

© З. Б. МАХАЛДИАНИ, И. М. НЕФТЯЛИЕВ, 2011

УДК 616.125-008.318-089.87:615.849

ЭВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ. ЧАСТЬ 1. РАДИОЧАСТОТНАЯ, МИКРОВОЛНОВАЯ АБЛАЦИЯ И КРИОАБЛАЦИЯ

*З. Б. Махалдиани, И. М. Нефтялиев**

Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (директор – академик РАМН Л. А. Бокерия)
РАМН, Москва

Фибрилляция предсердий (ФП) является независимым предиктором заболеваемости и смертности терапевтических и хирургических больных. По результатам Фрамингемского исследования, выявление ФП связано с общим риском для жизни у одного из четырех взрослых пациентов в возрасте от 40 до 95 лет или у одного из шести лиц, не имевших в анамнезе инфаркт миокарда и сердечную недостаточность. Возникновение ФП в раннем послеоперационном периоде может выявляться в 30% случаев после аортокоронарного шунтирования и значительно чаще после вмешательств на клапанах сердца. Что еще более важно, обнаружение в послеоперационном периоде ФП увеличивает в три раза риск смертельного исхода в результате сердечной недостаточности и в четыре раза – риск возникновения инсульта и эмболий в другие сосудистые бассейны.

В 1985 г. G. M. Guiraudon для лечения ФП применил оригинальную операцию «коридор», но по ряду причин данная процедура вскоре была заменена операцией «лабиринт», которую в 1991 г. предложили J. L. Cox и соавт. [6].

Операция «лабиринт» заключалась в создании нескольких повреждений по типу «разрез и шов», обеспечивающих однонаправленное проведение электрических импульсов от синоатриального (СА) узла через предсердия к атриовентрикулярному (АВ) узлу, исключая возможность возникновения кругов макрориентри, что позволяло избежать развития и распространения ФП. Являясь эффективным методом устранения ФП, первая модификация операции «лабиринт», однако, обладала недостатками, такими

как хронотропная некомпетентность СА-узла, вплоть до полного прекращения его работы в результате повреждения артерии узла. Также наблюдалась дисфункция левого предсердия (ЛП), что приводило к нарушению его нагнетательной функции. В связи с этим появилась вторая модификация операции «лабиринт», которая, в свою очередь, была чрезвычайно сложно технически выполнимой процедурой.

Кульминацией развития операционной техники по типу «разрез и шов» стала операция «лабиринт III», которая характеризовалась высокой вероятностью восстановления синусового ритма непосредственно после операции и не имела отрицательного воздействия на синусный узел в долгосрочном периоде, что способствовало уменьшению количества имплантаций электрокардиостимуляторов (ЭКС) в послеоперационном периоде. Кроме того, долгосрочное улучшение транспортной функции предсердий, низкая вероятность рецидива аритмии, низкая частота тромбоэмболических осложнений позволили данной операции стать реальной альтернативой терапевтическому лечению различных форм ФП. Тем не менее применение операции «лабиринт III» ввиду технической сложности было ограничено – ее выполняли в нескольких медицинских центрах. Кроме этого, использование в качестве хирургического доступа срединной стернотомии и искусственного кровообращения также способствовало поиску новых, менее инвазивных методик.

Разработка новых устройств для хирургической абляции в соответствующих зонах предсердий, а также изменение схем нанесения

* Адрес для переписки: e-mail: memro8484@mail.ru

изоляционных повреждений позволяют в некоторых случаях осуществить операцию на работающем сердце минимально инвазивными торакоскопическими способами. Важно отметить, что, к сожалению, в настоящее время эти методы не могут достичь уровня долгосрочной свободы от ФП, сопоставимого с таковым после проведения классической операции «лабиринт III» [23].

В данном обзоре представлена эволюция хирургических методов лечения ФП от операций по типу «разрез и шов» до применения разнообразных источников энергии. Кроме того, в статье обсуждаются наиболее распространенные методы лечения ФП, описанные в мировой литературе, которые используются как в качестве изолированных операций, так и сочетания с другими операциями на сердце.

