

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ МЕТОДОВ ИНТЕРВЕНЦИОННОГО ЛЕЧЕНИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

LATEST TECHNOLOGICAL ADVANCES FOR CATHETER ABLATION OF ATRIAL FIBRILLATION

**A. Fayez
N. Safonov
A. Faybushevich
V. Baranovich**

Summary. In this review article, we aim to highlight the recent techniques in catheter-based management of Atrial Fibrillation; including new advancements in the catheter design or the software used. This includes a comprehensive summary of the most recent tools used in AF mapping and subsequent ablation.

Keywords: atrial fibrillation, high power short duration ablation, ablation index ablation.

Фаез Афсун

Сердечно-сосудистый хирург, аспирант, ФГАОУ ВО
«Российский университет дружбы народов»
afsoonfayez@gmail.com

Сафонов Никита Владимирович

К.м.н, сердечно-сосудистый хирург, Городская
клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова
safon_92@mail.ru

Файбушевич Александр Георгиевич

К.м.н, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы
народов»
faibushevich.a@gmail.com

Баранович Владислав Юрьевич

К.м.н., доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет
дружбы народов»
vubara@yandex.ru

Аннотация. Статья является научным обзором, в котором рассматривается применение современных методов интервенционного лечения фибрилляции предсердий. Проведен анализ данных мировой литературы в поисковых системах PubMed, MedLine, Google, с использованием следующих ключевых слов: фибрилляция предсердий, катетерная абляция, индекс абляции, абляция высокой мощности. В статье суммируются последние достижения в технологии методов картирования и абляции. Также рассматривается множество подходов для повышения качества абляции при изоляции легочных вен, таких как использование ирригационных и циркулярных катетеров, 3D системы картирования, роботы и тесты с Аденозином.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, индекс абляции, высокая мощность абляции.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) — самая частая аритмия. Риск возникновения ФП увеличивается с возрастом — от <0,5% в возрасте 40–50 лет до 5–15% в возрасте 80 лет. У мужчин ФП развивается чаще, чем у женщин. [1]

В развитых странах, в связи с тенденцией к увеличению общей продолжительности жизни, ожидается дальнейшее увеличение числа больных с ФП. За последние десятилетия отмечен существенный рост распространенности ФП, показано, что к 2050 г. в США ожидается 6–12 миллионов больных и 17.9 миллионов к 2060 году [2].

Согласно действующим рекомендациям по катетерной абляции (КА) у больных с фибрилляцией предсердий, изоляция устьев легочных вен (ЛВ) является ключевым моментом лечения этой аритмии [1].

Материалы и методы

В этой работе мы суммируем последние достижения в технологии методов картирования и абляции за последние 20 лет, используя ресурсы поисковых систем PubMed, MedLine, eLibrary, с использованием следующих ключевых слов: фибрилляция предсердий, катетерная абляция, криобаллонная абляция, индекс абляции, абляция высокой мощности.

Цель

Обобщить имеющиеся литературные данные о использовании, распространённости и эффективности разных методов эндоваскулярного лечения фибрилляции предсердий.

Основная часть

Началом прорыва в лечении ФП считается 1980 г., когда появились первые сообщения об изоляции ЛП [4]. При этом ФП сохранялась в правом предсердии, что в совокупности приводило к снижению фракции выброса и риску системной тромбоэмболии. Два года спустя, Scheinman W. et al. разработали метод абляции пучка Гиса для контроля частоты сокращений желудочков при ФП [5, 6]. Эта процедура подразумевала имплантацию электрокардиостимулятора и не решала проблему потери предсердного вклада и риска тромбоэмболических осложнений. Кроме того, не удавалось достичь предсердно-желудочковой синхронизации после операции. Вместе с тем, вышеупомянутый метод абляции пучка Гиса позволяет достичь приемлемых результатов без операции на открытом сердце [5].

