

Рубрика: хирургическая аритмология

© Л.А. БОКЕРИЯ, Л.Д. ШЕНГЕЛИЯ, 2014
© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 616.12-008.313.2-08(091)

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.1

ЛЕЧЕНИЕ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ. ЧАСТЬ I. ДОЛГИЙ ПУТЬ К «ЗОЛОТОМУ СТАНДАРТУ»

Тип статьи: обзорная статья

Л.А. Бокерия, Л.Д. Шенгелия

ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»
(директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия); Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552,
Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор ФГБНУ «НЦССХ им. А.Н. Бакулева»;
Шенгелия Лаша Давидович, ординатор, e-mail: l.d.shengelia@mail.ru

Фибрилляция предсердий (ФП) является одной из самых распространенных в мире аритмий. Вызывая серьезные нарушения гемодинамики, данное заболевание опасно жизнеугрожающими осложнениями, к которым оно может приводить. Проблема лечения ФП является одной из самых важных и обсуждаемых проблем современной аритмологии и сердечной хирургии. В настоящее время существует большое количество методов ее лечения, их эффективность и показания к ним требуют детального анализа. Стратегии консервативного лечения обеспечивают достижение синусового ритма не более чем в 50% случаев. Поэтому очевидным является вопрос поиска более эффективных, хирургических методов лечения. Первые попытки начали предприниматься с 1980 г. Были выполнены операции изоляции левого предсердия, аблации пучка Гиса, а также операция «коридор». Однако данные вмешательства пытались изолировать ФП или ограничить ее в конкретном участке предсердия, чтобы минимизировать ее отрицательное воздействие на желудочки, но сама ФП при этом сохранялась. Первая успешная операция по устранению ФП, «лабиринт», была выполнена в 1987 г. Сущность ее заключается в хирургическом создании линий по принципу «разрез–шов», ведущему к разделению миокарда предсердий на небольшие сегменты, что не позволяет волнам макрориентри распространяться и тем самым предотвращает возможность фибрилляции или трепетания предсердий. Позже данная операция претерпела ряд модификаций, что позволило устранить ее основные недостатки. В конечном итоге модификация «лабиринт III» стала «золотым стандартом» в лечении ФП. Но данная операция являлась технически трудновыполнимой, и далеко не каждому хирургу она была по силам. Для упрощения операции возникла необходимость поиска альтернативных источников энергии с целью замещения методики «разрез–шов» линиями аблации. Основными видами аблации, применяемыми в данной операции, являются: криоаблация, радиочастотная, микроволновая, лазерная аблация и аблация с использованием ультразвука. В работах, посвященных изучению альтернативных источников энергии, производится их сравнение с целью выявления наиболее надежных из них. Важным параметром оценки является трансмуральность наносимых воздействий.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; операция «лабиринт»; альтернативные источники энергии.

TREATMENT OF ATRIAL FIBRILLATION. PART I. LONG WAY TO THE «GOLD STANDART»

L.A. Bockeria, L.D. Shengelia

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552,
Russian Federation

Bockeria Leo Antonovich, Academician of Russian Academy of Sciences and Russian Academy of Medical Sciences, Director of A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Shengelia Lasha Davidovich, Resident Physician, e-mail: l.d.shengelia@mail.ru

Atrial fibrillation (AF) is one of the most common arrhythmias in the world. It causes serious disturbances in cardiac hemodynamics and is dangerous because of its life-threatening consequences. The problem of treatment of AF is one the main and discussed problems in contemporary arrhythmology and cardiac surgery. Nowadays there are a lot of methods of treatment of AF, but their effectiveness and indications to them need a detailed analysis. Strategies of conservative therapy of AF help us to achieve sinus rhythm only in 50% cases. That's why the question of searching more effective surgical methods was obvious. First attempts in surgical treatment were made in 1980s. Such operations as left atrial isolation, His-bundle's ablation and the "corridor" procedure were performed. But these operations were trying to isolate AF or to localize it in the certain part of atrium to minimize its negative effects on the ventricles, but the fibrillation was preserved. First operation eliminating AF was named Maze operation and was made in 1987 year. The conception of this operation is to create surgical incisions with cut and sew technique that helps us to divide atrial myocardium into the small segments that doesn't allow macro-reentrant circuits to sustain. That's why the ability to fibrillate or to flutter is excluded. Later this operation had undergone several modifications what helped to correct its main disadvantages. Eventually Maze III operation became gold standard in AF treatment. But this operation was technically difficult and was not possible to be made by average surgeons. That's why the necessity to search alternative energy sources to make ablation lines instead of surgical incisions and simplify the operation appeared. The main types of ablation used in this operation are cryoablation, radiofrequency, ultrasound and microwave ablation. In many investigations alternative energy sources are compared to each other to find more reliable ones. Important parameter of their efficiency's assessment is the transmuralty of the ablation incisions.

Key words: atrial fibrillation; maze procedure; alternative energy sources.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является самой распространенной в мире аритмией. Она известна как фактор риска сердечной недостаточности, нарушений мозгового кровообращения, внезапной сердечной смерти. В настоящее время существует широкий спектр методов лечения ФП: терапевтических, интервенционных и хирургических. Консервативные стратегии лечения ФП являются дискуссионными и неоднозначными и способствуют достижению синусового ритма не более чем в 50% случаев. Благодаря возможностям катетерной аблации синусовый ритм может быть достигнут в 57–80% случаев в зависимости от ее вида, количества повторных аблаций и подбора сопутствующей фармакологической терапии. Операция «лабиринт» остается единственным «золотым стандартом» с точки зрения достижения синусового ритма при лечении ФП. С момента своего первого внедрения в хирургическую практику данная операция претерпела ряд модификаций по причине ее улучшения и упрощения. На смену хирургическим разрезам пришли линии, выполняемые с помощью альтернативных источников энергии. В последние годы отмечаются тенденции к выполнению данной операции через миниинвазивные и торакоскопические доступы [1].

Консервативное лечение

Существует два пути для лечения пациентов с персистирующей формой ФП: восстановить синусовый ритм или оставить ФП и контролировать частоту сердечных сокращений (ЧСС) за счет препаратов, создающих атриовентрикулярный блок. У каждого метода есть свои преимущества и недостатки. Подход к лечению определяется индивидуально и зависит от ряда факторов, таких как длительность ФП, симптомы пациента, возраст и т. д. Ввиду трудности профилактики и полноценного консервативного контроля ФП в последнее время все больше внимания уделяется профилактике осложнений ФП.