Операция «коридор»

В 1985 г. G. M. Guiraudon предложил операцию «коридор», которая заключалась в изоляции предсердий от вновь образованного единственного пути проведения импульса от СА-узла до АВ-узла, тем самым способствуя восстановлению регулярного ритма желудочков [11]. После операций «коридор» достигался хороший уровень свободы от ФП, несмотря на то, что нескольким пациентам пришлось имплантировать ЭКС по поводу полной АВ-блокады. Оставшаяся же часть предсердий продолжала фибриллировать, и ни о каком восстановлении транспортной функции предсердий не могло быть и речи. Риск тромбоэмболических осложнений у пациентов после выполнения данной операции также оставался на прежнем, крайне высоком уровне, в связи с этим на смену операции «коридор» пришла операция «лабиринт».

Операция «лабиринт» по типу «разрез и шов»

Данную операцию предложили J. L. Cox и соавт., которые впервые описали оригинальную процедуру «лабиринт» в 1991 г. [6]. Авторами за период с сентября 1987 г. по 1994 г. по данной методике были прооперированы в общей сложности 123 пациента. Первые 32 пациента были оперированы по методике «лабиринт I», после чего были выявлены некоторые специфические осложнения. Первое из них заключалось в отсутствии синусовой тахикардии в ответ на физическую нагрузку. Это осложнение было признано следствием проведения хирургического раз-

реза излишне кпереди к месту впадения верхней полой вены (ВПВ) в правое предсердие (ПП).

В модификации «лабиринт II» этого разреза уже не было, однако некоторые другие изменения, необходимые для достижения эффективности, привели к еще более значимым техническим трудностям. Так, была затруднительна экспозиция ЛП, которая требовала отсечения ВПВ. Кроме этого, было необходимо использование ауто- или ксеноперикарда для предотвращения стеноза ВПВ. Вместе с тем дисфункция ЛП при второй модификации была аналогична таковой при первой модификации операции «лабиринт». В результате обеих модификаций заметно снижалась межпредсердная проводимость по пучку Бахмана, что, в свою очередь, вызывало синхронное сокращение ЛП и левого желудочка (ЛЖ), тем самым устраняя вклад сокращения ЛП в ударный объем ЛЖ.

Дальнейшее усовершенствование схемы линий разрезов завершилось формированием новой модификации операции – «лабиринт III», при выполнении которой отпала необходимость в пластике ВПВ перикардом. Операция «лабиринт III» по типу «разрез и шов» приводит к хорошим долгосрочным результатам. В первоначальном исследовании, которое выполнили J. L. Cox и соавт., оставались свободными от ФП 93% пациентов в течение 8,5 лет послеоперационного наблюдения, а все рецидивы ФП были успешно купированы приемом одного антиаритмического препарата (ААП) [5]. Аналогичные обнадеживающие результаты были получены другими группами авторов (табл. 1).

Несмотря на доказанную эффективность в купировании ФП, некоторые аспекты проведения операции «лабиринт III» ограничили ее проведение несколькими специализированными центрами. В первую очередь это связано с техническими трудностями выполнения операции и необходимостью применения искусственного кровообращения. Есть мнение, что осуществление срединной стернотомии является излишне агрессивным вмешательством для изолированного лечения ФП. Данные обстоятельства ограничивают использование данной методики у пациентов с сопутствующей ишемической болезнью сердца или клапанной патологией. Кроме того, вызывают беспокойство выявляемые нарушения сократимости предсердий в раннем и позднем послеоперационном периоде, даже при применении техники операции «лабиринт III».