Как при хирургической, так и при катетерной абляции, основной целью является изоляция ЛВ до достижения двунаправленного блока электрического проведения [7]. Haissaguerre M. опубликовал в 1998 г. данные о том, что триггером пароксизмальной ФП служит эктопическая активность в ЛВ [8]. Изоляция лёгочных вен является основой абляции ФП. Для пароксизмальной ФП вероятность успеха составляет 70–75%.

Эффективность катетерной абляции становится несколько субоптимальной и изменчивой для персистирующей или длительно персистирующей ФП, где вероятность успеха оценивается около 40–50%, требующих повторных процедур [3].

Применение современной трехмерной электроанатомической навигации и тщательный отбор пациентов позволяют добиться лучших результатов [9]. Множество подходов было представлено для повышения качества абляции при изоляции легочных вен.

1. Новые стратегии и инструменты картирования мерцательной аритмии

Широко используемые системы 3D картирования CARTO 3 (Biosense Webster, Irvine, Ca.) и Ensite Precision (St. Jude Medical, St. Paul, Min) позволяют выполнять трехмерное анатомическое картирование, которое, в свою очередь, позволяет лучше локализовать катетер и обрабатывать данные эндограммы [10].

Недавно выпущенный катетер HD Grid Mapping Catheter (GMC; Abbott, St. Paul, MN) использовался с системой картирования Ensite Precision. Было установлено, что он обеспечивает лучший контакт электрода с тканью, а также запись биполярного сигнала с нескольких направлений волнового фронта (омниполярное картирование). Он также показал благоприятные результаты по сравнению с циркулярными катетерами (СМС) для вольтажного картирования и идентификации областей низкого вольтажа [11].

Система картирования Rhythmia Boston Scientific представляет собой 3D электроанатомическую систему, в которой используется 64-плюсовой подвижный катетер с механизмом двунаправленного кончика, а также включает гибридную технологию магнитного поля и импедансную локацию [12]. Она позволяет создавать быстро и со сверхвысоким разрешением электроанатомическую и активационную карту. Стоит отметить, что это был один из первых подходов к созданию высокоплотного картирования, однако он более актуален для регулярных аритмий (например, реципрокной предсердной тахикардии), чем ФП [13].

Помимо устоявшегося понимания электрических триггеров, возникающих из легочных вен, в настоящее время имеются убедительные доказательства того, что локализованные вращательные или фокальные драйверы играют важную роль в поддержании ФП. С использованием оптического картирования в доклинических и клинических исследованиях, в частности, у людей выявили наличие временно-пространственной периодической активности, возникающей в области ЛВ, способной поддерживать ФП за счет наличия реэнтерабельных источников короткого цикла и/или фокальной автоматической активности. Влияние других драйверов ФП было описано, но не доказано как эффективная терапевтическая мишень в рандомных клинических исследованиях [14].

Сложная природа патогенеза ФП и взаимодействие между электрическими триггерами и структурным субстратом, представляют собой серьезную проблему в локализации идеальных мишеней для абляции. Недавно несколько достижений в технологии картирования позволили создать активационную и/или волновую карту как правого, так и левого предсердий во время ФП [15,16]. Многие из новых технологий картирования для абляции персистирующей формы ФП состоят из систем, которые могут отображать всю камеру во время ФП и использовать определенные образцы электрограммы и/или математические преобразования для идентификации драйверов ФП. Предварительные клинические исследования также показали, что удаление этих организованных паттернов активации может улуч-

шить исходы при персистирующей ФП. Однако роль такого картирования в подходе к персистирующей ФП еще предстоит проверить в крупных исследованиях [17].

2. Новые методы и инструменты для абляции ФП

2.1. Криобаллонная абляция. Баллонная катетерная криоабляция (БКА) — это новый метод катетерного лечения ФП, при котором модификацию и изоляцию источника аритмии осуществляют посредством глубокого локального охлаждения миокарда. За 10 лет БКА стала общепринятым методом интервенционного лечения ФП. Эффективность и безопасность БКА подтверждены клиническими исследованиями. Отметим, что БКА также использовалась для ИЛВ. Оказалось, что данный метод не уступает РЧА у пациентов с пароксизмальной ФП, по данным исследования «Fire and Ice» [18].