Контроль ритма определенно имеет преимущества благодаря уменьшению выраженности симптомов заболевания, а также риска тромбоэмболических осложнений. Однако главным недостатком этого метода являются побочные эффекты антиаритмических препаратов, в том числе и проаритмогенный эффект. Есть два способа перевода ФП в синусовый ритм: наружная кардиоверсия и фармакологическая. Если ФП длится более 48 ч или она неясной давности, кардиоверсия должна быть отложена до тех пор, пока уровень международного нормализованного отношения (МНО) не будет равен 2,0–3,0 в течение 3–4 нед. После кардиоверсии анти-

коагулянтная терапия должна быть продлена не менее чем на 1 мес для предотвращения тромбообразования в течение преходящего периода оглушения предсердий. Если же необходима кардиоверсия, а ФП длится более 48 ч, то требуется выполнение чреспищеводной эхокардиографии для исключения тромба в ушке левого предсердия (ЛП). Электрическая кардиоверсия часто выполняется ввиду высокой эффективности и низкого риска проаритмогенного действия. Успех ее составляет 75–93% и зависит от длительности ФП и размера ЛП. При длительности ФП более 6 мес ее успех – менее 50%. Также известно, что контрактильная дисфункция ЛП может сохраняться после кардиоверсии. Эхокардиографические исследования показывают, что трансмитральный поток во время предсердного сокращения значительно снижен и после восстановления синусового ритма. Степень контрактильной дисфункции и время, необходимое на восстановление нормальной транспортной функции ЛП, зависят от длительности ФП. Подобная временная утрата предсердной контрактильности может вести к тромбоэмболическим осложнениям даже при отсутствии тромбов на момент кардиоверсии. Клеточные механизмы, ответственные за вызванную ФП контрактильную дисфункцию, изучены недостаточно. Ранее считалось, что кардиоверсия может вводить предсердия в состояние гибернации. Однако более поздние исследования показали, что нарушения контрактильности наблюдаются и после фармакологической или спонтанной кардиоверсии. Доказано, что длительно текущая ФП вызывает клеточные повреждения на ультраструктурном уровне. Миолиз и фрагментация саркоплазматического ретикула могут быть ответственными за контрактильную дисфункцию в ремоделированном предсердии. Также известно, что длительные ускоренные предсердные ритмы вызывают выраженное снижение кальциевых каналов L-типа [2, 3].

Есть ряд препаратов, восстанавливающих синусовый ритм приблизительно у 30–60% пациентов. Согласно рандомизированным исследованиям, а также рекомендациям Европейского общества кардиологов и Американской ассоциации сердца наиболее эффективными являются: дофетилид, флекаинид, ибудирид, пропафенон, амиодарон, хинин.

Контроль ЧСС. Обоснованием данной стратегии является устранение симптомов ФП, гемодинамической нестабильности и профилактика

аритмогенной кардиомиопатии. К препаратам данной стратегии относятся бета-блокаторы, блокаторы кальциевых каналов и дигоксин. Они могут назначаться отдельно или в комбинации. Основным эффектом в данном случае будет замедление атриовентрикулярной узловой проводимости. Адекватность контроля определяется клинически, по симптомам и электрокардиографическому мониторингованию. Полученные данные должны быть оценены и в покое, и при нагрузке. Считается, что в покое ЧСС должна составлять 60–80 уд/мин, а при нагрузке – не более 100 уд/мин. Несмотря на то что желудочковый ответ контролируется медикаментозно, очень важно понимать, что предсердия все еще в состоянии фибрилляции. Это означает, что существует вероятность осложнений ФП. Очевидно, что гемодинамика не так подвергается риску при контроле ЧСС, но также очевидно, что она сильно отличается от нормальной и ввиду отсутствия вклада предсердий в сердечный выброс [4].

Огромная роль при лечении ФП уделяется профилактике тромбоэмболических осложнений. На сегодняшний день антикоагулянтная терапия – это обязательный элемент в комплексном лечении данного заболевания. Она показана пациентам, имеющим эпизоды тромбоэмболии в анамнезе, при частых пароксизмах ФП и при значительном расширении полостей сердца. Согласно рекомендациям по хирургическому лечению ФП, антикоагулянты дабигатран, апиксабан и ривароксабан являются адекватной альтернативой варфарину для профилактики тромбоэмболических осложнений [5].

Исследование AFFIRM, посвященное сравнению двух основных стратегий консервативного лечения ФП, не выявило существенного различия в выживаемости или частоте развития эмболических инсультов между двумя группами исследуемых пациентов [6].

Исследование RECORD-AF показало более высокую частоту прогрессии ФП при выборе стратегии контроля ЧСС – 27,6% по сравнению с 5,8% при контроле ритма. Таким образом, стала очевидной необходимость поиска более эффективного способа лечения рассматриваемого заболевания. Поэтому с 1980-х годов предпринимались попытки хирургического лечения ФП [7].

Хирургическое лечение

В 1980 г. J.L. Cox с коллегами выполнили операцию изоляции ЛП [8]. Эта операция подразумевала прерывание прохождения импульса

из синусного узла в изолированные отделы ЛП. Л.А. Бокерия выполнил такую операцию пациенту с гемодинамически значимым пролапсом митрального клапана (МК) и ФП [9]. Операция успешно восстанавливала желудочковый ритм, и не было необходимости имплантации электрокардиостимулятора (ЭКС). Тем не менее оказалось, что после операции в изолированной части ЛП остается ФП, и ЛП остается электрически «молчащим», что предполагает высокий риск тромбоэмболических осложнений за счет стаза крови в нем.

В 1982 г. М.М. Scheinman представил катетерную аблацию пучка Гиса как способ контроля нерегулярного сердечного ритма, вызванного ФП или другими рефрактерными к лечению наджелудочковыми аритмиями [10]. Эта процедура была в некоторой степени изолирующей, так как она оставляла аритмию в предсердиях, отграничив ее от желудочков. Но выполнение данной операции требовало имплантации ЭКС, а риск гемодинамических и тромбоэмболических осложнений оставался прежним.

В 1985 г. G.M. Guiradon и его коллеги описали операцию «коридор» [11], при которой между изолированными предсердиями оставляли тонкую полоску предсердной ткани по направлению от синусно-предсердного узла к атриоventрикулярному (АВ-узел), тем самым позволяя синусно-предсердному узлу контролировать желудочковый ритм. При этом также терялась транспортная функция ЛП, а оба предсердия продолжали фибриллировать и после операции или развивали свой собственный асинхронный ритм. Так как предсердия изолировались и от соответствующих желудочков, невозможным становилось их синхронное с желудочками сокращение. По причине вышесказанного ни гемодинамические нарушения, ни риск тромбоэмболии, вызванный ФП, не устранялись.

В ходе всех трех проводимых на тот момент операций предпринимались попытки изолировать или ограничить ФП в конкретном участке предсердия, чтобы минимизировать ее воздействия на желудочки. Стало очевидно, что гораздо более эффективным будет устранить саму фибрилляцию и тем самым восстановить синусовый ритм [4, 12].

Двадцать пятого сентября 1987 г. J.L. Cox в больнице Барнса (округ Сент-Луис, штат Миссури) представил свою первую операцию «лабиринт».

Концепция «лабиринта» заключается в хирургическом создании линий по принципу «разрез-шов», ведущем к разделению миокарда предсердий на небольшие сегменты, что не позволяет волнам макрориентри распространяться и тем самым предотвращает возможность трепетания или фибрилляции предсердий. В рамках вмешательства прерываются все потенциально возможные круги макрориентри, а также сохраняется функция синусно-предсердного и атриоventрикулярного узлов и транспортная функция левого и правого предсердий. В отличие от предыдущих операций, «лабиринт» успешно восстанавливает и ритм, и атриоventрикулярную синхронность сокращений, что значительно снижает риск тромбоэмболических осложнений.