Таблица 1

Результаты операции «лабиринт» по типу «разрез и шов»

Авторы, год	Тип процедуры	Число операций, n	Период наблюдения, лет	Свобода от ФП, %
J. L. Cox и соавт., 1996 [5]	Изолированная	178	8,5	93,0
S. Lonnetholm и соавт., 2008 [16]	Изолированная	52	4,7±1,0	86,5
S. M. Prasad и соавт., 2003 [19]	Изолированная Сочетанная	98 86	5,4±3,0 5,4±2,7	79,6 (95,9 с ААП) 73,4 (97,5 с ААП)
N. Ad и соавт., 2009 [1]	Изолированная Сочетанная	33 76	9,8±3,0 9,8±3,0	91,0 84,0
J. M. Stulak и соавт., 2007 [23]	Сочетанная	56	0,7 (2,75–7,0)*	92,0
S. L. Gaupog и соавт., 2005 [10]	Сочетанная	253**	6,1 (0,5–15,5)*	92,2

*Используется медиана, **выполнены операции: «лабиринт I» – 33, «лабиринт II» – 16, «лабиринт III» – 197, «лабиринт IV» – 30.

Таблица 2

Результаты абляции с использованием альтернативных источников энергии

Показатель	Радиочастотная абляция	Криоабляция	Микроволновая абляция	Ультразвуковая абляция	Лазерная абляция
Достижение трансмуральности	Варибельно, доказано при биполярной	Хорошее	Варибельно	Отличное	Отличное
Эндокардиальное повреждение	+	+	+	–	+
Эпикардиальное повреждение	+	+	+	+	+
Специфические возможности	Быстрое и эффективное повреждение	Сохраняет клеточную архитектуру, возможность нанесения линий к ТК и МК, хорошее разграничение поврежденной ткани, низкий риск кровотечения и перфорации	Низкий риск ТЭ, повреждений окружающих тканей и органов, перфораций и кровотечений	Быстрое эпикардиальное повреждение с его визуальным подтверждением	Быстрое, полное и универсальное повреждение
Возможные осложнения	Внутриполостной тромбоз, повреждение КА и диафрагмального нерва, структура ЛВ	Возможное повреждение коронарных артерий	Менее вероятное повреждение коронарных артерий	Риск коллатерального повреждения и перфорации	Риск перфорации и формирования лазерного «кратера»
Использование в клинике	+	+	+	–	–
Точность	Умеренная	Умеренная	Хорошая	Плохая	Плохая

Тем не менее до настоящего времени не в полной мере изучены сокращения предсердий в отдаленном послеоперационном периоде, а также снижение риска возникновения потенциальных тромбоэмболических осложнений. В связи с этим данные вопросы остаются в центре внимания дальнейших исследований.

Операция «лабиринт IV» с помощью хирургической абляции

Применение новых альтернативных источников энергии (табл. 2) для получения трансмурального повреждения предсердий, а следовательно, для достижения биоэлектрической изоляции предсердий, привело к созданию еще одной модификации – операции «лабиринт IV», которую описали R. J. Damiano и S. L. Gaynor в 2004 г. [7].

Использование источников альтернативной энергии дало преимущество в сокращении уровня послеоперационной летальности без снижения эффективности операции и уменьшения числа изоляционных линий, соответствующих классической операции «лабиринт III». В то время как левая и правая атриотомия при операции «лабиринт IV» совершаются хирургическим путем, остальные разрезы в предсердиях, соответствующие схеме операции «лабиринт III», воспроизводятся методом абляции при помощи различных альтернативных источников энергии. Кривоабляция около кольца митрального клапана завершает классическую картину повреждений (рис. 1, 2).

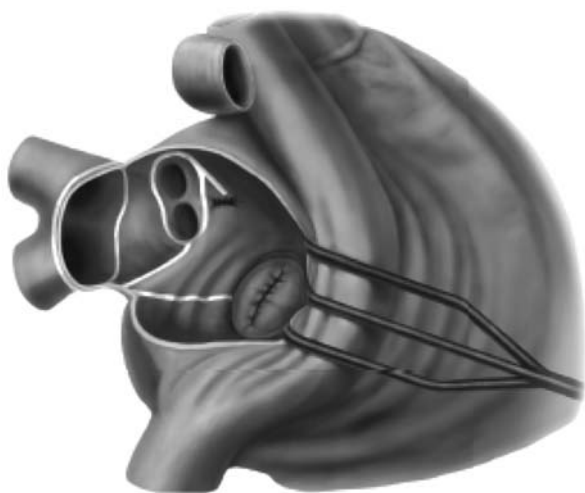


Рис. 1. Левосторонняя атриотомия и схема нанесения дополнительных линий абляции к митральному клапану

