



УДК 616.12-008.313.2

DOI 10.17802/2306-1278-2025-14-6-130-141

«ОТКРЫТАЯ» ХИРУРГИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ: ОТ ИСТОКОВ К СОВРЕМЕННОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

И.Р. Закиров¹, А.В. Протопопов², Д.А. Сирота^{2,3}, А.М. Чернявский^{2,3}

¹ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Альметьевская межрайонная многопрофильная больница», ул. Радищева, 67, Альметьевск, Российская Федерация, 423458; ² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Речкуновская, 15, Новосибирск, Российская Федерация, 630055; ³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красный просп., 52, Новосибирск, Российская Федерация, 630091

Основные положения

- Литературный обзор освещает истоки изучения фибрилляции предсердий и основных механизмов ее развития.
- Обсужден вклад выдающихся ученых в развитие хирургии фибрилляции предсердий.
- Описаны не только основные процедуры, выполняемые при «открытой» хирургии фибрилляции предсердий, но и механизм действия различных источников энергии.

Резюме

Фибрилляция предсердий, являясь наиболее распространенной устойчивой аритмией, представляет значимую проблему для кардиохирургии. «Открытые» хирургические методы, возникшие с разработкой процедуры Cox-Maze в 1980-х гг., направлены на устранение очагов аритмии через создание контролируемых линий аблации. Современная «открытая» хирургия фибрилляции предсердий стало возможной благодаря внедрению энергетических методов аблации, таких как радиочастотная и криоаблация, позволяющих формировать трансмуральные поражения с меньшей инвазивностью. Данный обзор посвящен историческим аспектам развития фибрилляции предсердий и методам ее коррекции.

Ключевые слова

Фибрилляция предсердий • Криоаблация • Радиочастотная аблация • Лечение фибрилляции предсердий

Поступила в редакцию: 19.06.2025; поступила после доработки: 04.07.2025; принята к печати: 15.08.2025

OPEN SURGERY FOR ATRIAL FIBRILLATION: FROM HISTORICAL ORIGINS TO CONTEMPORARY APPROACHES (A REVIEW ARTICLE)

I.R. Zakirov¹, A.V. Protopopov², D.A. Sirota^{2,3}, A.M. Chernyavskiy^{2,3}

¹ State Autonomous Healthcare Institution "Almetyevsk Interdistrict Multidisciplinary Hospital", 67, Radishcheva St., Almetyevsk, Russian Federation, 423458; ² Federal State Budgetary Institution "Meshalkin National Medical Research Center" of the Ministry of Health of Russian Federation, 15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630055; ³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State Medical University" Ministry of Health of the Russian Federation Russian Federation, 52, Krasny Ave., Novosibirsk, 630091, Russian Federation

Highlights

- The literature review is dedicated to elucidating the origins of atrial fibrillation research and the key mechanisms underlying its development.
- The review discusses the contributions of prominent figures in the field of medicine to the advancement of atrial fibrillation surgery.
- The manuscript not only outlines the primary procedures performed in open atrial fibrillation surgery but also elaborates on the mechanisms of action of various energy sources.

Для корреспонденции: Андрей Владимирович Протопопов, andrew-uss@yandex.ru; адрес: ул. Речкуновская, 15, Новосибирск, Российская Федерация, 630055

Corresponding author: Andrey V. Protopopov, andrew-uss@yandex.ru; address: 15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630055

Abstract

Atrial fibrillation, as the most prevalent sustained cardiac arrhythmia, remains a significant challenge in cardiac surgery. Open surgical approaches, originating with the development of the Cox-Maze procedure in the 1980s, aim to eliminate ectopic foci by creating controlled ablation lines. Modern open surgery for atrial fibrillation has evolved through the integration of energy-based ablation modalities, such as radiofrequency and cryoablation, which enable the formation of transmural lesions with reduced invasiveness. The purpose of this review article is to provide an overview of the historical development of surgical interventions for atrial fibrillation.

Keywords

Atrial fibrillation • Cryoablation • Radiofrequency ablation • Atrial fibrillation treatment

Received: 19.06.2025; received in revised form: 04.07.2025; accepted: 15.08.2025

Список сокращений

ФП – фибрилляция предсердий

Текущее состояние проблемы

Фибрилляция предсердий (ФП) представляет собой наиболее распространенное клинически значимое нарушение ритма сердца, которое в последние десятилетия приобрело характер эпидемии [1]. Это состояние ассоциировано с высоким риском развития эмболического инсульта [2], прогрессированием хронической сердечной недостаточности (особенно у женщин), а также увеличением частоты госпитализаций вследствие ухудшения течения сердечно-сосудистых заболеваний [3]. Согласно данным исследования «ЭПОХА», распространенность ФП в европейской части Российской Федерации составляет 2,04%, причем показатель увеличивается с возрастом [4]. К факторам риска развития ФП относятся сахарный диабет, артериальная гипертензия, ожирение и чрезмерное употребление алкоголя [5]. В США, согласно регистру SMART, распространенность ФП значительно выше из-за большей плотности населения, при этом ежегодно более 70 тыс. человек переносят ишемический инсульт как осложнение ФП [6]. По данным исследования The Global Burden of Disease, в 2019 г. в мире насчитывалось около 59 млн человек, страдающих ФП [7]. Однако это число, вероятно, занижено, поскольку многие пациенты не подозревают о наличии ФП до появления симптомов прогрессирующей сердечной недостаточности или развития серьезных сердечно-сосудистых событий, таких как тромбоэмболический инсульт или системная тромбоэмболия. Именно эта группа пациентов представляет наибольшую сложность для превентивной медицины, поскольку большие сердечно-сосудистые события часто становятся первым проявлением заболевания. Несмотря на повышение настороженности клиницистов и развитие диагностических технологий,

истинная распространенность ФП остается неизвестной [8].

Основные исторические вехи в изучении фибрилляции предсердий

Первые упоминания о ФП относятся к XVII в., когда Уильям Гарвей (William Harvey) описал неэффективные сокращения предсердий у пациента незадолго до его смерти. Гарвей предположил, что источником пульсации является правое предсердие. Ученый отметил, что под воздействием определенных факторов ритм сердца может становиться нерегулярным. Поскольку наблюдаемая нерегулярность возникала именно в правом предсердии, записи Гарвея можно считать первым научным описанием ФП. Это предположение подтверждено в XVIII в. Жаном-Батистом де Сенак (Jean Baptiste de Senac) (рис. 1). Де Сенак, известный своими работами в области кардиологии, детально описал анатомию и функции сердца. Также ученый сделал важные наблюдения о патологиях сердца и кровообращения, которые положили начало более глубокому пониманию заболеваний сердечно-сосудистой системы. Опубликовал ряд научных работ, в которых систематизировал свои наблюдения и



Рисунок 1. Слева-направо: Уильям Гарвей, Жан-Батист де Сенак, Томас Льюис

Figure 1. From left to right: William Harvey, Jean-Baptiste de Senac, Thomas Lewis

эксперименты. Его труд *Traité de la santé* охватывал различные аспекты медицины, включая болезни сердца, и стал значительным вкладом в медицинскую науку того времени. Во время аутопсии де Сеннак связал нерегулярные сокращения сердца и дефицит пульса у живого пациента с патологией митрального клапана и увеличением левого предсердия. Он предположил, что источник нерегулярного ритма может быть обусловлен растяжением предсердия, вызванным патологией митрального клапана [9]. Эти идеи де Сеннака опередили свое время на столетия и заложили фундамент для современных исследований фибрилляции предсердий.

Следующим важным этапом в понимании механизмов развития ФП стали открытия Томаса Льюиса (Thomas Lewis) (см. рис. 1). Ученый описал ФП как частое сопутствующее состояние при сужении митрального клапана, основываясь на изучении тогда широко распространенного заболевания – ревматической лихорадки. В своих наблюдениях Льюис отметил полностью нерегулярное и быстрое электрическое возбуждение предсердий, а также переменную проводимость этих импульсов к желудочкам, что приводило к изменчивой частоте пульса. Ученый также указал на то, что очаг электрической активности в предсердиях влияет не только на частоту пульса, но и на его силу. Когда сердце бьется быстро, пульс становится слабее; при замедлении сердечного ритма пульс усиливается. Длинные интервалы между сердечными сокращениями позволяют левому желудочку заполняться большим объемом крови, что способствует улучшению кровообращения в организме [10]. Позже, в 1909 г., Джордж Ральф Майн (George Ralph Mine) установил, что электрические импульсы сердца могут заикливаться, создавая множественные волны хаотичных сокращений в предсердиях. Чем больше таких волн, тем выраженнее становится ФП. Это открытие стало важным шагом в понимании механизмов возникновения ФП [11].