Оригинальная операция включала выполнение хирургических разрезов таким образом, чтобы электрический импульс, выходя из любой точки предсердия, не мог вернуться в эту точку без пересечения линии шва. То есть создавался лабиринт, у которого был единственный вход (через синусно-предсердный узел) и единственный выход (через АВ-узел), а также несколько тупиков вдоль основного маршрута. Были созданы условия, при которых электрический импульс из синусно-предсердного узла приходил к АВ-узлу, активируя при этом миокард предсердий.

В данной операции производили субтотальную изоляцию ЛП и легочных вен (ЛВ), два продольных разреза производили на правом предсердии (ПП), один – на межпредсердной перегородке (МПП), что дополнялось поперечной верхней атриотомией (рис. 1).

Непосредственные результаты показывали, что восстановление синусового ритма достигалось в 99% случаев. Но у данной операции были выявлены и минусы, заключавшиеся в послеоперационной дисфункции синусного узла и невозможности генерировать тахикардию, что требовало имплантации ЭКС, а также случаи дисфункции ЛП.

В своих дальнейших исследованиях J.L. Cox установил наличие предсердного пейсмейкерного комплекса – более обширной области, расположенной на месте синусного узла. Было установлено, что синусовая тахикардия исходит из верхней части комплекса – непосредственно из места перехода ПП в верхнюю полую вену (ВПВ). Именно там проходил один из разрезов операции «лабиринт I», поэтому был поднят вопрос о необходимости модификации операции. Было решено не делать разрезы вокруг синусно-

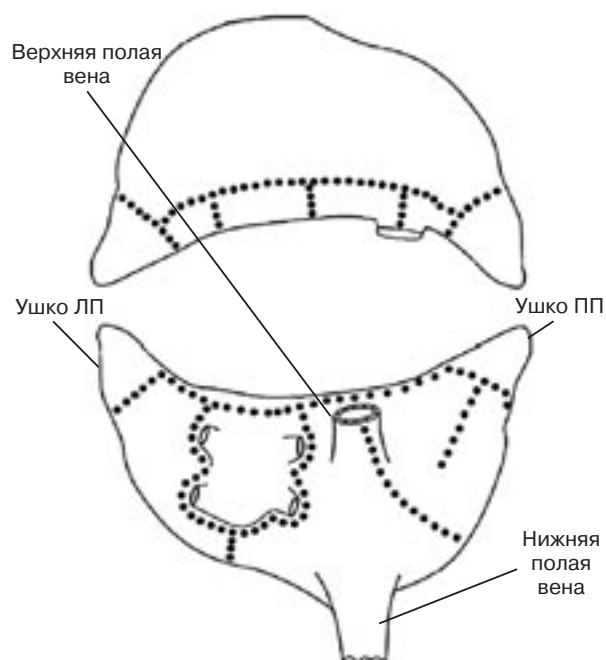


Рис. 1. Схема операции «лабиринт I» (пунктиром показаны проекции линий разрезов)

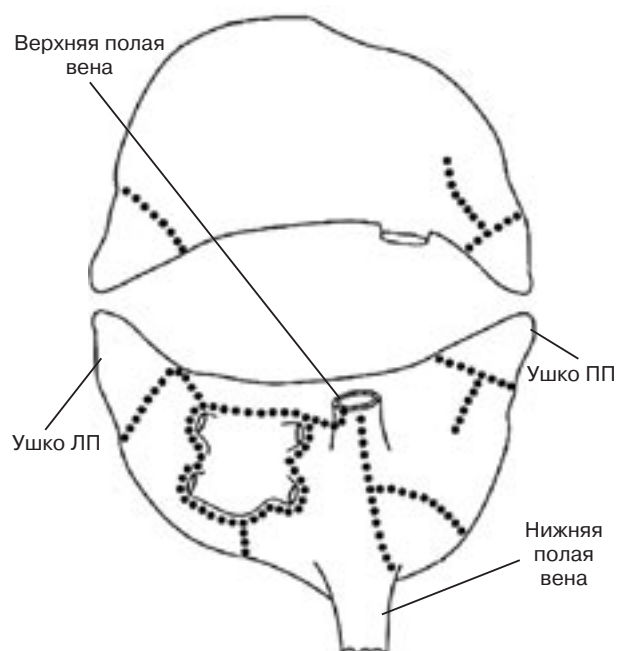


Рис. 2. Схема операции «лабиринт II» (пунктиром показаны проекции линий разрезов)

го узла, но это вызвало необходимость добавить противоразрез на передней стенке ПП для предотвращения круга риентри в этой области. Разрез, идущий от основания отсеченного ушка ПП через купол ЛП к основанию ушка ЛП, также требовал модификации. Для того чтобы импульс мог проходить через ЛП и не возникало круга риентри вокруг ВПВ, разрез купола ЛП был перемещен кзади, а его правый конец начинался в середине отверстия ВПВ. Таким образом, были устранены недостатки операции «лабиринт I», и на ее основе была создана модификация «лабиринт II» (рис. 2). Но и у данной операции были выявлены существенные недостатки. Перемещение разреза с крыши ЛП кзади смещало туда же и разрез МПП, что значительно затрудняло экспозицию разрезов ЛП. Более того, при обеих модификациях операции два разреза заканчивались в области устья ВПВ. Поэтому, чтобы избежать ее сужения, необходимо было использовать заплату, а это усложняло выполнение операции. Также выяснилось, что «лабиринт II» не устранял частые послеоперационные дисфункции ЛП. Потребовалась модификация операции.

Дисфункцию ЛП объясняли задержкой внутрипредсердного проведения из-за рассечения пучка Бахмана или его включения в шов при операциях «лабиринт I» и «лабиринт II».

Для того чтобы решить проблему удлиненной межпредсердной проводимости, разрез

крыши ЛП был смещен еще более кзади, что также привело к смещению предсердной септотомии назад. В результате этой модификации предсердную септотомию, располагающуюся теперь позади ВПВ, можно было выполнить с левой стороны сердца. Кроме того, в данном случае только один разрез распространялся до устья ВПВ, а значит, не было необходимости использовать перикардальную заплату. Так была создана модификация «лабиринт III». Внесенные изменения были направлены на устранение таких осложнений, как дисфункция синусового узла и ЛП. Частота имплантации ЭКС после операции также резко снизилась. Более того, благодаря предсердным сокращениям увеличилась фракция выброса левого желудочка [13–17].

Операция «лабиринт» значительно снижает риск тромбоэмболических осложнений, связанных с ФП. Это происходит вследствие восстановления синусового ритма и транспортной функции ЛП, а также удаления или закрытия ушка ЛП, в котором образуется большинство тромбов, связанных с ФП [18].

В исследовании S.J. Melby и соавт. качество жизни пациентов после операции соответствовало качеству жизни в общей популяции [19].

Таким образом, операция «лабиринт III» стала «золотым стандартом» в лечении ФП. В России первую операцию «лабиринт» выполнил академик Л.А. Бокерия в 1992 г.

Техника операции «лабиринт III»

Первый разрез разделяет ушко правого предсердия и протягивается косо к центру свободной стенки ПП. Медиально он направляется к атрио-вентрикулярной борозде (АВ-борозде). Продольный разрез проводят от ВПВ к нижней полой вене (НПВ) вдоль пограничного гребня. Нижние 2 см разреза закрывают непрерывным 4-0 полипропиленовым швом для предотвращения разрывов во время стягивания. Вертикальный разрез делают от точки закрытия к АВ-борозде.