S. L. Gaynor и соавт. в своем первом исследовании сообщили о 93,1% уровне свободы от ФП в течение 6 мес после хирургической абляции, но признали, что на момент публикации было недостаточное количество наблюдений и время послеоперационного наблюдения было недостаточно большим, чтобы сравнивать результаты своего исследования с результатами операции «лабиринт III» [10]. С этого времени исследователи использовали различные альтернативные источники энергии, а также различные схемы нанесения линий абляции при выполнении операции «лабиринт IV» (табл. 3).

Радиочастотная абляция (РЧА)

Для выполнения менее инвазивной процедуры хирургической абляции, способной воспроизводить результаты, сравнимые с результатами операции «лабиринт III» по типу «разрез и шов», стала использоваться радиочастотная энергия. Метод, основанный на РЧА, дает возможность не только производить непрерывные линии трансмурального поражения, но и уменьшать длительность операции, а также упрощать техническое выполнение процедуры [4]. Необходимо с осторожностью применять РЧА, избегая прямого контакта с легочными венами (ЛВ) в целях предотвращения стеноза последних.

При проведении биполярной РЧА следует учитывать риски внутрисердечного тромбообразования, формирования предсердно-пищеводной фистулы, повреждения окружающих структур, например диафрагмального нерва [4].

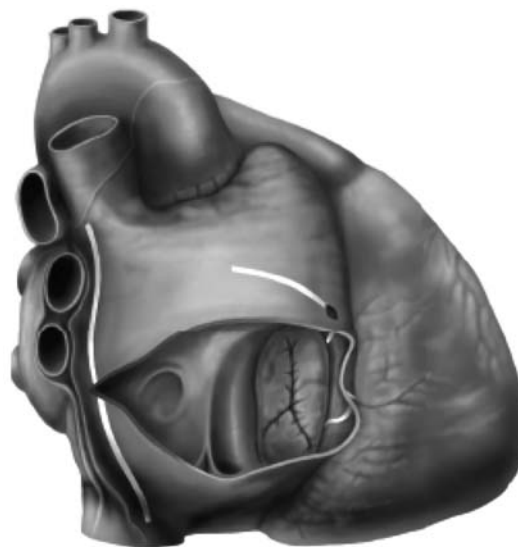


Рис. 2. Правосторонняя атриотомия и схема нанесения дополнительных линий абляции к трикуспидальному клапану

Таблица 3

Результаты операции «лабиринт IV», выполненной с помощью радиочастотной абляции

Авторы, год	Число операций, <i>n</i>	Набор повреждений	Тип операции	Срок наблюдения, мес	Свобода от ФП, %	Летальность на конец наблюдения, %
V. Srivastava и соавт., 2008 [22]	40	ЛП+ПП	Сочетанная	40	62,5	10
	40	ЛП	Сочетанная	40	57,5	7,5
	40	Катетер эндоваскул.	Сочетанная	40	67,5	10
	40	Без операции	Сочетанная	40	20	5
J. Wang и соавт., 2009 [26]	299	Всего	Сочетанная	28±5	85	2,3
	149	ЛП+кавотрикуспид.	То же	То же	85,2	1,3
	150	ЛП+ПП	»	»	84,1	4,7
B. Chiappini и соавт., 2004 [3]	40	Как «лабиринт III»	Сочетанная	16,5±2,5	88,5	7,5
W. P. Beukema и соавт., 2008 [2]	285	ЛП+ПП	Сочетанная	43,6±25,4	57,1	27,4
V. K. Topkara и соавт., 2006 [24]	168	Эндо – 82,9% Эпи – 17,1%	Изолированная + + сочетанная	24	75,3	–

Наряду с уменьшением технических трудностей применение РЧА внесло изменения в схемы линий повреждений, что создает затруднения в оценке результатов лечения по отношению к операции «лабиринт III» (см. табл. 2).