Технология получила широкое распространение благодаря относительной простоте ее использования и благоприятного обучения вне зависимости от навыков оператора. Переподключение ЛВ из-за анатомических особенностей устьев ЛВ, а также сложной анатомии (особенно у правой нижней ЛВ) приводит к повторным операциям и разной степени эффективности таковых.

Паралич диафрагмального нерва является более серьезным осложнением этой технологии (которая требует онлайн-мониторинга сокращения диафрагмы во время абляции). Не исключены такие осложнения как, тампонада сердца и предсердно-пищеводный свищ.

2.2. Ультранизкотемпературная криоабляция (*Ultra-low temperature cryoablation*) Система (Adagio Medical) использует жидкий азот, который может создавать температуру до -196° .

Меры безопасности, такие как стимуляция диафрагмального нерва, постоянное размещение теплового баллона в пищеводе и глубокая седация или общая анестезия, остаются неотъемлемой частью процедуры. Исследование CryoSure впервые оценило безопасность и эффективность криоабляции со сверхнизкой температурой для людей. Результаты исследования CryoSure-2 (NCT02839304), представленные на конгрессе Общества сердечного ритма в 2021 году, продемонстрировали клиническую эффективность 82% среди 79 пациентов, которые впервые перенесли катетерную абляцию по поводу пароксизмальной или персистирующей ФП. Также частота осложнений составила 1,5% (паралич диафрагмального нерва).

2.3. Эндоскопический лазерный баллон, радиочастотный баллон и горячий баллон.

Лазерный баллон для эндоскопии представляет собой гибкий баллон с переменным диаметром, который используется для доставки лазерной энергии в определяемые оператором участки, с использованием эндоскопической визуализации в реальном времени [19]. В этом аспекте стоит отметить проспективное рандомизированное многоцентровое исследование HeartLight, в рамках которого было проведено сравнение ИЛВ с использованием лазерного баллона и визуальным контролем со стандартной абляцией.

Среди 342 пациентов лазерная баллонная абляция не уступала с точки зрения первичной эффективности, определяемой как отсутствие предсердных аритмий через 12 месяцев без препаратов от аритмии по сравнению со стандартной РЧА (61,1% vs. 61,7%; $p = 0,003$). Осложнение (11,8% vs. 14,5%; $p = 0,002$) [20]. Недавнее многоцентровое исследование LIGHT-AF (NCT04544397) также продемонстрировало результаты безопасности и эффективности абляции ФП с использованием лазерных баллонов второго поколения [18]. Chun et al продемонстрировали такие же результаты. Другой тип некрио баллоны — это горячий баллон.

Система абляции горячим баллоном SATAKE (Toray Industries, Inc., Токио, Япония) использует тепловую энергию, проводимую баллоном, для абляции тканей. Это относительно другое от РЧА, где энергия доставляется локально, чтобы вызвать некроз тканей. Он использует 13-F баллон с радиочастотным генератором, который контролирует температуру баллона [9]. Это не показывает статистически значимую разницу по сравнению с криобаллонной абляцией [5].

2.4. Комбинированное контактное картирование плюс абляция.

Новый электрод Globe состоит из 16 плоских ребер со 122 позолоченными электродами, которые и картируют и изолируют, а также стимулируют. Первое клиническое исследование (Global AF) продемонстрировало свою осуществимость для ИЛВ. В исследовании (Глобальное многоэлектродное контактное картирование плюс абляция с одним катетером у пациентов с мерцательной аритмией) у 60 пациентов с симптомной ФП, перенесших ИЛВ, катетер Globe array был погружен в антральный отдел каждой ЛВ для первоначальной ИЛВ, затем данные со 122 электродов были переведены на разные карты.