Современные подходы к лечению фибрилляции предсердий: терапевтические и хирургические стратегии

Согласно поисковому запросу в PubMed, исследования в области фибрилляции предсердий остаются актуальными, а ежегодное количество публикуемых статей составляет более 8 тыс. (рис. 2). Ключевым аспектом в ведении пациентов с ФП является определение показаний к терапевтическому или хирургическому лечению, что зависит от длительности течения заболевания, общего состояния пациента и наличия сопутствующих патологий. Согласно последним клиническим рекомендациям Европейской ассоциации кардиологов, пациентам с ФП рекомендуется применять мультидисциплинарный подход CARE, который включает [12]: кон-

троль сопутствующих заболеваний и устранение факторов риска, профилактику инсульта и тромбоэмболии, уменьшение выраженности симптомов путем контроля ритма и частоты сердечных сокращений, а также переоценку рисков после выполнения всех вышеуказанных пунктов.

Работа с пациентами, страдающими ФП, требует мультимодального подхода для минимизации возможных рисков. Однако приверженность больных антикоагулянтной терапии создает дополнительные сложности в выборе тактики лечения. Кроме того, при наличии показаний к хирургическому лечению необходимо определить оптимальный метод – «открытое» вмешательство или катетерная абляция. Вопрос выбора методики абляции при различных формах ФП остается предметом активных дискуссий в международном медицинском сообществе. Данные современных исследований подтверждают, что основой успешной терапии ФП является изоляция легочных вен [13, 14]. Однако при персистирующих и длительно персистирующих формах ФП помимо этой процедуры возникает необходимость в формировании дополнительных зон абляции, например в области крыши левого предсердия и митрального истмуса [15]. Отсутствие единых стандартов проведения абляции, а также сложности в прогнозировании результатов процедуры у пациентов с сопутствующими патологиями, такими как ишемическая болезнь сердца, подчеркивают важность углубленного изучения данной проблемы. Эти факторы указывают на необходимость дальнейших клинических исследований для разработки персонализированных стратегий лечения.

Исторические достижения и их влияние на клиническую практику

Тактика хирургического лечения ФП начала формироваться в 1980-х гг., когда были впервые опубликованы результаты оригинальной процедуры Cox-Maze I. Суть операции заключалась в прерывании механизма *macro-re-entry*, лежащего в основе ФП [16]. Техника выполнения процедуры основывалась на принципе *cut & sew* («разрез и шов»), при котором создавались множественные разрезы в предсердиях с целью восстановления синусового ритма и предсердно-желудочковой синхронизации. Однако у этого метода были существенные недостатки: разрезы нарушали кровоснабжение синусового узла, изолируя его от остальной проводящей системы сердца. Кроме того, доступ к предсердиям повреждал пучок Бахмана, что приводило к диссинхронии между предсердиями [17]. Эти ограничения снижали эффективность процедуры Cox-Maze I и стимулировали разработку новых методов хирургического лечения ФП. Так, Джеймс Л. Кокс (James L. Cox) выделил пять ключевых принципов,

которые должны быть соблюдены для успешной ликвидации ФП:

1. Устранение ФП – успешное завершение процедуры должно привести к прекращению эпизодов фибрилляции предсердий.

2. Восстановление синусового ритма – необходимо обеспечить нормальную функцию синусового узла, чтобы обеспечить стабильный синусовый ритм.

3. Восстановление атриовентрикулярной синхронизации – важным аспектом является координация работы предсердий и желудочков для эффективного кровообращения.

4. Восстановление транспортной функции предсердий – предсердия должны быть способными эффективно заполнять желудочки кровью, что важно для поддержания нормального сердечного выброса.

5. Снижение риска тромбоэмболий – необходимо минимизировать вероятность образования тромбов в предсердиях, что связано с фибрилляцией, для предотвращения тромбоэмболических осложнений.

Эти принципы легли в основу дальнейшего развития хирургических методов лечения ФП, включая модификации процедуры Cox-Maze, которые стали более эффективными и безопасными. С момента публикации результатов первой успешно выполненной процедуры «Лабиринт» (Maze) технику начали активно применяться в медицинских центрах по всему миру. Стоит отметить, что многие хирурги не нашли ей должного применения ввиду сложности выполнения и потенциальных рисков кровотечения. Ранние методы хирургического лечения ФП, несмотря на новаторский характер, имели существенные недостатки. Высокая смертность, связанная с этими операциями, объяснялась как сложностью процедур, так и недостаточной точностью применяемых технологий. Эффективность первых подходов была ограниченной: в большинстве случаев не удавалось достичь стабильного восстановления синусового ритма, что подчеркивало необходимость дальнейших исследований и разработки новых методов [18]. После публикации деталей оригинальной процедуры Maze в 1991 г. вмешательство начали выполнять на регулярной основе в нескольких ведущих медицинских центрах мира. Тем не менее из-за сложности большинство хирургов и кардиологов не рассматривали ее как осуществимую интервенционную процедуру для лечения ФП. В период с 1987 по 1992 г. методика активно применялась Джеймсом Коксом и Патриком МакКарти (Patrick M. McCarthy), но требовала существенных модификаций, так как время выполнения процедуры было значительным. Это

привело к разработке модификации Cox-Maze II, которая, однако, оказалась еще более технически сложной из-за необходимости пересечения нижней полой вены. Данная операция несла дополнительные риски для пациентов, что стимулировало создание следующей версии – Cox-Maze III [19]. Процедура Cox-Maze III устранила многие недостатки предыдущих методов, позволив сохранить синусовый ритм и поддержать синхронизацию предсердий. Однако ее выполнение занимало около часа, а техника cut & sew оставалась травматичной, что создавало риск послеоперационных кровотечений и нарушений ритма сердца. Сам Джеймс Кокс оценивал сложность операции как наивысшую [20, 21]. Для снижения травматичности процедуры были предложены альтернативные методы абляции [22, 23]. В 1997 г. оригинальная процедура Maze III была преобразована в миниинвазивную методику криоабляции. Это новшество позволило достичь сопоставимых с оригинальной процедурой результатов при меньших рисках и более быстром восстановлении пациентов [24].

Авторы третьей итерации минимально инвазивной процедуры Maze решили не обозначать ее как Maze IV, поскольку техника сохраняла те же паттерны абляции, что и «открытая» Maze III. Однако в 2002 г. Ральф Дамиано младший (Ralph J. Damiano Jr.) и коллеги представили новую модификацию процедуры. Основным преимуществом Maze IV стало снижение времени окклюзии аорты, что уменьшило интраоперационные риски. Процедура Cox-Maze IV продемонстрировала результаты, сопоставимые с Cox-Maze III, но с возможностью замены большей части травматичных разрезов cut & sew на использование биполярной радиочастотной энергии или криоабляции [25]. Это значительно снизило травматичность и продолжительность процедуры. Результаты Maze IV оказались крайне обнадеживающими, повторив успех Maze III. При этом результаты исследования, проведенного T. Weimar и коллегами, не показали статистически значимой разницы в частоте восстановления синусового ритма между группами Maze III и IV (рис. 2). Однако важно отметить, что в Maze IV были исключены значительные интра- и послеоперационные осложнения, что сделало процедуру более безопасной [26].