J. Raman и соавт. в многоцентровом исследовании, в которое были включены пациенты после хирургической РЧА, воспроизводящей операцию «лабиринт III», достигли отличных результатов. Так, через 3 мес 84% пациентов были свободны от ФП, через 6 мес – 90% и через 12 и 18 мес – 100%. Особенностью исследования является факт, что только 15 из 110 пациентов достигли 12-месячного периода наблюдения, а все пациенты в послеоперационном периоде получали амиодарон в дозировке 200 мг в течение 6 мес при отсутствии противопоказаний и индивидуальной непереносимости [21].

Катетерная эндокардиальная РЧА в условиях рентгенооперационной давала хорошие результаты в лечении пароксизмальной формы ФП, однако результаты лечения длительно существующей персистирующей формы ФП были субоптимальными, со значительно более высоким числом рецидивов. Другие, менее крупные исследования свидетельствуют о более высоком уровне свободы от ФП после катетерной РЧА: 87% через 6 мес и 71% через 3,3 года наблюдения в послеоперационном периоде [18].

Сочетанное проведение радиочастотной изоляции легочных вен (ЛВ) с резекцией ушка ЛП, рассечением связки Маршалла и РЧА ганглиозных сплетений сердца давало более удовлетво-

рительные результаты. Так, свобода от ФП регистрировалась в диапазоне 87–87,5% в течение 6 мес наблюдения и была равна 65% через год послеоперационного наблюдения [12].

Все методики проведения РЧА имеют большие различия, а учет результатов производится с использованием различных критериев, поэтому ко многим сообщениям приходится относиться с осторожностью. По рекомендации Heart Rhythm Society (HRS), для мониторинга послеоперационного периода и выявления рецидива ФП можно использовать анкетирование по телефону и проведение стандартной ЭКГ. Наличие после проведения абляции участка ткани с нетрансмуральным повреждением может также объяснить снижение эффективности РЧА по сравнению с методикой «разрез и шов».

Такие инновации, как охлаждение наконечника электрода, а также использование биполярных электродов, позволили повысить эффективность хирургической РЧА, однако подтверждение трансмуральности по-прежнему остается проблемой. Важную роль играет ряд факторов, связанных с видом электрода (длительность активации, контакт с тканями), характером ткани миокарда (конвекция и проводимость), факторами окружающей среды (конвективное охлаждение потоком крови) [4].

В связи со сложностью учета всех факторов, влияющих на эффективность воздействия каждого электрода, важна необходимость обратной связи между электродом и РЧ-генератором для подтверждения трансмуральности повреждения.

Некоторые аблационные устройства используют измерение импеданса (сопротивления), а также изучают проведение электрического импульса из центра зоны аблации через поврежденный миокард в качестве теста, подтверждающего трансмуральность линии аблации [12]. Однако при этом другие системы аблации не обладают какой-либо формой обратной связи между аблационным электродом и генератором энергии [18].

Необходимо помнить, что существует вероятность возникновения рецидива ФП вследствие реиннервации миокарда при наличии трансмурального поражения в раннем послеоперационном периоде. В 2006 г. S. Kangavari и соавт. подчеркнули увеличение содержания фактора роста нервов после РЧА [13], что потенциально может привести к прорастанию проводящего миокарда через линии аблации и вследствие этого – к рецидиву ФП. Проводимое в настоящее время дальнейшее изучение этого феномена призвано определить, приводит ли это явление к клинически значимому эффекту возврата ФП.

Криоаблация

Системы криоаблации используют доставку гелия или аргона под высоким давлением для осуществления охлаждения тканей до температуры -95°C . Вначале это приводит к разрушению клеток миокарда, за которым следует воспаление и фиброз. Таким образом, осуществляется нанесение однократного повреждения с полным разрушением клеток однородного характера на всю толщину стенки предсердий, без повреждения стромальных соединительнотканых элементов [4].