Желудочковый разрез проходит от фиброзного кольца трикуспидального клапана (ТК) до области задней створки (позиция «2 часа» с точки обзора хирурга). На эндокардиальной поверхности предсердия разрез идет по его интактной стенке. Остаточные миокардиальные волокна на фиброзном кольце ТК подвергаются криоабляции (-70°C в течение 2 мин). Эта часть разреза закрывается 4-0 полипропиленовым швом.

Разрез медиальной стороны ушка ПП продолжается по предсердной борозде к фиброзному кольцу ТК (позиция «10 часов» с точки обзора хирурга) путем диссекции эндокардиальной поверхности. Криоабляцию проводят на фиброзном кольце ТК для абляции остаточных миокардиальных волокон. Эту часть разреза закрывают 4-0 полипропиленовым швом.

Пережимают аорту. Проводят кардиоплегию для достижения электромеханического ареста. Левое предсердие открывается на правой стороне, позади межпредсердной борозды и перед ЛВ. Разрез продлевают вверх и вниз. Предсердную перегородку разделяют на уровне правой верхней ЛВ. Этот разрез продлевают вниз для разделения мембраны овальной ямки.

Предсердную перегородку отодвигают вперед. Хирург производит закругление разреза вокруг ЛВ, работая при этом внутри левого предсердия и продлевая разрез через заднюю стенку предсердия над левыми ЛВ и под ними.

Сердце отодвигают вниз и вправо для того, чтобы ушко ЛП оказалось на наружной поверхности сердца. Два шва-держалки из 3-0 полипропилена накладывают через разрез, окружающий ЛВ на уровне левой верхней и левой нижней ЛВ. Окружающий разрез завершается между швами-держалками. Ушко ЛП отрезают у основания. Разделяют стенку предсердий между ушком ЛП и окружающим разрезом.

Швы-держалки затягивают и ЛП закрывают между ними. Разделительный 3-0 полипропиленовый

новый шов используют для моста к ушку ЛП и его основанию.

В операционную рану снова выводят дно ЛП. Швы-держалки проводят внутри ЛП для закрытия окружающего разреза сверху – по направлению к середине и снизу – на 2 см от задней стенки ЛП. Вертикальный разрез продлевают между окружающим разрезом и кольцом МК. Разрез проходит через интактную стенку ЛП к эндокардиальной жировой ткани в АВ-борозде, раскрывая коронарный синус. Криоабляцию проводят на наружной поверхности коронарного синуса в течение 3 мин. После 1-й минуты аблатор перемещают на фиброзное кольцо МК и выполняют абляцию в течение 3 мин. Желудочковый разрез закрывают 4-0 полипропиленовым швом. Пластику или протезирование МК осуществляют на этом этапе операции.

Разрез, окружающий ЛВ, подшивают к ним с правой стороны. Стягивание осуществляется к ПП, закрывают все, кроме последнего сантиметра шва, окружающего ЛВ. Левожелудочковый дренаж помещают через разделяющий разрез в правой верхней ЛВ.

Предсердную перегородку закрывают 4-0 полипропиленовым швом. Для левой и правой поверхностей предсердия используют отдельные швы на тонкой части предсердной перегородки. Закрывают оставшуюся ее часть.

Зашивают разрезы ПП. Сначала продольный, затем желудочковый, а затем косой разрезы закрывают с помощью 4-0 полипропиленовых швов [20–22].

Схема операции «лабиринт III» представлена на рисунке 3 [23].

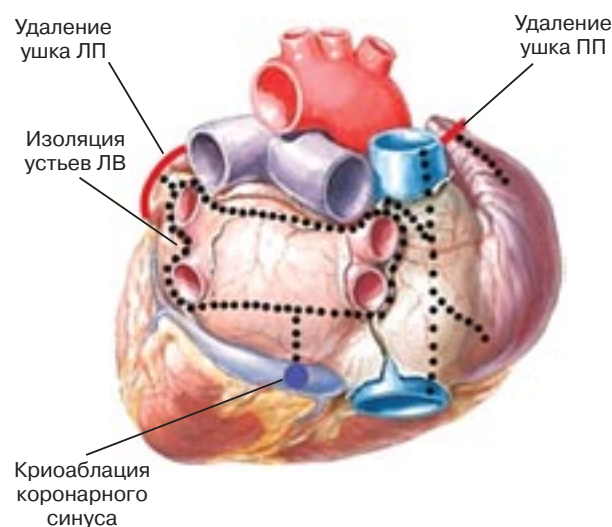


Рис. 3. Схема операции «лабиринт III» (пунктиром показаны проекции линии разрезов) [23]

Альтернативные источники энергии

Операция «лабиринт III» являлась технически сложной, требовавшей высокой квалификации хирурга для ее выполнения, поэтому далеко не каждому хирургу она была по силам. В связи с этим для упрощения операции возникла необходимость поиска альтернативных источников энергии с целью замещения методики «разрез—шов».

За последние десятилетия были разработаны новые технологии для лечения ФП. К ним относятся: криоабляция, радиочастотная абляция (РЧА), микроволновая, лазерная абляция и абляция с использованием ультразвука. Доктор J.L. Cox был одним из первых, кто оценил преимущества абляционных технологий, когда в марте 1996 г. представил миниинвазивную модификацию «криолабиринт».

Основными преимуществами выполнения операции с использованием альтернативных источников энергии являются не только упрощение самой техники операции, но и возможность ее выполнения через миниинвазивные доступы.

Идеальное устройство для абляции должно:

1. Создавать устойчивый двунаправленный блок проведения (то есть воздействие должно быть трансмуральным) с эпи- либо эндокардиальной поверхностью. Устройство должно блокировать круги макрориентри, а также изолировать очаги триггерной активности.

2. Иметь точный дозозависимый эффект. Это важно, чтобы исключить чрезмерную или неадекватную абляцию.

3. Производить абляцию медленно и безопасно.

4. Иметь адекватную гибкость и маневренность. Данные пункты необходимы для сокращения времени операции.

5. Адаптироваться к миниинвазивным доступам [24–26].

Криоабляция

В 1961 г. I. Соорег и А. Лее разработали устройство, которое могло охлаждать жидкий азот и позволяло воздействовать им на ткани. В последнее время было создано множество таких устройств. Их действие основано на эффекте Джоуля—Томпсона, то есть на изменении температуры газа при медленном его протекании сквозь пористую перегородку под действием постоянного перепада давлений. Данный эффект является методом получения низких темпера-

тур. В настоящее время существует два источника энергии для криоабляции в сердечной хирургии. Первая технология использует оксид азота. Устройство в данной модификации содержит жесткий электрод. Более новая технология использует аргон. Устройство, применяемое в данном случае, имеет гибкий катетер с 6-сантиметровым электродом. Под давлением в 1 атм оксид азота способен охлаждать ткань до $-89,5^{\circ}\text{C}$, аргон до $-185,7^{\circ}\text{C}$.