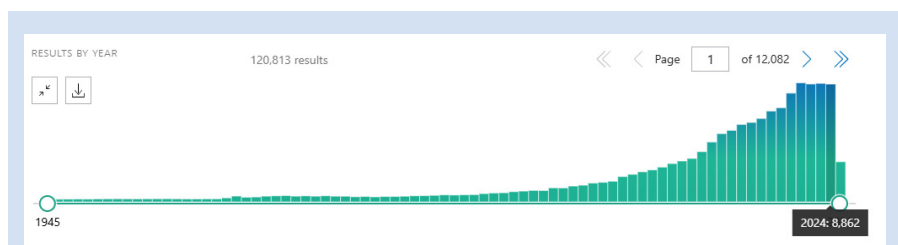


Рисунок 2. Результаты поискового запроса в базе данных PubMed на тему фибрилляции предсердий

Figure 2. A search query in the PubMed database on atrial fibrillation

Источники энергии и их основные характеристики

Униполярная и биполярная энергия

Радиочастотная энергия длительное время применяется в электрофизиологических исследованиях для проведения катетерной абляции, став одним из первых методов энергетического воздействия при хирургическом лечении ФП. Современные устройства позволяют использовать моно- или биполярные электроды. Радиочастотное воздействие основано на переменном токе, что исключает риск фибрилляции желудочков и перфорации тканей. Резистивный нагрев возникает в приконтактном слое миокарда (толщиной < 1 мм), тогда как глубже лежащие структуры повреждаются за счет теплопроводности [27, 28]. В монополярных системах энергия распределяется между активным и пассивным (нейтральным) электродом, размещаемым на теле пациента. Объем повреждения зависит от площади контакта, температуры, мощности и продолжительности воздействия. Ограничивающим фактором является карбонизация (обугливание) тканей, препятствующая теплопередаче. Для минимизации этого эффекта разработаны ирригуруемые катетеры, охлаждающие зону контакта и обеспечивающие более равномерные повреждения. При температуре > 100 °С преобладает карбонизация, приводящая к асимметрии абляции. По данным экспериментальных исследований продемонстрирована возможность создания трансмуральных повреждений монополярным РЧ-воздействием на остановленном сердце при длительности абляции 60–120 с. Однако клинические результаты позволили выявить следующие ограничения: лишь 20% эндокардиальных линий, выполненных во время операций на митральном клапане, оказались трансмуральными [29]. Эпикардиальная абляция на бьющемся сердце еще менее эффективна: в экспериментах на животных и клинических исследованиях трансмуральность достигалась лишь в 7% случаев, несмотря на температуру электродов, достигавшую 90 °С [30, 31]. Эти данные подчеркивают необходимость оптимизации параметров воздействия и разработки новых технологий. Следует отметить, что глубина повреждения тканей определяется не только температурой воздействия и внутритканевым распределением тепла, но анатомическими и гистологическими особенностями стенки сердца. Ключевыми факторами, влияющими на формирование линии абляции, выступают толщина эпикардиального слоя, а также структурная организация и гистологический состав миокарда. Эти параметры напрямую воздействуют на эффективность теплопередачи и степень коагуляционного некроза, что необходимо учитывать при планировании схемы абляции [32].

При использовании биполярных абляторов переменный ток перемещается между рядом расположенными электродами, что позволяет прецизионно выполнять абляцию. Тепловое воздействие быстро снижается в прилегающих тканях, минимизируя коллатеральные повреждения и влияние конвективного охлаждения. Биполярная абляция создает четкие трансмуральные поражения без признаков рубцевания. В экспериментальных моделях с использованием зажимов AtriCure и Medtronic гистопатологический анализ показал, что 99–100% поражений, созданных за одно применение, были трансмуральными [33, 34].

Криоабляция

Криоабляция вызывает деструкцию тканей посредством образования внутри- и внеклеточных кристаллов льда, что приводит к разрушению клеточных мембран и органелл. В процессе криоабляции возникает дегидратация клеток с резким нарушением ионного баланса, далее происходит разрушение клеточных мембран образовавшимися кристаллами льда. Определяющим моментом разрушения тканей является заморозка не ниже 50 °С за одну минуту. В течение первых 48 ч после криоабляции развиваются геморрагия, отек и воспаление. Необратимое повреждение тканей, как правило, формируется в этот ранний период. Процесс заживления тканей характеризуется выраженным фиброзом, начинающимся примерно через неделю после формирования линий. Криоабляция – единственный метод абляции, не вызывающий денатурацию коллагена и сохраняющий нормальную архитектуру тканей. Это делает ее предпочтительной при абляции вблизи клапанных структур или фиброзного каркаса сердца, в частности при абляции кавотрикуспидального перешейка. Гистологически поражения проявляются гомогенным рубцом без соответствующих признаков и отсутствием тромбообразования. Такие рубцы демонстрируют низкий аритмогенный потенциал [35, 36]. Размер и глубина абляционных линий зависят от температуры зонда, исходной температуры ткани, размера зонда, длительности и количества линий, а также типа хладагента [36]. Использование закиси азота абляции длительностью 2–3 мин обеспечивает надежное формирование трансмуральных поражений в правом и левом предсердиях. Однако на работающем сердце эпикардиальные линии, созданные закисью азота, не достигают трансмуральности из-за эффекта теплового сифона со стороны эндокардиального кровотока [37]. Еще одним вариантом хладагента является аргон. Эффективность абляционных линий была подтверждена в ходе хронических экспериментов [38].

Минимально инвазивная хирургия фибрилляции предсердий

Минимально инвазивная хирургия начала активно развиваться в 1990-х гг. благодаря внедрению торакоскопических и роботизированных технологий. Этот период ознаменовался значительным прогрессом в области медицинского оборудования, что позволило проводить сложные хирургические вмешательства с минимальным повреждением тканей. Основными принципами минимально инвазивных методов являются минимизация хирургической травмы и ускорение восстановления пациента. Эти методы включают использование небольших разрезов, специализированных инструментов и технологий визуализации, что позволяет хирургу работать с высокой точностью. Основная цель таких подходов – обеспечение максимального терапевтического эффекта при минимальном воздействии на организм пациента.

С течением времени благодаря развитию технологий и совершенствованию методик продолжительность процедур хирургического лечения ФП значительно сократилась. Одним из ключевых достижений стало внедрение эндоскопических методов. В 2006 г. Джон Пруитт (John C. Pruitt) опубликовал результаты исследования, посвященного применению микроволновой абляции в условиях полностью эндоскопического лечения ФП у пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами заболевания. Процедура продемонстрировала хорошие результаты, низкий риск для пациентов и высокую эффективность в восстановлении синусового ритма [39].

Такие современные технические достижения, как роботизированная система Da Vinci, внесли значительный вклад в развитие минимально инвазивной хирургии. Эти системы позволяют хирургам выполнять операции с высокой точностью, что минимизирует риск повреждения окружающих тканей. Кроме того, использование высокотехнологичных инструментов и усовершенствованных методов визуализации значительно улучшает результаты хирургического лечения. В 2005 г. Рэндал Вульф (Randall Wolf) опубликовал результаты видеоассистированной билатеральной изоляции легочных вен и ушка левого предсердия при хирургическом лечении ФП. Процедура показала результаты, сопоставимые с катетерной абляцией, однако она не подходила для лечения пациентов с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП [40]. В 2009 г. Джеймс Эджертон (James Edgerton) и коллеги представили методику Dallas lesion set, которая выполнялась на работающем сердце с использованием роботизированной системы Da Vinci у пациентов с персистирующей и длительно персистирующей ФП. В отличие от классической Maze III во время этой процедуры не выполнялась абляция правого предсердия, а тради-

ционные линии абляции были заменены на одну линию, пересекающую пучок Бахмана. Однако у этого метода были и недостатки: в случае абляции пучка Бахмана правое предсердие начинало сокращаться значительно раньше, что приводило к атриоventрикулярной диссинхронии. Кроме того, эпикардальное наложение передней линии абляции в условиях off-pump с использованием униполярного радиочастотного электрода могло быть неполным, что в некоторых случаях приводило к появлению новых аритмогенных очагов [41].

Минимально инвазивные подходы в хирургии ФП предлагают ряд клинических преимуществ. Одним из ключевых преимуществ является снижение риска осложнений на 20–30% по сравнению с традиционными «открытыми» операциями. Кроме того, такие методы способствуют сокращению времени госпитализации пациентов в среднем на 2–3 дня, что значительно ускоряет процесс восстановления и улучшает качество жизни пациентов. Также показано, что успешность минимально инвазивных вмешательств, таких как процедура Maze, зависит от ряда факторов. В частности, у пациентов с меньшими размерами левого предсердия и более молодого возраста на момент операции результаты лечения оказываются более успешными. Это подчеркивает важность ранней диагностики и своевременного хирургического вмешательства для достижения оптимальных результатов [42].