Положительные результаты хирургической криоаблации при лечении ФП варьируют от 60% случаев свободы от ФП через 3,6 года послеоперационного наблюдения [9] до 82,3% случаев наличия синусового ритма и отсутствия ФП через 3,8 года наблюдения в послеоперационном периоде [14].

T. Funatsu и соавт., используя более обширное нанесение криоповреждений, опубликовали обнадеживающие результаты операций. Авторы получили 84,1 и 80,2% случаев свободы от ФП через 3 и 5 лет наблюдения соответственно [8]. Эти результаты могут быть сопоставимы с результатами использования РЧА, однако в настоящее время необходимы более крупные исследования по проведению криоаблации [17].

Существует несколько преимуществ криоаблации по сравнению с другими альтернативными источниками энергии. Первым из них является визуальное подтверждение трансмуральности повреждения, выявляемое оледенением (глазурная окраска) вдоль линии аблации. Вторых, за счет поддержания целостности и сохранения кровоснабжения коллагеновых соединительнотканых волокон наблюдается меньшее повреждение окружающих тканей [4]. Криоаблация также вызывает значительно меньшее повреждение эндокарда, что позволяет сохранить внутрисосудистый слой эндотелиальных клеток и уменьшает риск тромбообразования. Кроме этого, криоаблация позволяет провести линию повреждения от ЛВ непосредственно до кольца митрального клапана, что не может быть легко осуществимо с помощью электродов радиочастотной или микроволновой аблации.

Микроволновая аблация

Микроволновая аблация (МВА) обеспечивает получение хорошо ограниченных зон термического трансмурального повреждения миокарда предсердий при эпикардальном воздействии, что позволяет использовать МВА при минимально инвазивных методиках. Однако результаты операций с использованием МВА менее обнадеживающие (см. табл. 2). Является это следствием недоработки самой технологии либо качества наносимых повреждений, не выяснено. Текущие данные отражают использование левопредсердной и биатриальной методик в сочетании с различными формами аблации и при различных видах ФП.

В 2008 г. С. Vicoli и соавт. опубликовали результаты операций, проведенных у 41 пациента. В исследовании выполнялась МВА эндокардиально в ЛП у пациентов с длительно существующей персистирующей вторичной ФП (более 1 года) в качестве сопутствующей операции на сердце. Операции проводились из срединной стернотомии. Через 1 год после операции свобода от ФП составляла 80%, а через 5,37 года – только 39% [25].

Проведение МВА с помощью торакоскопических методик также показало более высокое количество рецидивов ФП. Так, J. C. Pruitt и соавт. и J. Koistinen и соавт. объединили в своих работах результаты оперативного лечения пароксизмальной, персистирующей и перманентной форм ФП с использованием МВА [15, 20]. J. C. Pruitt и соавт. сообщили о восстановлении

и сохранении синусового ритма в 42% случаев через 23,1 мес (в среднем) наблюдения [20], тогда как J. Koistinen и соавт. сообщили о 59% свободы от ФП в течение 1 года послеоперационно наблюдения [15].

Различия в полученных результатах объясняются отличиями в методах лечения и критериях, используемых при отборе пациентов. J. C. Pruitt и соавт. проводили только микроволновую изоляцию ЛВ. При этом резекция ушка ЛП осуществлялась только тогда, когда последнее было увеличено в размерах, что подтверждалось интраоперационно [20]. J. Koistinen и соавт. осуществляли микроволновую изоляцию ЛВ в сочетании с резекцией ушка ЛП в 85% случаев, кроме этого дополнительно делали повреждения в межкавальном промежутке в 25% случаев [15].

Несмотря на разный объем выполняемых операций, опубликованные результаты отражают группу в целом, и поэтому невозможно определить причину столь высоких уровней рецидивов ФП. Возможно, что часть из общего числа рецидивов может быть следствием недостатков самой технологии. Уменьшение температурного воздействия, которое является вторичным и возникает в результате плохого контакта с «мерцающей» тканью предсердий, а также отсутствие обратной связи, возможно, не приводит к трансмуральному повреждению миокарда и не разрушает круги риентри. Кроме того, полученные результаты могут отражать недостатки дизайна исследований.