2.5. Импульсная абляция/электропорация

Импульсная полевая абляция (Pulsed field ablation) — это новый, уникальный и тканеселективный

метод абляции, который использует нетермические методы абляции [5]. Абляция осуществляется за очень короткое время высоко-энергетическими импульсами, которые обеспечивают преимущество этой технологии, так как риск повреждения прилегающей ткани миокарда и диафрагмального нерва меньше [13,14].

PersAFOne — первое в мире исследование, в котором оценивали ИПА с использованием мультиспинального катетера для ИЛВ и абляции задней стенки левого предсердия у пациентов с персистирующей ФП. В рамках данного исследования была достигнута прочная, безопасная и эффективная ИЛВ [15]. Однако, ожидаются более крупные исследования, в том числе, исследование PULSE AF (абляция импульсным полем для необратимой электрополяции ткани). Другие технологии ИПА еще разрабатываются.

2.6. Абляция высокой мощности короткого времени

Прочная изоляция легочных вен является одной из наиболее важных факторов отдаленного исхода после ИЛВ.

Ранее было показано, что у большинства пациентов с рецидивирующей ФП, по крайней мере, имел место прорыв в одну вену при каждой повторной процедуре [17]. Для радиочастотной абляции признано, что в дополнение к мощности и продолжительности радиочастотной доставки, важен контакт между кончиком катетера и миокардом во время абляции для качественного и прочного радиочастотного поражения.

Сила контакта (СК) является ключевым параметром для измерения размера зоны поражения. Было продемонстрировано, что СК является определяющим фактором измерения размера зоны поражения. Установлено, что при постоянной мощности и постоянной температуре ткани, размер поражения увеличивается при высокой силе контакта, также при этом увеличивается количество steam pops и тромбоз. Стоит отметить, что катетеры с возможностью измерения силы контакта сейчас широко используются.

По данным исследования Ullah et al. 2016 г. у пациентов с ФП, эффективность РЧА с использованием силы контакта 5–40g (CF-on) и без мониторинга силы контакта (CF-off) в течение 12 месяцев были выявлены одинаковые результаты эффективности (49% vs 52%, P .9) [9]. По данным исследования Qi Z et al. демонстрируется, что постоянный монитор CF во время РЧА улучшает эффективность РЧА в течение 12 месяцев.

С появлением чувствительных к силе катетеров стало возможным объединить мощность, силу и про-

должительность абляции во взвешенной формуле для предоставления информации о поражении в режиме реального времени, глубине и размере. Индекс размера поражения (LSI) и индекс абляции (AI) на платформах Ensite и CARTO, соответственно, были разработаны как суррогатные маркеры качества радиочастотного поражения.

Индекс Абляции (AI) — представляет собой новую технологию, обеспечивающую визуальное представление зоны поражения на основе интеграции параметров мощности, силы контакта и времени, которые отображаются на системах CARTO и Ensite. С помощью этого показателя можно достичь более надежной изоляции при первичной и повторной процедуре [6].

$$\text{AblationIndex} = \left(K * \int_0^t CF^a(\tau) P^b(\tau) d\tau \right)^c$$

Использование AI при ИЛВ может предоставить больше информации по сравнению с интегралом сила-время [18].

Мощность играет важную роль для создания точек повреждения. Во время радиочастотного воздействия, электромагнитная энергия превращается в тепловую, в результате чего происходит деструкция и нагревание тканей. Нагревание тканей происходит в течение двух фаз: кондуктивной и резистивной. Процесс при резистивном нагревании активный и начинается сразу после радиочастотного воздействия на миокард и появления импеданса на катетер (повреждение поверхностное (2–3мм)). Резистивное нагревание — это быстрый процесс (2–3с), который начинается и заканчивается аппликацией.

Кондуктивное нагревание — пассивный процесс, который начинается после того, как тепло уходит с поверхности абляционного повреждения.