Хирургическая абляция ганглионарных сплетений

Автономная нервная система играет ключевую роль в развитии ФП. Сердце содержит множество ганглионарных сплетений, которые преимущественно расположены в жировых эпикардальных подушках. Эти ганглии включают как симпатические, так и парасимпатические афферентные и эфферентные нейронные цепи, которые регулируют работу миокарда. Периферическая и центральная нервная системы, а также проводящая система сердца тесно взаимосвязаны, что подчеркивает сложность механизмов регуляции сердечного ритма [43]. Данные клинических исследований подтверждают патогенетическую роль автономной нервной системы в развитии ФП. К факторам риска, связанным с дисфункцией данной системы, относятся повреждение ионных каналов, изменения метаболизма миокарда (особенно в предсердиях), а также нарушения локального автономного регулирования [44]. Анатомически ганглионарные сплетения наиболее сконцентрированы на задней стенке предсердий, задней верхней стенке желудочков, в области корня аорты, легочной артерии и устьев коронарных артерий [45]. Особое внимание в хирургическом лечении ФП уделяется связке Маршалла (производное вены Маршалла),

которая представляет собой важную точку для аблации. Связка Маршалла проходит от коронарного синуса, располагаясь между левыми легочными венами и ушком левого предсердия, пересекает основание левой верхней легочной вены и легочной артерии, а затем внедряется в перикард (рис. 3). Именно в этой области сосредоточены ганглионарные сплетения, которые представляют значительный интерес для хирургического вмешательства [46]. Согласно исследованию D.R. Musikantow и коллег, аблация ганглионарных сплетений является безопасным и эффективным методом, который может быть использован в комплексном лечении пациентов с ФП. Этот подход позволяет воздействовать на ключевые элементы автономной регуляции сердца, что способствует улучшению результатов лечения [47].

Изоляция левого и правого предсердий

Данный метод хирургического лечения ФП был разработан и апробирован на экспериментальных моделях животных в 1980 г. [48]. Хирургическая техника позволяла успешно изолировать левое предсердие от проводящей системы сердца, что стало важным шагом в лечении ФП. В клинической практике этот метод был впервые применен у пациентов с ФП при коррекции порока митрального клапана, что способствовало восстановлению синусового ритма [49]. Несмотря на меньшее внимание по сравнению с левопредсердной аблацией, правопредсердный этап процедуры Cox-Maze IV играет ключевую роль в восстановлении синусового ритма у пациентов с ФП. С применением биполярных радиочастотных и криоабляционных источников энергии создаются направленные поражения вдоль свободной стенки правого предсердия, полых вен и кавотрикуспидального перешейка для устранения макро-реентри. Ключевые этапы включают изоляцию ушка правого предсердия и латеральную линию от верхней до нижней полой вены. Хотя эта методика упрощена по сравнению с классической техникой «разрез-шов», она требует точного знания анатомии во избежание повреждения синусового узла и диафрагмального нерва, особенно при использовании криоэнергии [22, 26].

Заключение

На сегодняшний день существует множество методик лечения ФП – от катетерных аблаций до «открытых» и минимально инвазивных хирургических процедур. Однако все эти методы направлены на успешное лечение пациента с ФП и улучшение качества его жизни. Ключевым элементом успешного купирования ФП является изоляция легочных вен.

Операция Cox-Maze, разработанная Джеймсом Коксом и впервые внедренная в клиническую практику в 1987 г., стала «золотым стандартом» в хирургическом лечении ФП. Со временем появились модификации этой процедуры. Сочетание различных методик, включая модификацию анатомических структур и использование новых технологий, позволяет достичь лучших результатов, особенно у пациентов с персистирующими формами ФП. Однако, несмотря на значительные достижения, ряд вопросов требуют дальнейшего исследования: оптимизация выбора методов лечения, улучшение долгосрочных исходов и снижение частоты осложнений. Все это определяет необходимость дальнейшего совершенствования хирургических техник и оценки их эффективности и безопасности.

Проведение клинических исследований в области хирургии ФП связано с рядом трудностей. Од-

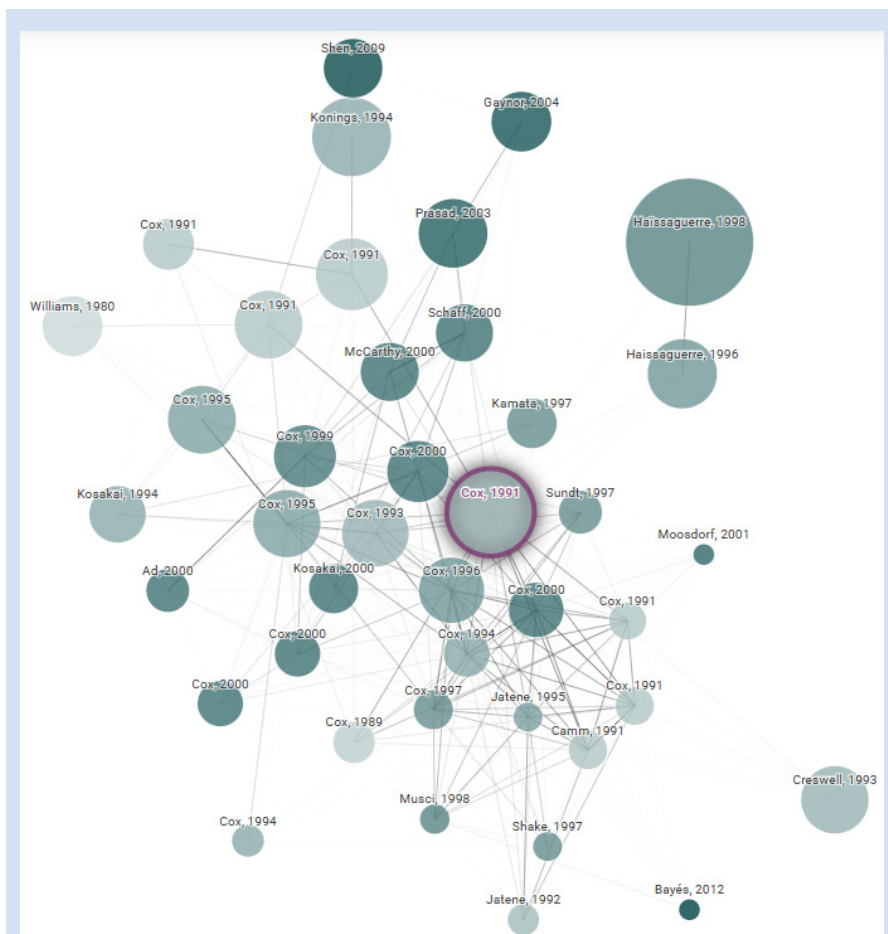


Рисунок 3. Вклад Джеймса Кокса в развитие хирургического лечения фибрилляции предсердий

Figure 3. James Cox's contribution to the development of surgical treatment of atrial fibrillation

ной из основных является необходимость масштабных рандомизированных исследований, которые требуют значительных финансовых и временных ресурсов. Дополнительная сложность заключается в подборе достаточного количества участников, соответствующих строгим критериям включения. Это особенно важно для подтверждения долгосрочной эффективности новых методов и их внедрения в клиническую практику. Необходимо проведение многоцентровых исследований для получения новых данных о лечении пациентов с ФП и разработки инновационных протоколов ведения данной когорты больных.

Комментарий

В представленном обзоре рассмотрены основные инвазивные методики хирургического лечения фибрилляции предсердий, включая использование биполярных радиочастотных зажимов и криоаблации. Акцент сделан на «открытых» хирургических подходах, таких как процедура «Лабиринт» (Maze) и ее модификации, которые разрабатывались и совершенствовались. Схемы выполнения операций взяты из оригинальных источников с цитированием. В тексте не анализируется катетерная аблация, чтобы сохранить фокус на интраоперационных стратегиях, применяемых в «открытой» и минимально инвазивной кардиохирургии. Это позволило детально оценить преимущества, ограничения и гистопатологические особенности методов, актуальных для

комбинированных вмешательств (например, при одновременной коррекции клапанной патологии). Результаты исследований подчеркивают ключевые достижения в области хирургической аблации: воспроизводимое создание трансмуральных поражений, снижение риска тромбоэмболических осложнений и минимизацию повреждения критических структур сердца. Однако дальнейшая оптимизация методов, включая разработку новых источников энергии и устройств для эпикардальной аблации на работающем сердце, остается важной задачей.

Конфликт интересов

И.Р. Закиров заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Протопопов заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.А. Сирота заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.М. Чернявский входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации №124022000090-0 «Разработка и внедрение в клиническую практику медицинского устройства (эндокардиального катетера) отечественного производства для проведения аблации импульсным электрическим полем (метод электропорации) при лечении желудочковых нарушений ритма сердца».