Размер и глубина криовоздействий зависят от нескольких факторов, в том числе температуры и размеров аблятора, температуры тканей, продолжительности и числа воздействий, а также жидкости, которая используется в качестве охлаждающего агента. При применении оксида азота воздействие в течение 2–3 мин оказывает устойчивый трансмуральный эффект. Из-за эффекта поглощения, обеспечиваемого эндокардиально циркулирующей кровью, эпикардиальные криовоздействия на работающем сердце с использованием оксида азота нетрансмуральны. Более того, если при эпикардиальной абляции кровь замерзает, она коагулируется, создавая риск для тромбоэмболии.

В данный момент проведено небольшое количество исследований, посвященных использованию аргона. Однако уже имеются данные о том, что не все воздействия при его использовании трансмуральны.

Применение криомодификации имеет преимущество в сохранении фиброзного скелета сердца и поэтому является одной из наиболее безопасных технологий. Тем не менее, по некоторым данным, при этом могут формироваться структуры коронарных артерий, поэтому необходимо избегать их повреждения во время операции [24].

Уникальность криомодификации состоит в том, что она, в отличие от других видов абляции, достигает эффекта за счет замораживания, а не нагревания. У данного метода есть ряд преимуществ. Во-первых, это возможность сохранить архитектуру ткани. Во-вторых, меньшее повреждающее воздействие на окружающие ткани. В-третьих, криоабляция значительно реже вызывает пристеночное тромбообразование за счет сохранения эндотелия. Кроме того, у криомодификации есть практические преимущества, позволяющие хирургу осуществлять разрез перешейка от ЛВ к митральному кольцу и обеспечить электрическую изоляцию предсердия, что не всегда может быть легко достигнуто

с помощью РЧА и микроволновой абляции. Относительным недостатком данной технологии является сравнительно долгое время, необходимое для достижения эффекта (1–3 мин) [27, 28].

Радиочастотная энергия

Этот вид энергии стал одним из первых использоваться для лечения ФП. Радиочастотная энергия может использоваться при помощи как униполярных, так и биполярных электродов, а сами электроды могут быть и сухими, и орошаемыми.

На сегодняшний день доступно несколько видов устройств для РЧА. Они могут содержать гибкие или жесткие электроды, электроды наподобие ручек с охлаждающим наконечником, а также биполярные РЧ-электроды-зажимы [29].

В случае униполярной абляции энергия распределяется между кончиком электрода и тканью. Биполярная РЧА аналогична униполярной, но вместо одного электрода используются два близкорасположенных электрода, между которыми генерируется повреждающее воздействие, что позволяет сфокусировать абляцию. Абляция производится значительно быстрее (обычно менее 10 с), а также ограничивается повреждением тканей, которые находятся в непосредственной близости от электродов.

Диапазон используемой радиочастотной энергии – 100–1000 кГц. Эта частота достаточно высока для предотвращения быстрой деполяризации миокарда и запуска фибрилляции желудочков и достаточно низка, чтобы не допустить перфорацию тканей. Нагревание тканей при биполярной РЧА происходит только под узким участком непосредственно в месте контакта с электродом, обычно шириной менее 1 мм. Удельное сопротивление тканей приводит к рассеиванию РЧ-энергии в виде тепла, которое затем путем пассивного проведения осуществляет нагревание тканей в глубину [30]. Размер воздействия зависит от его длительности, площади контакта электрода с тканью, температуры и вольтажа. Глубина повреждения может лимитироваться случаями формирования некроза тканей. Для решения данной проблемы были разработаны орошаемые электроды, которые не позволяют ткани некротизироваться, так как снижают температуру на поверхности тканей. Это дает возможность наносить более глубокое повреждение. Эндокардиальный ток крови также может оказывать влияние на глубину абляции [31, 32].

Описан дозозависимый эффект монополярной РЧА, несмотря на то что такая РЧА создавала трансмуральные повреждения в эксперименте. По клиническим данным, после двухминутной абляции во время операции на митральном клапане около 20% воздействий были таковыми. Дальнейшие доклинические и клинические исследования выявили неспособность монополярной абляции оказывать трансмуральное воздействие. Только 7% воздействий были таковыми даже при увеличении температуры до 90 °С. В свою очередь доказано, что биполярная РЧА оказывает трансмуральное повреждение при среднем времени воздействия 5–10 с.

Множество исследований проводилось с целью изучения безопасности РЧА. Были описаны такие осложнения монополярной РЧА, как повреждение коронарных артерий, цереброваскулярные осложнения, повреждения пищевода, ведущие к предсердно-желудочковой фистуле. Известны случаи атриоэзофагеальных фистул и повреждений пищевода со смертельным исходом [33]. В доклинических исследованиях было показано, что большинство альтернативных источников энергии в большей или меньшей степени оказывают повреждающее действие на пищевод, но в случае монополярной РЧА они являются наиболее значимыми. Во время эпикардиальной абляции ЛВ могут повреждаться такие прилегающие к ним структуры, как, к примеру, абберантные вены [34]. Применение биполярной РЧА устранило повреждение окружающих тканей, описанное при монополярной РЧА. Случаев повреждения пищевода при биполярной РЧА также не отмечено.

Таким образом, монополярная РЧА в большинстве случаев оказывает трансмуральное воздействие эндокардиально, но не способна к таковым эпикардиально. Преимуществами биполярной РЧА являются более точная фокусировка воздействия и создание надежных трансмуральных повреждений. В ее пользу говорит также сравнительная простота наложения электродов на область впадения ЛВ во время их изоляции [35]. Однако недостатком биполярной РЧА является возможность производить абляцию только тех тканей, которые могут быть зажаты между электродами, что создает значительные затруднения при работе с тканями, близкорасположенными к клапанам [36].

Также установлено, что эпикардиальные воздействия не являются трансмуральными, когда толщина стенки предсердия составляет

более 4 мм. Эпикардальная жировая ткань оказывает негативный эффект на аблацию. С другой стороны, там, где ее нет, разрезы проникают менее глубоко, особенно если толщина стенки велика. Это можно связать с эндокардиальным охлаждением циркулирующей кровью. Пролонгирование длительности аблации на 1–2 мин увеличивает глубину воздействия незначительно. Разрезы лучше наносить в местах с наиболее толстой стенкой ЛП (более 3,5 мм). В случае монополярной аблации разрезы получаются слишком широкими, иногда ширина может превышать глубину [37]. При биполярной аблации имеют дело с более узкими разрезами с большей вероятностью трансмуральности. Однако в обоих случаях в наиболее толстых участках миокарда воздействия могут не быть трансмуральными [38–40].

Микроволновая энергия

Микроволновая аблация реализует свое воздействие за счет нагревания диэлектриков, осуществляемого электромагнитными волнами, исходящими от антенны. Создающееся при этом электромагнитное поле вызывает вибрацию молекулярных диполей, которые нагревают ткани, подвергающиеся аблации. Эта технология обладает способностью эффективного и равномерного распространения энергии без перегрева тканей и образования некрозов.

Устройства для микроволновой аблации могут быть ригидными и гибкими, а процедура может быть выполнена как эпи-, так и эндокардиально [41].