Чтобы достичь теплового равновесия, процесс должен длиться от 30 секунд до 2-х минут. Данный процесс продолжается даже после окончания РЧА воздействия и повреждение бывает глубоким (4–8мм) [11]. Большая часть энергии, доставляемой во время применения РЧА воздействия, не нагревает миокард, а рассеивается в крови. Далее доставка энергии может быть изменена степенью контакта катетера с поверхностью ткани. При увеличении расстояния между кончиком катетера и тканью, доставка энергии уменьшается на 75%. Далее энергия рассасывается в ближайшие структуры. Важно понимание того, что доставленная энергия в ткани — это результат различия между мощностью (измеряемой в ваттах) и энергией (измеряемой в Джоулях). Т.е. мощность — это количество энергии, которое должно быть передано объекту для выполнения работы над

этим объектом за время. Таким образом, мощность и энергия связаны следующей формулой:

$$\text{Energy (j)} = \text{Power (w)} \times \text{time (s)}$$

Стандартное РЧ воздействие при мощности 30 ватт за 30 секунд доставляет 900 Джоулей и только 90 Джоулей поступает до миокарда. При высокой мощности, такой как 90 ватт за 5 секунд — 450 Джоулей и 45 Джоулей будет доставлено миокарду.

Температура выше 50 °С приводит к необратимым изменениям клеток, в то время как температура в диапазоне 45–50 °С вызывает обратимые повреждения, следовательно, восстанавливается такая способность, как возбудимость [15,18,19]. Удельная теплоемкость вещества — это количество энергии, которое необходимо добавить к 1 г этого вещества, чтобы повысить его температуру на 1 °С, и это физическая константа, которая изменяется в зависимости от физических свойств вещества, в данном случае, миокарда предсердий. Таким образом, изменение температуры связано с приложенной энергией, массой и удельной теплоемкостью следующим уравнением:

$$\Delta T = Q / mc, \quad Q \text{ (энергия в Джоули)}, \quad m = \text{масса вещества}, \quad c = \text{Удельная теплоемкость вещества.}$$

Удельная теплоемкость миокарда зависит от температуры и ее значение около 3,111 Джг-1К-1, что ранее использовалось в моделирующих исследованиях [20]. Если принимать плотность миокарда за 1,053 г/см [3], и формировать типичное повреждение глубиной 5 мм и шириной 8 мм, потребуется всего ~14 Дж., чтобы повысить температуру миокарда в точки абляции и это достигается при применении от 37 °С до 60 °С, мощности. Таким образом, при применении 60 ватт, где 6 ватт передается тканям, формируется зона повреждения 5x8mm за 2–3 секунды. Следовательно, важно количество энергии, доставленной в ткань, а не продолжительность приложенной энергии для нагревания ткани и формирования абляционного поражения.

Для радиочастотной абляции ФП операторы использовали мощность до 30 Вт, чтобы не повредить окружающие конструкции. За счет воспринимаемой безопасности, это означало более длительную подачу энергии с риском нестабильности катетера, как следствие, субоптимальное нанесение повреждений [2].

Радиочастотная абляция, о которой впервые сообщили в 2006 г., показывает хорошие клинические результаты [8]. Более высокая мощность, обычно 45–50 Вт, для более короткой продолжительности 2–10 секунд для задней стенки и 5–15 секунд в других местах, как

было показано, является эффективным и безопасным [7].

Повторное подключение ЛВ у пациентов, перенесших повторную процедуру, также оказался ниже в группе HPSD (n = 18, с использованием 45–50 Вт в течение 8–15 с.) по сравнению со стандартной методикой (n = 23, при использовании 20–40 Вт, 20–30 с), (16,6% vs. 52,2%; p = 0,03) [18].

Недавний систематический метаанализ, сравнивающий высокую мощность (HPSD) радиочастотной абляции (РЧА) по сравнению с обычной РЧА у пациентов с ФП, предположил, что абляция высокой мощности обеспечила более короткую продолжительность процедуры и меньшее количество рентгеноскопии.