Структурное моделирование распространения волн риентри длительно существующих форм ФП показывает неэффективность только лишь изоляции ЛВ и доказывает необходимость нанесения в предсердиях дополнительных линий повреждений, соответствующих операции «лабиринт III». Ограничение нанесений изоляционных линий только в ЛП не исключает возможности возникновения кругов макрориентри, задействующих ткань ПП, и потенциально может стать причиной рецидива ФП. Полученные данные следует интерпретировать с осторожностью, применяя одинаковый подход к дизайну исследований до формирования окончательных выводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ad, N. The Cox-Maze III procedure success rate: comparison by electrocardiogram, 24-hour holter monitoring and long-term monitoring / N. Ad, L. Henry, S. Hunt et al. // Ann. Thorac. Surg. – 2009. – Vol. 88, № 1. – P. 101–105.
2. Beukema, W. P. Predictive factors of sustained sinus rhythm and recurrent atrial fibrillation after a radiofrequency modified Maze procedure / W. P. Beukema, H. T. Sie, A. R. Misier et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. – 2008. – Vol. 34, № 4. – P. 771–775.
3. Chiappini, B. Cox/Maze III operation versus radiofrequency ablation for the surgical treatment of atrial fibrillation: a comparative study / B. Chiappini, S. Martin-Suarez, A. LoForte et al. // Ann. Thorac. Surg. – 2004. – Vol. 77, № 1. – P. 87–92.
4. Comas, G. M. An overview of energy sources in clinical use for the ablation of atrial fibrillation / G. M. Comas, Y. Imren, M. R. Williams // Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2007. – Vol. 19, № 1. – P. 16–24.
5. Cox, J. L. An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation / J. L. Cox, R. B. Schuessler, D. G. Lappas, J. P. Boineau // Ann. Surg. – 1996. – Vol. 224, № 3. – P. 267–273.
6. Cox, J. L. The surgical treatment of atrial fibrillation. Development of a definitive surgical procedure / J. L. Cox, R. B. Schuessler, H. J. D'Agostino, Jr., et al. // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 1991. – Vol. 101, № 4. – P. 569–583.
7. Damiano, R. J. Atrial fibrillation ablation during mitral valve surgery using the Atricure™ device / R. J. Damiano, S. L. Gaynor // Operat. Techn. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2004. – Vol. 9. – P. 24–33.
8. Funatsu, T. Long-term results and reliability of cryothermic ablation based maze procedure for atrial fibrillation concomitant with mitral valve surgery / T. Funatsu, J. Kobayashi, H. Nakajima et al. // Eur. J. Cardiothorac. Surg. – 2009. – Vol. 36, № 2. – P. 267–271.
9. Gammie, J. S. Intermediate-term outcomes of surgical atrial fibrillation correction with the CryoMaze procedure / J. S. Gammie, P. Didolkar, L. S. Krowsoski et al. // Ann. Thorac. Surg. – 2009. – Vol. 87, № 5. – P. 1452–1458.
10. Gaynor, S. L. Surgical treatment of atrial fibrillation: predictors of late recurrence / S. L. Gaynor, R. B. Schuessler, M. S. Bailey et al. // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2005. – Vol. 129, № 1. – P. 104–111.
11. Guiraudon, G. M. Combined sinoatrial node atrioventricular isolation: a surgical alternative to His-bundle ablation in patients with atrial-fibrillation / G. M. Guiraudon, C. S. Campbell, D. L. Jones et al. // Circulation. – 1985. – Vol. 72. – P. 220.
12. Han, F. T. Results of a minimally invasive surgical pulmonary vein isolation and ganglionic plexi ablation for atrial fibrillation: single-center experience with 12-month follow-up / F. T. Han, V. Kasirajan, M. Kowalski et al. // Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology. – 2009. – Vol. 2, № 4. – P. 370–377.
13. Kangavari, S. Radiofrequency catheter ablation and nerve growth factor concentration in humans / S. Kangavari, Y. S. Oh, S. Zhou et al. // Heart Rhythm. – 2006. – Vol. 3, № 10. – P. 1150–1155.
14. Kim, J. B. Alternative energy sources for surgical treatment of atrial fibrillation in patients undergoing mitral valve surgery: microwave ablation vs cryoablation / J. B. Kim, W. C. Cho, S. H. Jung et al. // J. Korean Med. Science. – 2010. – Vol. 25, № 10. – P. 1467–1472.
15. Koistinen, J. Thoracoscopic microwave ablation of atrial fibrillation / J. Koistinen, M. Valtonen, J. Savola, J. Airaksinen // Inter. Cardiovasc. Thorac. Surg. – 2007. – Vol. 6, № 6. – P. 695–698.
16. Lonnerholm, S. Long-term effects of the Maze procedure on atrial size and mechanical function / S. Lonnerholm, P. Blomstrom, L. Nilsson, C. Blomstrom-Lundqvist // Ann. Thorac. Surg. – 2008. – Vol. 85, № 3. – P. 916–920.
17. Luik, A. Rationale and design of the Freeze AF trial: a randomized controlled noninferiority trial comparing isolation