Устройства для микроволновой аблации излучают электромагнитное поле в окружающую ткань. Излучаемая энергия зависит непосредственно от тока, исходящего от аблационного катетера к ткани. В результате степень надавливания на катетер, его расположение, степень сухости тканей не лимитируют процедуру. Размеры зоны аблации зависят от силы, длительности доставки энергии, длины и ширины антенны. Этот способ аблации создает эндокардиальные повреждения на остановленном сердце. Подробные гистологические исследования показали, что такое воздействие недостаточно трансмурально. Также группой ученых во главе с S.J. Melby доказано, что глубина эпикардиальных воздействий на работающем сердце может зависеть от сердечного выброса и трансмуральными будут воздействия только при низком сердечном выбросе (менее 1 л/мин) [42].

При микроволновой аблации для воздействия на ткань используют повышенную температуру, а это потенциально опасно с точки зрения осложнений – повреждения близлежащих тканей. Также есть сведения о стенозах коронарных артерий после микроволновой аблации. Случаи повреждений пищевода не описаны.

Микроволновая аблация имеет преимущества перед РЧА, заключающиеся в том, что вероятность некрозов в первом случае ниже и чувствительность микроволновой аблации к расположению электрода менее высокая. Сама процедура выполняется сравнительно быстро, в том числе и через миниинвазивные доступы, что связано с достаточной гибкостью аппарата. Недостатком микроволновой аблации также является невозможность оценки степени трансмуральности воздействия интраоперационно.

Известно, что при эпикардиальном использовании микроволновой, а также униполярной РЧА наблюдаются трудности в создании устойчивых трансмуральных воздействий. Это связывают с так называемым эффектом поглощения тепла циркулирующей кровью. Для решения данной проблемы было разработано два подхода. Первый подход заключается в применении биполярной РЧА вместо униполярной, так как биполярные устройства для РЧА осуществляют с большей вероятностью трансмуральные разрезы как на остановленном, так и на бьющемся сердце благодаря фокусированию энергии. При этом риск повреждения прилегающих тканей гораздо ниже. Согласно второму подходу при использовании высокоинтенсивного сфокусированного ультразвука исключается эффект поглощения тепла за счет точного фокусирования энергии на миокарде предсердий. Это преимущество гипотетически может быть использовано при аблации над перешейком ЛП со стороны эпикарда без повреждения огибающей ветви коронарной артерии, что ни один из других видов энергии не может себе позволить [43]. Эффект поглощения тепла может возникать по причине прилегания большой вены сердца и огибающей артерии к участкам воздействия. При попытке нанесения линии аблации, направленной к митральному перешейку, данные сосуды могут препятствовать образованию трансмурального разреза [44].

Лазерная энергия

Устройства для лазерной аблации состоят из источника энергии, проводника (кристалл или

газ) и двух зеркал на каждом конце проводника, где одно полностью отражающее, а другое – частично. Лазеры поднимают уровень энергии от среднего до высокого, а затем способны выделять ее. Этот механизм позволяет контролировать направление выхода энергии. Лазеры наносят узкие глубокие разрезы за короткий период времени.

Из-за разного коэффициента поглощения жировой ткани и миокарда лазер может проникать внутрь последнего вне зависимости от эпикардального жира. При этом он не обжигает поверхность. Объем воздействия зависит от количества энергии, степени рассеивания, поглощения и отражения энергии.

Доклинические исследования говорят о способности лазера наносить трансмуральные разрезы. Пока проведено недостаточное количество клинических исследований, чтобы делать определенные выводы, тем не менее они весьма противоречивы.

Минусами данного вида аблации является опасность повреждения прилегающих тканей, отсутствие надежных доказательств трансмуральности воздействия [45].

Высокоинтенсивный сфокусированный ультразвук (ВСУ)

Аблация с использованием ультразвука – это одна из сравнительно новых технологий в кар-

Сравнение альтернативных источников энергии

Вид аблации	Трансмуральность	Эндокардиально	Эпикардально	Преимущества	Потенциальные осложнения	Использование вне исследований и клинических испытаний	Точность (ширина/глубина)
РЧА	Варьирует, улучшена у биполярных устройств	+	+	Способна проводить быструю и эффективную аблацию	Риск внутрисердечного тромбообразования, ожога тканей, повреждения огибающей артерии, пищевода, легочных вен	+	Варьируют
Криоаблация	Хорошая	+	+	Сохраняет клеточную архитектуру и способна производить аблацию митрального и трикуспидального перешейков. Минимальное повреждение прилегающих тканей, хорошо отграниченное воздействие, хороший контакт с миокардом, низкий риск кровотечения или перфорации	Риск повреждения коронарных артерий	+	Варьируют
Микроволновая	Варьирует	+	+	Ниже риск тромбоэмболии, ожога тканей, минимальное повреждение прилегающих тканей	Риск повреждения огибающей артерии	+	Хорошая
ВСУ	Высокая	–	+	Быстрая, эпикардальная аблация	Риск повреждения прилегающих тканей и перфорации	–	Слабая
Лазерная	Высокая	+	+	Способна проводить быстрые глубокие и равномерные воздействия	Риск образования «кратера» и перфорации	–	Слабая

диохирургии. Высокоинтенсивный сфокусированный ультразвук производит абляцию на ограниченном участке ткани и позволяет оказывать эпикардальное трансмуральное воздействие через эпикардальную клетчатку менее чем за 2 с; ВСУ не оказывает повреждающего действия на окружающие ткани. В рамках данного вида абляции наносятся разрезы с помощью ультразвука, и быстро повышается температура над данной тканью до 80 °С. Между тканью, подвергающейся воздействию, и окружающими тканями формируется температурный градиент.

Большинство альтернативных источников энергии во время абляции могут воздействовать на проходящие рядом сосуды. В случае с ВСУ это явление сведено к минимуму. Но, по некоторым данным, у ВСУ имеется фиксированная глубина проникновения, поэтому многие воздействия нетрансмуральны [25].

Описаны случаи тампонады, кровотечения, повреждений пищевода, атриоэзофагеальных фистул, паралича диафрагмальных нервов, а также смерти неустановленного генеза после применения ВСУ [30].