РЧА с высокой мощностью и стандартная РЧА показали аналогичные результаты безопасности, а также высокую степень свободы от аритмий у больных с пароксизмальной ФП при применении мощности ≥50 Вт по сравнению с катетерами с датчиком силой контакта (CF) [19].

Исследование DIAMOND-AF в 2021 г. оценило эффективность катетеров высокой мощности по сравнению с катетерами силой контакта [11].

Исследование QDOT-FAST — это перспективное многоцентровое исследование, в котором оценивалась безопасность и производительность высокой мощности. Это было первое исследование на людях микрокатетером QDOT с последующим наблюдением через 7 дней, 1 месяц и 3 месяца после процедуры. Острые результаты ИЛВ были подтверждены после введения аденозина или изопротеренола, ИЛВ был достигнут у 80% пациентов только с использованием режима HPSD, а у 26,9% пациентов было продемонстрировано переподключение ЛВ после введения аденозина или изопротеренола, что потребовало дополнительных воздействий. Исследование также продемонстрировало безопасность и эффективность абляции с HSPD. Также было продемонстрировано, что время процедуры и время рентгеноскопии уменьшалось [16]. Это также было воспроизведено в исследовании Fast and furious AF с заметно более коротким процедурным временем [17]. Дополнительным преимуществом этой технологии было бы более короткое время процедуры и воздействия.

Winkle et al. 2019 г. представили первичные и отдаленные результаты интервенционного лечения 13,974 пациентов. В исследовании были проанализированы осложнения после РЧА с применением высокой мощности, абляция была проведена у 10,284 пациентов, 11,436 абляции по задней стенки при 45–50 ватт в течение 2–10 сек. и 2538 абляции с применением 35 ватт

на 20 сек. и таргетной силой контакта 10–40 г, температура пищевода измерялась у 13,858 пациентов. В заключении авторы отметили, что осложнений при абляции с применением мощности (45–50 ватт) мало и абляция высокой мощности уменьшает время процедуры, она эффективна и безопасна.

Заключение

Когда дело доходит до вопроса «что аблировать?», подход должен быть поэтапный. Обещающий результат в исследовании STAR AF II не подтвердился. Не было показано, что PVI с дополнительными линейными абляциями превосходит PVI. С другой стороны, частота успеха составила лишь около 50% в группе только PVI, что свидетельствует о том, что PVI как таковой, недостаточно для персистирующей фибрилляции предсердий.

Комбинация изоляции с системой CARTOFINDER и локализации высоких доминирующих частот, которые потенциально вызывают и поддерживают ФП, показала неплохие результаты.

Криоабляция в сочетании с системой диэлектрического картирования, продемонстрировала большой

потенциал благодаря тому, что вызывает окклюзию легочных вен без необходимости рентгеноскопии. Ультранизкотемпературная криоабляция, достигаемая за счет использования жидкого азота в качестве криогена, потенциально может повысить эффективность однократных криоабляционных устройств.

Еще один потенциальный прорыв в технологии абляции также появился в виде абляции импульсным полем (PFA). Мы считаем, что это может иметь потенциал для постепенной замены радиочастотной энергии в будущем. Есть все еще некоторые ответы на вопросы с точки зрения его безопасности и эффективности в долгосрочной перспективе.