Информация об авторах

Закиров Илишат Рифович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения государственного автономного учреждения здравоохранения «Альметьевская межрайонная многопрофильная больница» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Альметьевск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9437-908X

Протопопов Андрей Владимирович, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела хирургии аорты, коронарных и периферических артерий института патологии кровообращения, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 2, аспирант 2-го года обучения направления сердечно-сосудистая хирургия федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-2617-2447

Сирота Дмитрий Андреевич, доктор медицинских наук заведующий научно-исследовательским отделом хирургии аорты, коронарных и периферических артерий института патологии кровообращения, врач – сердечно-сосудистый хирург КХО №2 федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки федерального государственного бюджетного образовательного

Author Information Form

Zakirov Ilshat R., PhD, Cardiovascular Surgeon, Cardiosurgical Department, State Autonomous Healthcare Institution “Almetyevsk Interdistrict Multidisciplinary Hospital”, Ministry of Health of the Russian Federation, Almetyevsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9437-908X

Protopopov Andrey V., Junior Research Fellow at the Center for Surgery of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, Cardiovascular Surgeon, Cardiosurgical Department №2, Postgraduate Student in Cardiovascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-2617-2447

Sirota Dmitry A., PhD, MD, Head of the Center for Surgery of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, Cardiovascular Surgeon, Cardiosurgical Department №2, Federal State Budgetary Institution “Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; Associate Professor, Department of Cardiovascular Surgery at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Novosibirsk State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9940-3541

учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9940-3541

Чернявский Александр Михайлович, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор генеральный директор федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9818-8678

Chernyavskiy Aleksandr M., PhD, MD, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, General Director of the Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; Head of the Department of Cardiovascular Surgery at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Novosibirsk State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9818-8678

Вклад авторов в статью

ЗИР – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ПАВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СДА – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЧАМ – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

ZIR – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

PAV – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SDA – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

CHAM – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Linz, D., Gawalko, M., Betz, K., Hendriks, J. M., Lip, G. Y. H., Vinter, N., Guo, Y., & Johnsen, S. (2024). Atrial fibrillation: epidemiology, screening and digital health. *The Lancet Regional Health - Europe*, 37, 100786. <https://doi.org/10.1016/J.LANEPE.2023.100786/ASSET/9D4C1B73-4EF3-49FB-94C3-98B3B0620C86/MAIN.ASSETS/GR4.JPG>
- Al-Kawaz, M., Omran, S. S., Parikh, N. S., Elkind, M. S. V., Soliman, E. Z., & Kamel, H. (2018). Comparative Risks of Ischemic Stroke in Atrial Flutter versus Atrial Fibrillation. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*, 27(4), 839–844. <https://doi.org/10.1016/J.JSTROKECEREBROVASC.2017.10.025>
- Stewart, S., Hart, C. L., Hole, D. J., & McMurray, J. J. V. (2002). A population-based study of the long-term risks associated with atrial fibrillation: 20-Year follow-up of the Renfrew/Paisley study. *American Journal of Medicine*, 113(5), 359–364. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(02\)01236-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(02)01236-6)
- Mareev, Y. V., Polyakov, D. S., Vinogradova, N. G., Fomin, I. V., Mareev, V. Y., & Belenkov, Y. N. (2022). Epidemiology of atrial fibrillation in a representative sample of the European part of the Russian Federation. Analysis of EPOCH-CHF study. *Kardiologiya*, 62(4), 12–19. <https://doi.org/10.18087/CARDIO.2022.4.N1997>
- Alshehri, A. M. (2019). Stroke in atrial fibrillation: Review of risk stratification and preventive therapy. *Journal of Family & Community Medicine*, 26(2), 92. https://doi.org/10.4103/JFCM.JFCM_99_18
- Flint, A. C., Banki, N. M., Ren, X., Rao, V. A., & Go, A. S. (2012). Detection of paroxysmal atrial fibrillation by 30-day event monitoring in cryptogenic ischemic stroke: the Stroke and Monitoring for PAF in Real Time (SMART) Registry. *Stroke*, 43(10), 2788–2790. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.665844>
- Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., Barengo, N. C., Beaton, A., Benjamin, E. J., Benziger, C. P., Bonny, A., Brauer, M., Brodmann, M., Cahill, T. J., Carapetis, J. R., Catapano, A. L., Chugh, S., Cooper, L. T., Coresh, J., ... Fuster, V. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019: Update From the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982–3021. <https://doi.org/10.1016/J.JACC.2020.11.010>
- Hermans, A. N. L., Gawalko, M., Dohmen, L., van der Velden, R. M. J., Betz, K., Duncker, D., Verhaert, D. V. M., Heidbuchel, H., Svennberg, E., Neubeck, L., Eckstein, J., Lane, D. A., Lip, G. Y. H., Crijns, H. J. G. M., Sanders, P., Hendriks, J. M., Pluymaekers, N. A. H. A., & Linz, D. (2022). Mobile health solutions for atrial fibrillation detection and management: a systematic review. *Clinical Research in Cardiology: Official Journal of the German Cardiac Society*, 111(5), 479–491. <https://doi.org/10.1007/S00392-021-01941-9>
- McMichael, J. (1982). History of atrial fibrillation 1628–1819 Harvey - de Senac - Laënnec. *British Heart Journal*, 48(3), 193. <https://doi.org/10.1136/HRT.48.3.193>
- Aronson, J. K. (2005). One hundred years of atrial fibrillation. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 60(4), 345. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2125.2005.02501.X>
- Guevara, M. R., Shrier, A., Orłowski, J., & Glass, L. (2016). George Ralph Mines (1886–1914): the dawn of cardiac nonlinear dynamics. *The Journal of Physiology*, 594(9), 2361. <https://doi.org/10.1113/JP270891>
- Van Gelder, I. C., Rienstra, M., Bunting, K. V., Casado-Arroyo, R., Caso, V., Crijns, H. J. G. M., De Potter, T. J. R., Dwight, J., Guasti, L., Hanke, T., Jaarsma, T., Lettino, M., Løchen, M.-L., Lumbers, R. T., Maesen, B., Mølgaard, I., Rosano, G. M. C., Sanders, P., Schnabel, R. B., ... Sarkozy, A. (2024). 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHAE176>
- Pappone, C., & Santinelli, V. (2005). Atrial fibrillation ablation: state of the art. *The American Journal of Cardiology*, 96(12A), 59–64. <https://doi.org/10.1016/J.AMJCARD.2005.09.063>
- Haïssaguerre, M., Jais, P., Shah, D. C., Takahashi, A., Hocini, M.,