Сравнение различных альтернативных источников энергии представлено в таблице.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Tjeb H.D. et al. Atrial fibrillation therapies: lest we forget surgery. *Can. J. Cardiol.* 2014; 30 (6): 590–7. DOI: 10.1016/j.cjca.2014.02.001.
2. Schotten U., Ausma J. et al. Cellular mechanisms of depressed atrial contractility in patients with chronic atrial fibrillation. *Circulation.* 2001; 103: 691–8. DOI: 10.1161/01.CIR.103.5.691.
3. Sie H.T. Manual of surgical treatment of Atrial Fibrillation. 1st ed. Blackwell Futura; 2008.
4. Cox J.L. Cardiac surgery for arrhythmias. *Pace.* 2004; 28: 266–82.
5. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
6. Saksena S. et al. Cardiovascular Outcomes in the AFFIRM Trial: An Assessment of Individual Antiarrhythmic Drug Therapies compared to Rate Control Using Propensity Score Matched Analyses. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58 (19): 1975–85. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.07.036.
7. Zhang Y.Y. et al. Predictors of progression of recently diagnosed atrial fibrillation in REGistry on Cardiac Rhythm Disorders Assessing the Control of Atrial Fibrillation (RecordAF)-United States cohort. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112 (1): 79–84. DOI: 10.1016/j.amjcard.2013.02.056.
8. Williams J.M., Ungerleider R.M., Cox J.L. et al. Left atrial isolation: new technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1980; 80 (3): 373–80.
9. Бокерия Л.А. Новые операции при аритмиях. *Грудная хирургия.* 1983; 3: 87–8.
10. Scheinman M.M., Morady F., Hess D.S. et al. Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmias. *JAMA.* 1982; 248 (7): 851–5. DOI: 10.1001/jama.1982.03330070039027.
11. Guiraudon G.M., Campbell C.S., Jones D.L. et al. Combined sino-atrial node atrioventricular node isolation: a surgical alternative to His bundle ablation in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 1985; 72 (3): 220.
12. Cox J.L. Atrial fibrillation II: Rationale for surgical treatment. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003; 110 (2): 473–84. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2003.06.003.
13. Vohra H.A., Tahir Z.A., Ohri S.K. et al. Surgery for atrial fibrillation. In: C. Narin (ed.). Special topics in cardiac surgery. InTech; 2012: 257–68. DOI: 10.5772/2307.
14. Рычин С.В. Операция «лабиринт» при хирургическом лечении фибрилляции предсердий у больных с пороком митрального клапана: эволюция методов и результаты. *Анналы аритмологии.* 2005; 1: 14–25.
15. Cox J.L., Boineau J.P., Schuessler R.B. et al. Modification of Maze procedure for atrial flutter and fibrillation. I. Rationale and surgical results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110: 473–84.
16. Schaff H.V., Dearani J.A. et al. Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: Mayo Clinic experience. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 12 (1): 30–7.
17. Cox J.L. The longstanding, persistent confusion surrounding surgery for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010; 139: 1374–86. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.027.
18. Cox J.L. The minimally invasive Maze-III procedure. *Oper. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 5 (1): 79–92. DOI: 10.1053/oi.2000.5973.
19. Melby S.J., Zierer A., Cox J.L. et al. Normal quality of life after the Cox Maze procedure for atrial fibrillation. *Innovations (Phila).* 2008; 3 (3): 142–6. DOI: 10.1097/IMI.0b013e31819165d7.
20. Kirklin J.W., Barratt-Boyes B.G. Cardiac surgery. 3rd ed. Churchill Livingstone. 2003.
21. Cox J.L. The standard Maze-III procedure. *Oper. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004; 9 (1): 3–23. DOI: 10.1053/j.optechstcvs.2004.03.001.
22. Cox J.L., Jaquiss R.D.B. et al. Modification of Maze procedure for atrial flutter and fibrillation. II. Surgical technique of the maze III procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110 (2): 485–95. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223\(95\)70245-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223(95)70245-8).
23. Netter F.H. Atlas of human anatomy. 2nd ed. Icon learning systems; 1997.
24. Cohn L.H. Cardiac Surgery in the Adult. 3d ed. The McGraw-Hill Companies; 2008.
25. Shen J., Bailey M., Damiano R.J. Surgery for lone atrial fibrillation: present state-of-the-art. *Innovations (Phila).* 2009; 4 (5): 248–55. DOI: 10.1097/IMI.0b013e3181bb370f.
26. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Меликулов А.Х. и соавт. Хирургическое лечение фибрилляции предсердий: современное состояние проблемы. *Анналы аритмологии.* 2009; 2: 5–12.
27. Harling L., Athanasiou T. et al. Strategies in the Surgical Management of Atrial Fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2011. DOI: 10.4061/2011/439312.
28. Henry L., Ad N. The surgical treatment for atrial fibrillation: ablation technology and surgical approaches. *Rambam Maimonides Med. J.* 2013; 4 (3). DOI: 10.5041/RMMJ.10121.
29. Бокерия Л.А., Махалдиани З.Б., Биниашвили М.Б. Современные методы хирургического лечения фибрилляции предсердий. Мининвазивные и торакоскопические операции. *Анналы аритмологии.* 2006; 2: 17–27.
30. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
31. Gillinov A.M., McCarthy P. Atricle bipolar radiofrequency clamp for intraoperative ablation of atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74: 2165–8.
32. Edgerton Z.J., Edgerton J.R. A review of current surgical treatment of patients with atrial fibrillation. *Baylor University Medical Center Proceedings.* 2012; 25 (3): 218–23.
33. Gillinov A.M., Pettersson G. et al. Esophageal injury during radiofrequency ablation for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 122 (6): 1239–40. DOI: 10.1067/mtc.2001.118041.
34. Yuan S.M., Sternik L. The “box” lesion in the modified Maze procedure for surgical treatment of atrial fibrillation. *Acta Med. Mediterranea.* 2013; (29): 67–70.
35. Shimamura Y., Hayashi I. A simple and safe technique for positioning a bipolar radiofrequency device for pulmonary vein iso-

