morillo CA, Haverkamp W, Weerasooriya R, Albenque JP, Nardi S, Menardi E, Novak P, Sanders P, STAR AF II Investigators. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med.* – 2015. – V. 372. – P. 1812 – 1822.
32. Scherr D, Khairy P, Miyazaki S, Aurillac-Lavignolle V, Pascale P, Wilton SB, Ramoul K, Komatsu Y, Roten L, Jadidi A, Linton N, Pedersen M, Daly M, O'Neill M, Knecht S, Weerasooriya R, Rostock T, Manninger M, Cochet H, Shah AJ, Yeim S, Denis A, Derval N, Hocini M, Sacher F, Haissaguerre M, Jais P. Five-year outcome of catheter ablation of persistent atrial fibrillation using termination of atrial fibrillation as a procedural endpoint. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* – 2015. – V. 8. – P. 18 – 24.
33. Rolf S, Kircher S, Arya A, Eitel C, Sommer P, Richter S, Gaspar T, Bollmann A, Altmann D, Piedra C, Hindricks G, Piorkowski C. Tailored atrial substrate modification based on low-voltage areas in catheter ablation of atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* – 2014. – V. 7. – P. 825 – 833.
34. Shah AJ, Pascale P, Miyazaki S, Liu X, Roten L, Derval N, Jadidi AS, Scherr D, Wilton SB, Pedersen M, Knecht S, Sacher F, Jais P, Haissaguerre M, Hocini M. Prevalence and types of pitfall in the assessment of mitral isthmus linear conduction block. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* – 2012. – V. 5. – P. 957 – 967.
35. Mohanty S, Gianni C, Mohanty P, Halbfass P, Metz T, Trivedi C, Deneke T, Tomassoni G, Bai R, Al-Ahmad A, Bailey S, Burkhardt JD, Gallingshouse GJ, Horton R, Hranitzky PM, Sanchez JE, Di Biase L, Natale A. Impact of Rotor Ablation in Non-Paroxysmal AF Patients: Results from a Randomized Trial (OASIS). *J Am Coll Cardiol.* – 2016. – V. 68. – P. 274 – 282.
36. Macle L, Khairy P, Weerasooriya R, Novak P, Verma A, Willems S, Arentz T, Deisenhofer I, Veenhuyzen G, Scavee C, Jais P, Puererfellner H, Levesque S, Andrade JG, Rivard L, Guerra PG, Dubuc M, Thibault B, Talajic M, Roy D, Nattel S, ADVANCE trial investigators. Adenosine-guided pulmonary vein isolation for the treatment of paroxysmal atrial fibrillation: an international, multicentre, randomised superiority trial. *Lancet.* – 2015. – V. 386. – P. 672 – 679.
37. Kobori A, Shizuta S, Inoue K, Kaitani K, Morimoto T, Nakazawa Y, Ozawa T, Kurotobi T, Morishima I, Miura F, Watanabe T, Masuda M, Naito M, Fujimoto H, Nishida T, Furukawa Y, Shirayama T, Tanaka M, Okajima K, Yao T, Egami Y, Satomi K, Noda T, Miyamoto K, Haruna T, Kawaji T, Yoshizawa T, Toyota T, Yahata M, Nakai K, Sugiyama H, Higashi Y, Ito M, Horie M, Kusano KF, Shimizu W, Kamakura S, Kimura T, UNDER-ATP Trial Investigators. Adenosine triphosphate-guided pulmonary vein isolation for atrial fibrillation: the UNmasking Dormant Electrical Reconduction by Adenosine TriPhosphate (UNDER-ATP) trial. *Eur Heart J.* – 2015. – V. 36. – P. 3276 – 3287.
38. Berntsen RF, Haland TF, Skardal R, Holm T. Focal impulse and rotor modulation as a stand-alone procedure for treatment of paroxysmal atrial fibrillation. A within-patient controlled study with implanted cardiac monitoring. *Heart Rhythm.* – 2016. – V. 13. – P. 1768 – 1774.
39. Marrouche NF, Wilber D, Hindricks G, Jais P, Akoum N, Marchlinski F, Kholmovski E, Burgon N, Hu N, Mont L, Deneke T, Duytschaever M, Neumann T, Mansour M, Mahnkopf C, Herweg B, Daoud E, Wissner E, Bansmann P, Brachmann J. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study. *JAMA.* – 2014. – V. 311. – P. 498 – 506.
40. Ganesan AN, Nandal S, Luker J, Pathak RK, Mahajan R, Twomey D, Lau DH, Sanders P. Catheter ablation of atrial fibrillation in patients with concomitant left ventricular impairment: a systematic review of efficacy and effect on ejection fraction. *Heart Lung Circ.* – 2015. – V. 24. – P. 270 – 280.
41. Ganesan AN, Shipp NJ, Brooks AG, Kuklik P, Lau DH, Lim HS, Sullivan T, Roberts-Thomson KC, Sanders P. Long-term outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* – 2013. – N. 2. – P. e004549.
42. Митрофанова Л.Б., Лебедев Д.С., Антонова И.В., Платонов П.Г. Сравнительное морфометрическое исследование различных отделов предсердий при их пароксизмальной или постоянной фибрилляции. *Вестник аритмологии.* – 2010. – № 62. – С. 32 – 36.
43. Митрофанова Л.Б. Виды фиброза и его распространенность в предсердиях при фибрилляции предсердий на фоне ишемической болезни сердца и ревматизма. *Вестник аритмологии.* – 2014. – № 75. – С. 10 – 16.
44. Haeusler KG, Kirchhof P, Endres M. Left atrial catheter ablation and ischemic stroke. *Stroke.* – 2012. – V. 43. – P. 265 – 270.
45. Deneke T, Jais P, Scaglione M, Schmitt R, L DIB, Christopoulos G, Schade A, Mugge A, Bansmann M, Nentwich K, Muller P, Krug J, Roos M, Halbfass P, Natale A, Gaita F, Haines D. Silent cerebral events/lesions related to atrial fibrillation ablation: a clinical review. *J Cardiovasc Electrophysiol.* – 2015. – V. 26. – P. 455 – 463.
46. Kosiuk J, Kornej J, Bollmann A, Piorkowski C, Myrda K, Arya A, Sommer P, Richter S, Rolf S, Husser D, Gaspar T, Lip GY, Hindricks G. Early cerebral thromboembolic complications after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: incidence, characteristics, and risk factors. *Heart Rhythm.* – 2014. – N. 11. – P. 1934 – 1940.

47. Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Iesaka Y, Kalman J, Kim YH, Klein G, Natale A, Packer D, Ricci C, Skanes A, Ranucci M. Delayed cardiac tamponade after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a worldwide report. *J Am Coll Cardiol.* – 2011. – V. 58. – P. 2696 – 2697.
48. Gupta A, Perera T, Ganesan A, Sullivan T, Lau DH, Roberts-Thomson KC, Brooks AG, Sanders P. Complications of catheter ablation of atrial fibrillation: a systematic review. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* – 2013. – N. 6. – P. 1082 – 1088.
49. Hsu LF, Jais P, Hocini M, Sanders P, Scavee C, Sacher F, Takahashi Y, Rotter M, Pasquie JL, Clementy J, Haissaguerre M. Incidence and prevention of cardiac tamponade complicating ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol.* – 2005. – V. 28. P. S106 – 109.
50. Michowitz Y, Rahkovich M, Oral H, Zado ES, Tilz R, John S, Denis A, Di Biase L, Winkle RA, Mikhaylov EN, Ruskin JN, Yao Y, Josephson ME, Tanner H, Miller JM, Champagne J, Della Bella P, Kumagai K, Defaye P, Luria D, Lebedev DS, Natale A, Jais P, Hindricks G, Kuck KH, Marchlinski FE, Morady F, Belhassen B. Effects of sex on the incidence of cardiac tamponade after catheter ablation of atrial fibrillation: results from a worldwide survey in 34 943 atrial fibrillation ablation procedures. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* – 2014. – N. 7. – P. 274 – 280.
51. Nair KK, Shurrab M, Skanes A, Danon A, Birnie D, Morillo C, Chauhan V, Mangat I, Ayala-Paredes F, Champagne J, Nault I, Tang A, Verma A, Lashevsky I, Singh SM, Crystal E. The prevalence and risk factors for atrioesophageal fistula after percutaneous radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation: the Canadian experience. *J Interv Card Electrophysiol.* – 2014. – V. 39. – P. 139 – 144.
52. Ahmed H, Neuzil P, Skoda J, D'Avila A, Donaldson D, Laragy M, Reddy V. The Permanency of Pulmonary Vein Isolation Using a Balloon Cryoablation Catheter. *J Cardiovasc Electrophysiol.*, – 2010. – V. 21, Issue 7. – P. 731 – 737.
53. Kojodjojo Pipin, D O'Neill Mark, Lim Phang Boon, Malcolm-Lawes Louisa, Whinnett Zachary I, Salukhe Tushar V, Linton Nicholas W, Lefroy David, Mason Anthony, Wright Ian, Peters Nicholas S, Kanagaratnam Prapa, Davies D Wyn. Pulmonary venous isolation by antral ablation with a large cryoballoon for treatment of paroxysmal and persistent atrial fibrillation: medium-term outcomes and non-randomised comparison with pulmonary venous isolation by radiofrequency ablation. *Heart.* – 2010. – V. 96. – P. 1379 – 1384.
54. Михайлов Е.Н., Оршанская В.С., Колунин Г.В., Харац В.Е., Павлов А.В., Кузнецов В.А., Лебедев Д.С., Шляхто Е.В.. Криобаллонная абляция для изоляции легочных вен у пациентов с фибрилляцией предсердий: первый опыт в России. *Кардиология.* – 2012. – Т. 4. – С. 38 – 48.
55. Mikhaylov E.N., Lebedev D.S., Pokushalov E.A., Davtyan K.V., Ivanitskii E.A., A.A. Nechepurenko A.A. et al. Outcomes of Cryoballoon Ablation in High- and Low-Volume Atrial Fibrillation Ablation Centres: A Russian Pilot Survey. *BioMed Research International.* – 2015. – Article ID 591603, 8 pages.
56. Luik A, Radzewitz A, Kieser M, Walter M, Bramlage P, Hormann P, Schmidt K, Horn N, Brinkmeier-Theofanopoulou M, Kunzmann K, Riexinger T, Schymik G, Merkel M, Schmitt C. Cryoballoon Versus Open Irrigated Radiofrequency Ablation in Patients With Paroxysmal Atrial Fibrillation: The Prospective, Randomized, Controlled, Noninferiority FreezeAF Study. *Circulation.* – 2015. – V. 132. – P. 1311 – 1319.
57. Kuck KH, Brugada J, Furnkranz A, Metzner A, Ouyang F, Chun KR, Elvan A, Arentz T, Bestehorn K, Pocock SJ, Albenque JP, Tondo C, FIRE AND ICE Investigators. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* – 2016. – V. 374. – P. 2235 – 2245.
58. Marijon E, Fazaa S, Narayanan K, Guy-Moyat B, Bouzeman A, Providencia R, Treguer F, Combes N, Borton A, Boveda S, Combes S, Albenque J-P. Real-Time Contact Force Sensing for Pulmonary Vein Isolation in the Setting of Paroxysmal Atrial Fibrillation: Procedural and 1-Year Results. *J Cardiovasc Electrophysiol.* – 2014. – V. 25. – N 2. – P. 130 – 137.
59. Bertaglia E, Fassini G, Anselmino M, et al. Comparison of ThermoCool Surround Flow catheter versus ThermoCool catheter in achieving persistent electrical isolation of pulmonary veins: a pilot study. *J Cardiovasc Electrophysiol.* – 2013. – V. 24. – P. 269 – 273.
60. Наймушин М.А., Лебедев Д.С. Роботизированная абляция аритмий. *Трансляционная медицина.* – 2015. – № 6 (36). – С. 18 – 24.
61. Arujuna Aruna, Karim Rashed, Zarinabad Niloufar, Gill Jaspal, Rhode Kawal, Schaeffter Tobias, Wright Matthew, Rinaldi C. Aldo, Cooklin Michael, Razavi Reza, O'Neill Mark D., Gill Jaswinder S. A randomized prospective mechanistic cardiac magnetic resonance study correlating catheter stability, late gadolinium enhancement and 3 year clinical outcomes in robotically assisted vs. standard catheter ablation. *Europace* – 2015. – V. 17. – P. 1241 – 1250.
62. Ullah W, MBBS, Ailsa McLean, RN, Ross J. Hunter, MBBS, PhD, Victoria Baker, RN, Laura Richmond, RN, Emily J. Cantor, MBBS, Mehul B. Dhinoja, MBBS, Simon Sporton, MBBS, MD, Mark J. Earley, MBBS, MD, Richard J. Schilling, MBBS, MD. Randomized trial comparing robotic to manual ablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* – 2014. – V. 11/ – P. 1862–1869.