- Quiniou, G., Garrigue, S., Le Mouroux, A., Le Métayer, P., & Clémenty, J. (1998). Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *New England Journal of Medicine*, 339(10), 659–666. https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003/ASSET/1DA6D8B7-DEC9-4162-8963-CCEB6D2E98AB/ASSETS/IMAGES/LARGE/NEJM199809033391003_F4.JPG
15. Jaïs, P., Hsu, L. F., Rotter, M., Sanders, P., Takahashi, Y., Rostock, T., Sacher, F., Hocini, M., Clémenty, J., & Haïssaguerre, M. (2005). Mitral isthmus ablation for atrial fibrillation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 16(11), 1157–1159. <https://doi.org/10.1111/J.1540-8167.2005.00314.X>
16. Cox, J. L., Schuessler, R. B., Lappas, D. G., & Boineau, J. P. (1996). An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation. *Annals of Surgery*, 224(3), 267–275. <https://doi.org/10.1097/00000658-199609000-00003>
17. Pinho-Gomes, A. C., Amorim, M. J., Oliveira, S. M., & Leite-Moreira, A. F. (2014). Surgical treatment of atrial fibrillation: an updated review. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 46(2), 167–178. <https://doi.org/10.1093/EJCTS/EZT584>
18. McCarthy, P. M., Cox, J. L., Kislitsina, O. N., Kruse, J., Churyla, A., Malaisrie, S. C., & Mehta, C. K. (2021). Surgery and Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: History, Current Practice, and Future Directions. *Journal of Clinical Medicine* 2022, Vol. 11, Page 210, 11(1), 210. <https://doi.org/10.3390/JCM11010210>
19. Cox, J. L. (2000). The Standard Maze-III Procedure. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 5(1), 2–22. <https://doi.org/10.1053/oi.2000.5550>
20. Raanani, E., Albage, A., David, T. E., Yau, T. M., & Armstrong, S. (2001). The efficacy of the Cox/maze procedure combined with mitral valve surgery: a matched control study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 19(4), 438–442. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(01\)00576-0](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(01)00576-0)
21. Handa, N., Schaff, H. V., Morris, J. J., Anderson, B. J., Kopecky, S. L., & Enriquez-Sarano, M. (1999). Outcome of valve repair and the Cox maze procedure for mitral regurgitation and associated atrial fibrillation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 118(4), 628–635. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(99\)70007-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(99)70007-3)
22. Weimar, T., Bailey, M. S., Watanabe, Y., Marin, D., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., & Damiano, R. J. (2011). The Cox-maze IV procedure for lone atrial fibrillation: a single center experience in 100 consecutive patients. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology : An International Journal of Arrhythmias and Pacing*, 31(1), 47. <https://doi.org/10.1007/S10840-011-9547-3>
23. Schuetz, A., Schulze, C. J., Sarvanakis, K. K., Mair, H., Plazer, H., Kilger, E., Reichart, B., & Wildhirt, S. M. (2003). Surgical treatment of permanent atrial fibrillation using microwave energy ablation: a prospective randomized clinical trial. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 24(4), 475–480. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(03\)00377-4](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(03)00377-4)
24. Cox, J. L. (2000). The minimally invasive Maze-III procedure. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 5(1), 79–92. <https://doi.org/10.1053/oi.2000.5973>
25. Gaynor, S. L., Diodato, M. D., Prasad, S. M., Ishii, Y., Schuessler, R. B., Bailey, M. S., Damiano, N. R., Bloch, J. B., Moon, M. R., & Damiano, R. J. (2004). A prospective, single-center clinical trial of a modified Cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 128(4), 535–542. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.02.044>
26. Weimar, T., Schena, S., Bailey, M. S., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., Cox, J. L., & Damiano, R. J. (2012). The Cox-maze procedure for lone atrial fibrillation: a single-center experience over 2 decades. *Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology*, 5(1), 8–14. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.963819>
27. Viola, N., Williams, M. R., Oz, M. C., & Ad, N. (2002). The technology in use for the surgical ablation of atrial fibrillation. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 14(3), 198–205. <https://doi.org/10.1053/STCS.2002.35292>
28. Nakagawa, H., Wittkamp, F. H. M., Yamanashi, W. S., Pitha, J. V., Imai, S., Campbell, B., Arruda, M., Lazzara, R., & Jackman, W. M. (1998). Inverse relationship between electrode size and lesion size during radiofrequency ablation with active electrode cooling. *Circulation*, 98(5), 458–465. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.98.5.458>
29. Santiago, T., Melo, J. Q., Gouveia, R. H., & Martins, A. P. (2003). Intra-atrial temperatures in radiofrequency endocardial ablation: histologic evaluation of lesions. *The Annals of Thoracic Surgery*, 75(5), 1495–1501. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)04990-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)04990-1)
30. Thomas, S. P., Guy, D. J. R., Boyd, A. C., Eipper, V. E., Ross, D. L., & Chard, R. B. (2003). Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. *The Annals of Thoracic Surgery*, 75(2), 543–548. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)04314-X](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)04314-X)
31. Bugge, E., Nicholson, I. A., & Thomas, S. P. (2005). Comparison of bipolar and unipolar radiofrequency ablation in an in vivo experimental model. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 28(1), 76–82. <https://doi.org/10.1016/J.EJCTS.2005.02.028>
32. Santiago, T., Melo, J., Gouveia, R. H., Neves, J., Abecasis, M., Adragão, P., & Martins, A. P. (2003). Epicardial radiofrequency applications: in vitro and in vivo studies on human atrial myocardium. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 24(4), 481–486. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(03\)00344-0](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(03)00344-0)
33. Prasad, S. M., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., & Damiano, R. J. (2002). Chronic transmural atrial ablation by using bipolar radiofrequency energy on the beating heart. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 124(4), 708–713. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.125057>
34. Prasad, S. M., Maniar, H. S., Diodato, M. D., Schuessler, R. B., Damiano, R. J., Nitta, T., & Disesa, V. J. (2003). Physiological consequences of bipolar radiofrequency energy on the atria and pulmonary veins: A chronic animal study. *Annals of Thoracic Surgery*, 76(3), 836–842. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)00716-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(03)00716-1)
35. Holman, W. L., Ikeshita, M., Douglas, J. M., Smith, P. K., Lofland, G. K., & Cox, J. L. (1983). Ventricular cryosurgery: short-term effects on intramural electrophysiology. *The Annals of Thoracic Surgery*, 35(4), 386–393. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(10\)61589-5](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(10)61589-5)
36. Lustgarten, D. L., Keane, D., & Ruskin, J. (1999). Cryothermal ablation: mechanism of tissue injury and current experience in the treatment of tachyarrhythmias. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 41(6), 481–498. [https://doi.org/10.1016/S0033-0620\(99\)70024-1](https://doi.org/10.1016/S0033-0620(99)70024-1)
37. Ghalili, K., Roth, J. A., Kwan, S. K., Ferrick, K., Fisher, J. D., Frame, R., & Brodman, R. F. (1992). Comparison of left ventricular cryolesions created by liquid nitrogen and nitrous oxide. *Journal of the American College of Cardiology*, 20(6), 1425–1429. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(92\)90258-O](https://doi.org/10.1016/0735-1097(92)90258-O)
38. Milla, F., Skubas, N., Briggs, W. M., Girardi, L. N., Lee, L. Y., Ko, W., Tortolani, A. J., Krieger, K. H., Isom, O. W., & Mack, C. A. (2006). Epicardial beating heart cryoablation using a novel argon-based cryoclip and linear probe. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 131(2), 403–411. <https://doi.org/10.1016/J.JTCVS.2005.10.048>
39. Pruitt, J. C., Lazzara, R. R., Dworkin, G. H., Badhwar, V., Kuma, C., & Ebra, G. (2006). Totally endoscopic ablation of lone atrial fibrillation: initial clinical experience. *The Annals of Thoracic Surgery*, 81(4), 1325–1331. <https://doi.org/10.1016/J.ATHORACSUR.2005.07.095>
40. Wolf, R. K., Schneeberger, E. W., Osterday, R., Miller, D., Merrill, W., Flege, J. B., & Gillinov, A. M. (2005). Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 130(3), 797–802. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2005.03.041>
41. Edgerton, J. R., Jackman, W. M., Mahoney, C., & Mack, M. J. (2009). Totally thorascopic surgical ablation of persistent AF and long-standing persistent atrial fibrillation using the “Dallas” lesion set. *Heart Rhythm*, 6(12 SUPPL.), S64–S70. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2009.09.011>
42. Бокерия Л.А., Меладзе М.Г., Джанджгава Д.А., Марганя Г.Т. Оценка результатов одномоментной хирургической коррекции приобретенных пороков и нарушений ритма сердца в отдаленные сроки после операции. *Креативная кардиология*. 2018; 12 (1): 50–61. DOI: 10.24022/1997-3187-2018-12-1-50-61
43. Kapa, S., Venkatachalam, K. L., & Asirvatham, S. J. (2010). The autonomic nervous system in cardiac electrophysiology: an elegant interaction and emerging concepts. *Cardiology in Review*, 18(6), 275–284. <https://doi.org/10.1097/CRD.0B013E3181EBB152>
44. Schauerte, P., Scherlag, B. J., Patterson, E., Scherlag, M. A., Matsudaria, K., Nakagawa, H., Lazzara, R., & Jackman, W. M. (2001). Focal atrial fibrillation: experimental evidence for a pathophysiologic role of the autonomic nervous system. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 12(5), 592–599. <https://doi.org/10.1046/J.1540-8167.2001.00592.X>

45. Yuan, B. -X, Ardell, J. L., Hopkins, D. A., Losier, A. M., & Armour, J. A. (1994). Gross and microscopic anatomy of the canine intrinsic cardiac nervous system. *The Anatomical Record*, 239(1), 75–87. <https://doi.org/10.1002/ar.1092390109>

46. Liu, S., Yu, X., Luo, D., Qin, Z., Wang, X., He, W., Ma, R., Hu, H., Xie, J., He, B., Lu, Z., & Jiang, H. (2018). Ablation of the Ligament of Marshall and Left Stellate Ganglion Similarly Reduces Ventricular Arrhythmias During Acute Myocardial Infarction. *Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology*, 11(5). <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.117.005945>

47. Musikantow, D. R., Reddy, V. Y., Skalsky, I., Shaburishvili, T., van Zyl, M., O'Brien, B., Coffey, K., Reilly, J., Neuzil, P., Asirvatham, S., & de Groot, J. R. (2023). Targeted ablation of

epicardial ganglionated plexi during cardiac surgery with pulsed field electroporation (NEURAL AF). *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, 1–8. <https://doi.org/10.1007/S10840-023-01615-8/TABLES/3>