Радиочастотная абляция (РЧА) с применением высоких мощностей, доставляющая очаги поражения за гораздо более короткое время по сравнению с обычной точечной абляцией с радиочастотной энергией <40, показала многообещающие начальные результаты в сокращении времени процедуры, времени рентгеноскопии и интраоперационной потребности. Тем не менее, первоначальные результаты проложили путь для более крупных проспективных рандомизированных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kirchhof P, et al. 2016 ESC guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur Heart J.* 2016;37 (38):2893–2962
2. Lippi G, Sanchis-Gomar F, Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke.* 2021 Feb;16 (2):217–221. doi: 10.1177/1747493019897870. Epub 2020 Jan 19. Erratum in: *Int J Stroke.* 2020 Jan 28;:1747493020905964. PMID: 31955707.
3. Calkins H, et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design. *Europace.* 2012;14 (4):528–606.
4. Left atrial isolation: new technique for the treatment of supraventricular arrhythmias / J.M. Williams, R.M. Ungerleider, G.K. Lofland [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 1980. — Vol. 80, N 3. — P. 373–380.
5. Catheter-induced His bundle ablation in a patient with reentrant tachycardia associated with a nodoventricular tract / A. Bhandari, F. Morady, E.N. Shen [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 1984. — Vol. 4, N 3. — P. 611–616.
6. Cohen H. Tachycardias and electrical pacing / H. Cohen, E. Arbel // *Med. Clin North. Am.* — 1976. — Vol. 60. — P. 343–367.
7. Pulmonary vein isolation for paroxysmal and persistent atrial fibrillation / H. Oral, B.P. Knight, H. Tada [et al.] // *Circulation.* — 2002. — Vol. 105. — P. 10771081.
8. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins / M. Haïssaguerre, P. Jaïs, D.C. Shah [et al.] // *N. Engl. J. Med.* — 1998. — Vol. 339, N 10. — P. 659–666.
9. Which is the best catheter to perform atrial fibrillation ablation? A comparison between standard ThermoCool, SmartTouch, and Surround Flow catheters / L. Sciarra, P. Golia, A. Natalizia [et al.] // *J. Interv. Card. Electrophysiol.* — 2014. — Vol. 39. — P. 193–200.
10. Borlich M, et al. 3D mapping for PVI- geometry, image integration and incorporation of contact force into work flow. *J Atr Fibrillation.* 2018;10 (6):1795.
11. Masuda M, et al. Left atrial voltage mapping with a direction-independent grid catheter: comparison with a conventional circular mapping catheter. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2019;30 (12):2834–2840.
12. Ptaszek LM, et al. Rapid acquisition of high-resolution electroanatomical maps using a novel multielectrode mapping system. *J Interv Card Electrophysiol.* 2013;36 (3):233–242.
13. Sohns C, et al. First clinical experience using a novel high-resolution electroanatomical mapping system for left atrial ablation procedures. *Clin Res Cardiol.* 2016;105 (12):992–1002.
14. Zaman J, Baykaner T, Narayan SM. Mapping and ablation of rotational and focal drivers in atrial fibrillation. *Card Electrophysiol Clin.* 2019;11 (4):583–595.
15. Knecht S, et al. Multicentre evaluation of non-invasive biatrial mapping for persistent atrial fibrillation ablation: the AFACART study. *EP Europace.* 2017;19 (8):1302–1309.

16. Haissaguerre M, et al. Noninvasive panoramic mapping of human atrial fibrillation mechanisms: a feasibility report. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2013;24 (6):711–717.
17. Terracabras M, Piccini JP, Verma A. Ablation of persistent atrial fibrillation: challenges and solutions. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31 (7):1809–1821.
18. Narayan SM, et al. Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources: CONFIRM (conventional ablation for atrial fibrillation with or without focal impulse and rotor modulation) trial. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60 (7):628–636.
19. Mohanty S, et al. Impact of rotor ablation in non-paroxysmal AF patients: findings from the per-protocol population of the OASIS trial at long-term follow-up. *Am Heart J.* 2018;205:145–148.
20. Brachmann J, et al. Prospective randomized comparison of rotor ablation vs. conventional ablation for treatment of persistent atrial fibrillation — the REAFFIRM trial. *Heart Rhythm.* 2019;16 (6):963–965.

© Фаез Афсун (afsoonfayez@gmail.com), Сафонов Никита Владимирович (safon_92@mail.ru),
Файбушевич Александр Георгиевич (faibushevich.a@gmail.com), Баранович Владислав Юрьевич (vubara@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский Университет Дружбы Народов