63. Наймушин М.А., Михайлов Е.Н., Лебедев Д.С. Дизайн рандомизированного клинического исследования аблации персистирующей фибрилляции предсердий. Трансляционная медицина. – 2016. – № 3 (3). – С. 79 – 84.

64. Krul SP, Driessen AH, van Boven WJ, Linnenbank AC, Geuzebroek GS, Jackman WM, Wilde AA, de Bakker JM, de Groot JR. Thoracoscopic video-assisted pulmonary vein antrum isolation, ganglionated plexus ablation, and periprocedural confirmation of ablation lesions: first results of a hybrid surgical-electrophysiological approach for atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electro physiol.* - 2011. – N. 4. – P. 262 – 270.

65. Kosiuk J, Hilbert S, Pokushalov E, Hindricks G, Steinberg JS, Bollmann A. Renal denervation for treatment of cardiac arrhythmias: state of the art and future directions. *J Cardiovasc Electrophysiol.* – 2015. – V. 26. – N. 2. – P. 233 – 8.

66. Hou Y, Zhou Q, Po SS. Neuromodulation for cardiac arrhythmia. *Heart Rhythm.* – 2016. – V. 13. – N. 2. P. 584 – 92.

67. Stavrakis S, Nakagawa H, Po SS, Scherlag BJ, Lazzara R, Jackman WM. The role of the autonomic ganglia in atrial fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol.* – 2015. – N. 1. – P. 1 – 13.

Статья поступила 11.01.2017 г.