48. Williams, J. M., Ungerleider, R. M., Lofland, G. K., & Cox, J. L. (1980). Left atrial isolation: New technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 80(3), 373–380. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)37762-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)37762-1)

49. Graffigna, A., Pagani, F., Minzioni, G., Salerno, J., & Viganò, M. (1992). Left atrial isolation associated with mitral valve operations. *The Annals of Thoracic Surgery*, 54(6), 1093–1098. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90075-F](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90075-F)

REFERENCES

- Linz, D., Gawalko, M., Betz, K., Hendriks, J. M., Lip, G. Y. H., Vinter, N., Guo, Y., & Johnsen, S. (2024). Atrial fibrillation: epidemiology, screening and digital health. *The Lancet Regional Health - Europe*, 37, 100786. <https://doi.org/10.1016/J.LANEPE.2023.100786/ASSET/9D4C1B73-4EF3-49FB-94C3-98B3B0620C86/MAIN.ASSETS/GR4.JPG>
- Al-Kawaz, M., Omran, S. S., Parikh, N. S., Elkind, M. S. V., Soliman, E. Z., & Kamel, H. (2018). Comparative Risks of Ischemic Stroke in Atrial Flutter versus Atrial Fibrillation. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*, 27(4), 839–844. <https://doi.org/10.1016/J.JSTROKECEREBROVADIS.2017.10.025>
- Stewart, S., Hart, C. L., Hole, D. J., & McMurray, J. J. V. (2002). A population-based study of the long-term risks associated with atrial fibrillation: 20-Year follow-up of the Renfrew/Paisley study. *American Journal of Medicine*, 113(5), 359–364. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(02\)01236-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(02)01236-6)
- Mareev, Y. V., Polyakov, D. S., Vinogradova, N. G., Fomin, I. V., Mareev, V. Y., & Belenkov, Y. N. (2022). Epidemiology of atrial fibrillation in a representative sample of the European part of the Russian Federation. Analysis of EPOCH-CHF study. *Kardiologiya*, 62(4), 12–19. <https://doi.org/10.18087/CARDIO.2022.4.N1997>
- Alshehri, A. M. (2019). Stroke in atrial fibrillation: Review of risk stratification and preventive therapy. *Journal of Family & Community Medicine*, 26(2), 92. https://doi.org/10.4103/JFCM.JFCM_99_18
- Flint, A. C., Banki, N. M., Ren, X., Rao, V. A., & Go, A. S. (2012). Detection of paroxysmal atrial fibrillation by 30-day event monitoring in cryptogenic ischemic stroke: the Stroke and Monitoring for PAF in Real Time (SMART) Registry. *Stroke*, 43(10), 2788–2790. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.665844>
- Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., Barengo, N. C., Beaton, A., Benjamin, E. J., Benziger, C. P., Bonny, A., Brauer, M., Brodmann, M., Cahill, T. J., Carapetis, J. R., Catapano, A. L., Chugh, S., Cooper, L. T., Coresh, J., ... Fuster, V. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019: Update From the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982–3021. <https://doi.org/10.1016/J.JACC.2020.11.010>
- Hermans, A. N. L., Gawalko, M., Dohmen, L., van der Velden, R. M. J., Betz, K., Duncker, D., Verhaert, D. V. M., Heidbuchel, H., Svennberg, E., Neubeck, L., Eckstein, J., Lane, D. A., Lip, G. Y. H., Crijns, H. J. G. M., Sanders, P., Hendriks, J. M., Pluymaekers, N. A. H. A., & Linz, D. (2022). Mobile health solutions for atrial fibrillation detection and management: a systematic review. *Clinical Research in Cardiology: Official Journal of the German Cardiac Society*, 111(5), 479–491. <https://doi.org/10.1007/S00392-021-01941-9>
- McMichael, J. (1982). History of atrial fibrillation 1628–1819 Harvey - de Senac - Laënnec. *British Heart Journal*, 48(3), 193. <https://doi.org/10.1136/HRT.48.3.193>
- Aronson, J. K. (2005). One hundred years of atrial fibrillation. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 60(4), 345. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2125.2005.02501.X>
- Guevara, M. R., Shrier, A., Orlowski, J., & Glass, L. (2016). George Ralph Mines (1886–1914): the dawn of cardiac nonlinear dynamics. *The Journal of Physiology*, 594(9), 2361. <https://doi.org/10.1113/JP270891>
- Van Gelder, I. C., Rienstra, M., Bunting, K. V., Casado-Arroyo, R., Caso, V., Crijns, H. J. G. M., De Potter, T. J. R., Dwight, J., Guasti, L., Hanke, T., Jaarsma, T., Lettino, M., Løchen, M.-L., Lumbers, R. T., Maesen, B., Mølgaard, I., Rosano, G. M. C., Sanders, P., Schnabel, R. B., ... Sarkozy, A. (2024). 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHAE176>
- Pappone, C., & Santinelli, V. (2005). Atrial fibrillation ablation: state of the art. *The American Journal of Cardiology*, 96(12A), 59–64. <https://doi.org/10.1016/J.AMJCARD.2005.09.063>
- Haïssaguerre, M., Jaïs, P., Shah, D. C., Takahashi, A., Hocini, M., Quiniou, G., Garrigue, S., Le Mouroux, A., Le Métayer, P., & Clémenty, J. (1998). Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *New England Journal of Medicine*, 339(10), 659–666. https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003/ASSET/1DA6D8B7-DEC9-4162-8963-CCEB6D2E98AB/ASSETS/IMAGES/LARGE/NEJM199809033391003_F4.JPG
- Jaïs, P., Hsu, L. F., Rotter, M., Sanders, P., Takahashi, Y., Rostock, T., Sacher, F., Hocini, M., Clémenty, J., & Haïssaguerre, M. (2005). Mitral isthmus ablation for atrial fibrillation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 16(11), 1157–1159. <https://doi.org/10.1111/J.1540-8167.2005.00314.X>
- Cox, J. L., Schuessler, R. B., Lappas, D. G., & Boineau, J. P. (1996). An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation. *Annals of Surgery*, 224(3), 267–275. <https://doi.org/10.1097/0000658-199609000-00003>
- Pinho-Gomes, A. C., Amorim, M. J., Oliveira, S. M., & Leite-Moreira, A. F. (2014). Surgical treatment of atrial fibrillation: an updated review. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 46(2), 167–178. <https://doi.org/10.1093/EJCTS/EZT584>
- McCarthy, P. M., Cox, J. L., Kislitsina, O. N., Kruse, J., Churyla, A., Malaisrie, S. C., & Mehta, C. K. (2021). Surgery and Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: History, Current Practice, and Future Directions. *Journal of Clinical Medicine* 2022, Vol. 11, Page 210, 11(1), 210. <https://doi.org/10.3390/JCM11010210>
- Cox, J. L. (2000). The Standard Maze-III Procedure. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 5(1), 2–22. <https://doi.org/10.1053/oi.2000.5550>
- Raanani, E., Albage, A., David, T. E., Yau, T. M., & Armstrong, S. (2001). The efficacy of the Cox/maze procedure combined with mitral valve surgery: a matched control study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery: Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 19(4), 438–442. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(01\)00576-0](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(01)00576-0)
- Handa, N., Schaff, H. V., Morris, J. J., Anderson, B. J., Kopecky, S. L., & Enriquez- Sarano, M. (1999). Outcome of valve repair and the Cox maze procedure for mitral regurgitation and associated atrial fibrillation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 118(4), 628–635. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(99\)70007-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(99)70007-3)
- Weimar, T., Bailey, M. S., Watanabe, Y., Marin, D., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., & Damiano, R. J. (2011). The Cox-maze IV procedure for lone atrial fibrillation: a single center experience in 100 consecutive patients. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology: An International Journal of Arrhythmias and Pacing*, 31(1), 47. <https://doi.org/10.1007/S10840-011-9547-3>
- Schuetz, A., Schulze, C. J., Sarvanakis, K. K., Mair, H., Plazer, H., Kilger, E., Reichart, B., & Wildhirt, S. M. (2003). Surgical treatment of permanent atrial fibrillation using microwave energy ablation: a prospective randomized clinical trial. *European*

Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery, 24(4), 475–480. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(03\)00377-4](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(03)00377-4)

24. Cox, J. L. (2000). The minimally invasive Maze-III procedure. Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery, 5(1), 79–92. <https://doi.org/10.1053/oi.2000.5973>