- lation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 36: 407–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.04.023.
36. Melby S.J., Gaynor S.L., Damiano R.J. et al. Efficacy and safety of right and left atrial ablations on the beating heart with irrigated bipolar radiofrequency energy: A long-term animal study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2006; 132: 853–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.05.048>.
 37. Thomas S.P., Guy D.J. et al. Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 75: 543–8.
 38. Bugge E. et al. Comparison of bipolar and unipolar radiofrequency ablation in an in vivo experimental model. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 28: 76–82. DOI: 10.1016/j.ejcts.2005.02.028.
 39. El Arid J.M., Senage T. et al. Human comparative experimental study of surgical treatment of atrial fibrillation. *J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 8: 140. DOI: 10.1186/1749-8090-8-140.
 40. Damiano R.J. Alternative energy sources for atrial ablation: judging the new technology. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 75: 329–30.
 41. Abreu Filho C.A., Lisboa L.A.F. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2005; 20 (2): 167–73.
 42. Melby S.J., Zierer A., Damiano R.J. et al. Epicardial microwave ablation on the beating heart for atrial fibrillation: The dependency of lesion depth on cardiac output. *J. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2006; 132 (2): 355–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.02.008>.
 43. Fragakis N., Pantos I. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation. *Europace.* 2012; 14: 1545–52. DOI: 10.1093/europace/eus081.
 44. Roten L., Derval N. et al. Current hot potatoes in atrial fibrillation ablation. *Curr. Cardiol. Rev.* 2012; (8): 327–46. DOI: 10.2174/157340312803760802.
 45. Williams M.R., Casher J.M. et al. Laser energy source in surgical atrial fibrillation ablation: preclinical experience. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 2260–4. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.04.035.
- ### References
1. Tjæg H.D. et al. Atrial fibrillation therapies: lest we forget surgery. *Can. J. Cardiol.* 2014; 30 (6): 590–7. DOI: 10.1016/j.cjca.2014.02.001.
 2. Schotten U., Ausma J. et al. Cellular mechanisms of depressed atrial contractility in patients with chronic atrial fibrillation. *Circulation.* 2001; 103: 691–8. DOI: 10.1161/01.CIR.103.5.691.
 3. Sie H.T. Manual of surgical treatment of Atrial Fibrillation. 1st ed. Blackwell Futura; 2008.
 4. Cox J.L. Cardiac surgery for arrhythmias. *Pace.* 2004; 28: 266–82.
 5. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
 6. Saksena S. et al. Cardiovascular Outcomes in the AFFIRM Trial: An Assessment of Individual Antiarrhythmic Drug Therapies compared to Rate Control Using Propensity Score Matched Analyses. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58 (19): 1975–85. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.07.036.
 7. Zhang Y.Y. et al. Predictors of progression of recently diagnosed atrial fibrillation in REGISTRY. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112 (1): 79–84. DOI: 10.1016/j.amjcard.2013.02.056.
 8. Williams J.M., Ungerleider R.M., Cox J.L. et al. Left atrial isolation: new technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1980; 80 (3): 373–80.
 9. Bockeria L.A. New operations for arrhythmias. *Grudnaya Khirurgiya.* 1983; 3: 87–8 (in Russian).
 10. Scheinman M.M., Morady F., Hess D.S. et al. Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmias. *JAMA.* 1982; 248 (7): 851–5. DOI: 10.1001/jama.1982.03330070039027.
 11. Guiraudon G.M., Campbell C.S., Jones D.L. et al. Combined sino-atrial node atrioventricular node isolation: a surgical alternative to His bundle ablation in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 1985; 72 (3): 220.
 12. Cox J.L. Atrial fibrillation II: Rationale for surgical treatment. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003; 110 (2): 473–84. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2003.06.003.
 13. Vohra H.A., Tahir Z.A., Ohri S.K. et al. Surgery for atrial fibrillation. In: C. Narin (ed.). Special topics in cardiac surgery. InTech; 2012: 257–68. DOI: 10.5772/2307.
 14. Rychin S.V. Maze procedure in surgical treatment of atrial fibrillation in patients with mitral valve diseases: Evolution and outcomes. *Annaly Aritmologii.* 2005; 1: 14–25 (in Russian).
 15. Cox J.L., Boineau J.P., Schuessler R.B. et al. Modification of Maze procedure for atrial flutter and fibrillation. I. Rationale and surgical results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110: 473–84.
 16. Schaff H.V., Dearani J.A. et al. Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: Mayo Clinic experience. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 12 (1): 30–7.
 17. Cox J.L. The longstanding, persistent confusion surrounding surgery for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010; 139: 1374–86. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.027.
 18. Cox J.L. The minimally invasive Maze-III procedure. *Oper. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 5 (1): 79–92. DOI: 10.1053/oi.2000.5973.
 19. Melby S.J., Zierer A., Cox J.L. et al. Normal quality of life after the Cox Maze procedure for atrial fibrillation. *Innovations (Phila).* 2008; 3 (3): 142–6. DOI: 10.1097/IMI.0b013e31819165d7.
 20. Kirklin J.W., Barratt-Boyes B.G. Cardiac surgery. 3rd ed. Churchill Livingstone. 2003.
 21. Cox J.L. The standard Maze-III procedure. *Oper. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004; 9 (1): 3–23. DOI: 10.1053/j.optechstcvs.2004.03.001.
 22. Cox J.L., Jaquiss R.D.B. et al. Modification of Maze procedure for atrial flutter and fibrillation. II. Surgical technique of the maze III procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995; 110 (2): 485–95. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223\(95\)70245-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223(95)70245-8).
 23. Netter F.H. Atlas of human anatomy. 2nd ed. Icon learning systems; 1997.
 24. Cohn L.H. Cardiac Surgery in the Adult. 3d ed. The McGraw-Hill Companies; 2008.
 25. Shen J., Bailey M., Damiano R.J. Surgery for lone atrial fibrillation: present state-of-the-art. *Innovations (Phila).* 2009; 4 (5): 248–55. DOI: 10.1097/IMI.0b013e3181bb370f.
 26. Bockeria L.A., Bockeria O.L., Melikulov A.H. et al. Surgical treatment for atrial fibrillation: state of the art. *Annaly Aritmologii.* 2009; 2: 5–12 (in Russian).
 27. Harling L., Athanasiou T. et al. Strategies in the Surgical Management of Atrial Fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2011. DOI: 10.4061/2011/439312.
 28. Henry L., Ad N. The surgical treatment for atrial fibrillation: ablation technology and surgical approaches. *Rambam Maimonides Med. J.* 2013; 4 (3). DOI: 10.5041/RMMJ.10121.
 29. Bockeria L.A., Makhaldiani Z.B., Biniashvili M.B. Contemporary methods of surgical treatment of atrial fibrillation. Mini-invasive and thoracoscopic procedures. *Annaly Aritmologii.* 2006; 2: 17–27 (in Russian).
 30. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
 31. Gillinov A.M., McCarthy P. Atricle bipolar radiofrequency clamp for intraoperative ablation of atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74: 2165–8.
 32. Edgerton Z.J., Edgerton J.R. A review of current surgical treatment of patients with atrial fibrillation. *Baylor University Medical Center Proceedings.* 2012; 25 (3): 218–23.
 33. Gillinov A.M., Pettersson G. et al. Esophageal injury during radiofrequency ablation for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 122 (6): 1239–40. DOI: 10.1067/mtc.2001.118041.
 34. Yuan S.M., Sternik L. The “box” lesion in the modified Maze procedure for surgical treatment of atrial fibrillation. *Acta Med. Mediterranea.* 2013; (29): 67–70.
 35. Shimamura Y., Hayashi I. A simple and safe technique for positioning a bipolar radiofrequency device for pulmonary vein isolation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 36: 407–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.04.023.
 36. Melby S.J., Gaynor S.L., Damiano R.J. et al. Efficacy and safety of right and left atrial ablations on the beating heart with irrigated bipolar radiofrequency energy: A long-term animal study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2006; 132: 853–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.05.048>.

37. Thomas S.P., Guy D.J. et al. Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 75: 543–8.
38. Bugge E. et al. Comparison of bipolar and unipolar radiofrequency ablation in an in vivo experimental model. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 28: 76–82. DOI: 10.1016/j.ejcts.2005.02.028.
39. El Arid J.M., Senage T. et al. Human comparative experimental study of surgical treatment of atrial fibrillation. *J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 8: 140. DOI: 10.1186/1749-8090-8-140.
40. Damiano R.J. Alternative energy sources for atrial ablation: judging the new technology. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 75: 329–30.
41. Abreu Filho C.A., Lisboa L.A.F. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2005; 20 (2): 167–73.
42. Melby S.J., Zierer A., Damiano R.J. et al. Epicardial microwave ablation on the beating heart for atrial fibrillation: The dependency of lesion depth on cardiac output. *J. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2006; 132 (2): 355–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.02.008>.
43. Fragakis N., Pantos I. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation. *Europace.* 2012; 14: 1545–52. DOI: 10.1093/europace/eus081.
44. Roten L., Derval N. et al. Current hot potatoes in atrial fibrillation ablation. *Curr. Cardiol. Rev.* 2012; (8): 327–46. DOI: 10.2174/157340312803760802.
45. Williams M.R., Casher J.M. et al. Laser energy source in surgical atrial fibrillation ablation: preclinical experience. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 2260–4. DOI: 10.1016/j.athorac-sur.2006.04.035.

Поступила 12.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г.