- of the pulmonary veins with the cryoballoon catheter *versus* open irrigated radiofrequency ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation / A. Luik, M. Merkel, D. Hoeren et al. // *Am. Heart J.* – 2010. – Vol. 159, № 4. – P. 555–560.
18. *Maltais, S.* Long-term results following concomitant radiofrequency modified Maze ablation for atrial fibrillation / S. Maltais, J. Forcillo, D. Bouchard et al. // *J. Cardiac Surg.* – 2010. – Vol. 25, № 5. – P. 608–613.
19. *Prasad, S. M.* The Cox maze III procedure for atrial fibrillation: long-term efficacy in patients undergoing lone *versus* concomitant procedures / S. M. Prasad, H. S. Maniar, C. J. Camillo et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2003. – Vol. 126, № 6. – P. 1822–1828.
20. *Pruitt, J. C.* Minimally invasive surgical ablation of atrial fibrillation: the thoracoscopic box lesion approach / J. C. Pruitt, R. R. Lazzara, G. Ebra // *J. Intervent. Cardiac Electrophys.* – 2007. – Vol. 20, № 3. – P. 83–87.
21. *Raman, J.* Surgical radiofrequency ablation of both atria for atrial fibrillation: results of a multicenter trial / J. Raman, S. Ishikawa, M. M. Storer, J. M. Power // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2003. – Vol. 126, № 5. – P. 1357–1366.
22. *Srivastava, V.* Efficacy of three different ablative procedures to treat atrial fibrillation in patients with valvular heart disease: a randomised trial / V. Srivastava, S. Kumar, S. Javali et al. // *Heart Lung Circ.* – 2008. – Vol. 17, № 3. – P. 232–240.
23. *Stulak, J. M.* Superiority of cut-and-sew technique for the Cox maze procedure: comparison with radiofrequency ablation / J. M. Stulak, J. A. Dearani, T. M. Sundt et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2007. – Vol. 133, № 4. – P. 1022–1027.
24. *Topkara, V. K.* Surgical ablation of atrial fibrillation: the Columbia Presbyterian experience / V. K. Topkara, M. R. Williams, F. H. Cheema et al. // *J. Cardiac Surg.* – 2006. – Vol. 21, № 5. – P. 441–448.
25. *Vicol, C.* Long-term results after ablation for long-standing atrial fibrillation concomitant to surgery for organic heart disease: is microwave energy reliable? / C. Vicol, D. Kellerer, P. Petrakopoulou et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2008. – Vol. 136, № 5. – P. 1156–1159.
26. *Wang, J.* Prospective randomized comparison of left atrial and biatrial radiofrequency ablation in the treatment of atrial fibrillation / J. Wang, X. Meng, H. Li et al. // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2009. – Vol. 35, № 1. – P. 116–122.