25. Gaynor, S. L., Diodato, M. D., Prasad, S. M., Ishii, Y., Schuessler, R. B., Bailey, M. S., Damiano, N. R., Bloch, J. B., Moon, M. R., & Damiano, R. J. (2004). A prospective, single-center clinical trial of a modified Cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 128(4), 535–542. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.02.044>

26. Weimar, T., Schena, S., Bailey, M. S., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., Cox, J. L., & Damiano, R. J. (2012). The cox-maze procedure for lone atrial fibrillation: a single-center experience over 2 decades. Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology, 5(1), 8–14. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.963819>

27. Viola, N., Williams, M. R., Oz, M. C., & Ad, N. (2002). The technology in use for the surgical ablation of atrial fibrillation. Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery, 14(3), 198–205. <https://doi.org/10.1053/STCS.2002.35292>

28. Nakagawa, H., Wittkamp, F. H. M., Yamanashi, W. S., Pitha, J. V., Imai, S., Campbell, B., Arruda, M., Lazzara, R., & Jackman, W. M. (1998). Inverse relationship between electrode size and lesion size during radiofrequency ablation with active electrode cooling. Circulation, 98(5), 458–465. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.98.5.458>

29. Santiago, T., Melo, J. Q., Gouveia, R. H., & Martins, A. P. (2003). Intra-atrial temperatures in radiofrequency endocardial ablation: histologic evaluation of lesions. The Annals of Thoracic Surgery, 75(5), 1495–1501. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)04990-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)04990-1)

30. Thomas, S. P., Guy, D. J. R., Boyd, A. C., Eipper, V. E., Ross, D. L., & Chard, R. B. (2003). Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. The Annals of Thoracic Surgery, 75(2), 543–548. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)04314-X](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)04314-X)

31. Bugge, E., Nicholson, I. A., & Thomas, S. P. (2005). Comparison of bipolar and unipolar radiofrequency ablation in an in vivo experimental model. European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery, 28(1), 76–82. <https://doi.org/10.1016/J.EJCTS.2005.02.028>

32. Santiago, T., Melo, J., Gouveia, R. H., Neves, J., Abecasis, M., Adragão, P., & Martins, A. P. (2003). Epicardial radiofrequency applications: in vitro and in vivo studies on human atrial myocardium. European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery, 24(4), 481–486. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(03\)00344-0](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(03)00344-0)

33. Prasad, S. M., Maniar, H. S., Schuessler, R. B., & Damiano, R. J. (2002). Chronic transmural atrial ablation by using bipolar radiofrequency energy on the beating heart. Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 124(4), 708–713. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.125057>

34. Prasad, S. M., Maniar, H. S., Diodato, M. D., Schuessler, R. B., Damiano, R. J., Nitta, T., & Disesa, V. J. (2003). Physiological consequences of bipolar radiofrequency energy on the atria and pulmonary veins: A chronic animal study. Annals of Thoracic Surgery, 76(3), 836–842. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)00716-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(03)00716-1)

35. Holman, W. L., Ikeshita, M., Douglas, J. M., Smith, P. K., Lofland, G. K., & Cox, J. L. (1983). Ventricular cryosurgery: short-term effects on intramural electrophysiology. The Annals of Thoracic Surgery, 35(4), 386–393. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(10\)61589-5](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(10)61589-5)

36. Lustgarten, D. L., Keane, D., & Ruskin, J. (1999). Cryothermal ablation: mechanism of tissue injury and current experience in the treatment of tachyarrhythmias. Progress in Cardiovascular Diseases, 41(6), 481–498. [https://doi.org/10.1016/S0033-0620\(99\)70024-1](https://doi.org/10.1016/S0033-0620(99)70024-1)

37. Ghalili, K., Roth, J. A., Kwan, S. K., Ferrick, K., Fisher,

J. D., Frame, R., & Brodman, R. F. (1992). Comparison of left ventricular cryolesions created by liquid nitrogen and nitrous oxide. Journal of the American College of Cardiology, 20(6), 1425–1429. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(92\)90258-O](https://doi.org/10.1016/0735-1097(92)90258-O)

38. Milla, F., Skubas, N., Briggs, W. M., Girardi, L. N., Lee, L. Y., Ko, W., Tortolani, A. J., Krieger, K. H., Isom, O. W., & Mack, C. A. (2006). Epicardial beating heart cryoablation using a novel argon-based cryoclamp and linear probe. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 131(2), 403–411. <https://doi.org/10.1016/J.JTCVS.2005.10.048>

39. Pruitt, J. C., Lazzara, R. R., Dworkin, G. H., Badhwar, V., Kuma, C., & Ebra, G. (2006). Totally endoscopic ablation of lone atrial fibrillation: initial clinical experience. The Annals of Thoracic Surgery, 81(4), 1325–1331. <https://doi.org/10.1016/J.ATHORACSUR.2005.07.095>

40. Wolf, R. K., Schneeberger, E. W., Osterday, R., Miller, D., Merrill, W., Flege, J. B., & Gillinov, A. M. (2005). Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 130(3), 797–802. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2005.03.041>

41. Edgerton, J. R., Jackman, W. M., Mahoney, C., & Mack, M. J. (2009). Totally thorascopic surgical ablation of persistent AF and long-standing persistent atrial fibrillation using the “Dallas” lesion set. Heart Rhythm, 6(12 SUPPL.), S64–S70. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2009.09.011>

42. Bockeria L.A., Meladze M.G., Dzhandzhgava D.A., Marganiya G.T. Long-term results of one-stage surgery of valvular heart diseases and heart rhythm disorders in the remote terms after the operation. Creative Cardiology (Kreativnaya Kardiologiya). 2018; 12(1): 50–61 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2018-12-1-50-61.

43. Kapa, S., Venkatachalam, K. L., & Asirvatham, S. J. (2010). The autonomic nervous system in cardiac electrophysiology: an elegant interaction and emerging concepts. Cardiology in Review, 18(6), 275–284. <https://doi.org/10.1097/CRD.0B013E3181EBB152>

44. Schauerte, P., Scherlag, B. J., Patterson, E., Scherlag, M. A., Matsudaira, K., Nakagawa, H., Lazzara, R., & Jackman, W. M. (2001). Focal atrial fibrillation: experimental evidence for a pathophysiologic role of the autonomic nervous system. Journal of Cardiovascular Electrophysiology, 12(5), 592–599. <https://doi.org/10.1046/J.1540-8167.2001.00592.X>

45. Yuan, B. -X, Ardell, J. L., Hopkins, D. A., Losier, A. M., & Armour, J. A. (1994). Gross and microscopic anatomy of the canine intrinsic cardiac nervous system. The Anatomical Record, 239(1), 75–87. <https://doi.org/10.1002/ar.1092390109>

46. Liu, S., Yu, X., Luo, D., Qin, Z., Wang, X., He, W., Ma, R., Hu, H., Xie, J., He, B., Lu, Z., & Jiang, H. (2018). Ablation of the Ligament of Marshall and Left Stellate Ganglion Similarly Reduces Ventricular Arrhythmias During Acute Myocardial Infarction. Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology, 11(5). <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.117.005945>

47. Musikantow, D. R., Reddy, V. Y., Skalsky, I., Shaburishvili, T., van Zyl, M., O'Brien, B., Coffey, K., Reilly, J., Neuzil, P., Asirvatham, S., & de Groot, J. R. (2023). Targeted ablation of epicardial ganglionated plexi during cardiac surgery with pulsed field electroporation (NEURAL AF). Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology, 1–8. <https://doi.org/10.1007/S10840-023-01615-8/TABLES/3>

48. Williams, J. M., Ungerleider, R. M., Lofland, G. K., & Cox, J. L. (1980). Left atrial isolation: New technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 80(3), 373–380. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)37762-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)37762-1)

49. Graffigna, A., Pagani, F., Minzioni, G., Salerno, J., & Viganò, M. (1992). Left atrial isolation associated with mitral valve operations. The Annals of Thoracic Surgery, 54(6), 1093–1098. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90075-F](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90075-F)

Для цитирования: Закиров И.Р., Протопопов А.В., Сирота Д.А., Чернявский А.М. «Открытая» хирургия фибрилляции предсердий: от истоков к современности (обзор литературы). Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(6): 130-141. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6-130-141

To cite: Zakirov I.R., Protopyov A.V., Sirota D.A., Chernyavskiy A.M. Open surgery for atrial fibrillation: from historical origins to contemporary approaches (a review article). Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(6): 130-141. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6-130-141