

Анналы Аритмологии

2014 • Т. 11 • № 2

Annaly Aritmologii

2014 • Vol. 11 • No. 2



Основан в 2004 г.
Established in 2004

Рецензируемый научно-практический журнал
Peer-reviewed scientific journal

Выходит один раз в три месяца
Publication frequency: quarterly

Журнал входит в перечень периодических рецензируемых научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук

Журнал индексируется в следующих базах данных:
Российский индекс научного цитирования,
Ulrich's International Periodical Directory,
Directory of Open Access Journals,
CiteFactor Academic Scientific Journals

Journal is indexed in the following databases:
Russian Science Citation Index,
Ulrich's International Periodical Directory,
Directory of Open Access Journals,
CiteFactor Academic Scientific Journals



НЦССХ им. А.Н. Бакулева
Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery

Учредитель и издатель
НЦССХ им. А.Н. Бакулева

www.bakulev.ru

Лицензия на издательскую деятельность
ИД № 03847 от 25.01.2001 г.

Анналы аритмологии

www.arrhythmology.pro

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации
ПИ № 77-1807 от 28.02.2000 г.

Ответственный секретарь
Шварц В.А.

Телефон: (495) 414-78-94
E-mail: arrhythmology.post@mail.ru

Адрес редакции:
119049, Москва, Ленинский пр., 8
НЦССХ им. А.Н. Бакулева
Отдел интеллектуальной
собственности

Телефон редакции
(499) 236-92-87

Факс (499) 236-99-76
E-mail: izdinsob@yandex.ru

Зав. редакцией Юшкевич Т.И.
Тел. (499) 237-88-61

Лит. редактор и корректор
Кириленко А.М.

**Техн. редактор электронной
версии журнала**
Шварц В.А.

**Компьютерная верстка
и обработка графического
материала**
Матвеева Е.Н., Тарасова М.А.

Номер подписан в печать 30.10.2014

Отпечатано в НЦССХ
им. А.Н. Бакулева
119049, Москва,
Ленинский просп., 8
Тел. (499) 236-92-87

Формат 60×88 1/8
Печ. л. 9,5
Усл. печ. л. 9,3
Уч.-изд. л. 8,65
Печать офсетная
Тираж 500 экз.

Анналы аритмологии
2014. Т. 11. № 2. 61–136

ISSN 1814-6791 (Print)
ISSN 2307-6313 (Online)

Подписной индекс 84535

Главный редактор
Бокерия Л.А., академик РАН
и РАМН (Россия, Москва)

Зам. главного редактора
Бокерия О.Л., д. м. н., профессор
(Россия, Москва)

Ответственный секретарь
Шварц В.А. (Россия, Москва)

Редакционный совет
Абдраманов К.А., д. м. н., профессор
(Киргизия, Бишкек)
Белов Ю.В., академик РАН
(Россия, Москва)
Гудашева Т.А., чл.-корр. РАН
(Россия, Москва)
Какс Д.Л. (США, Кентукки, Ла-Гранж)
Карпов Р.С., академик РАН (Россия, Томск)
Киселев В.И., чл.-корр. РАН
(Россия, Москва)
Кнышев Г.В., академик НАН и НАМН
Украины, академик РАН (Украина, Киев)
Попов С.В., чл.-корр. РАН (Россия, Томск)
Ревивили А.Ш., академик РАН
(Россия, Москва)
Суслина З.А., академик РАН
(Россия, Москва)
Тутельян В.А., академик РАН
(Россия, Москва)
Ющук Н.Д., академик РАН
(Россия, Москва)

Редакционная коллегия
Базаев В.А., д. м. н. (Россия, Саранск)
Безручко Б.П., д. ф.-м. н., профессор (Россия,
Саратов)
Берсенева М.И., к. м. н. (Россия, Москва)
Джорджика Р.К., д. м. н., профессор (Россия,
Казань)
Камбаров С.Ю., д. м. н. (Россия, Москва)
Киселев А.Р., д. м. н. (Россия, Саратов)
Кислицина О.Н., к. м. н. (Россия, Москва)
Ковалев С.А., д. м. н., профессор (Россия,
Воронеж)
Ле Т.Г. (Россия, Москва)
Левант А.Д., д. м. н. (Россия, Москва)
Лебедев Д.С., д. м. н. (Россия, Санкт-
Петербург)
Меликулов А.Х., д. м. н. (Россия, Москва)
Неминуший Н.М., д. м. н. (Россия, Москва)
Полякова И.П., д. б. н. (Россия, Москва)
Прохоров М.Д., д. ф.-м. н. (Россия, Саратов)
Сабиров Б.Н., д. м. н. (Россия, Москва)
Сергеев А.В., к. м. н. (Россия, Москва)
Сергуладзе С.Ю., к. м. н. (Россия, Москва)
Синёв А.Ф., д. м. н. (Россия, Москва)
Суханов С.Г., д. м. н., профессор (Россия,
Пермь)
Филатов А.Г., к. м. н. (Россия, Москва)
Чернявский А.М., д. м. н., профессор (Россия,
Новосибирск)
Чигогидзе Н.А., к. м. н. (Россия, Москва)
Шварц В.А., к. м. н. (Россия, Москва)
Шварц Ю.Г., д. м. н., профессор (Россия,
Саратов)
Школьникова М.А., д. м. н., профессор
(Россия, Москва)

Editor-in-Chief
Bockeria L.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci.,
Professor, RAS & RAMS Academician
(Russia, Moscow)

Vice-Editor
Bockeria O.L., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Moscow)

Executive Secretary
Shvartz V.A. (Russia, Moscow)

Advisory Board
Abdramanov K.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci, Professor
(Kyrgyzstan, Bishkek)
Belov Yu.V., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Moscow)
Gudasheva T.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci.,
RAS Corresponding Member (Russia, Moscow)
Cox J.L., MD (USA, Duke University, Washington
University, Georgetown University)
Karpov R.S., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Tomsk)
Kiselev V.I., MD, PhD, Dr. Med. Sci., RAS
Corresponding Member (Russia, Moscow)
Knyshv G.V., MD, PhD, Dr. Med. Sci., NAS & NAMS
Academician, RAS Academician (Ukraine, Kiev)
Popov S.V., MD, PhD, Dr. Med. Sci., RAS
Corresponding Member (Russia, Tomsk)
Revishvili A.Sh., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Moscow)
Suslina Z.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Moscow)
Tutelyan V.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Moscow)
Yuschuk N.D., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor,
RAS Academician (Russia, Moscow)

Editorial Board
Bazaev V.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Saransk)
Bezruchko B.P., PhD, Dr. Phys.-math. Sci., Professor
(Russia, Saratov)
Berseneva M.I., MD, PhD (Russia, Moscow)
Djordjikia R.K., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Kazan)
Kambarov S.Yu., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Kiselev A.R., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Saratov)
Kislitsina O.N., MD, PhD (Russia, Moscow)
Kovalev S.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Voronezh)
Le T.G., MD (Russia, Moscow)
Levant A.D., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Lebedev D.S., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia,
St. Petersburg)
Melikulov A.Kh., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Neminuschiy N.M., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Polyakova I.P., PhD, Dr. Biol. Sci. (Russia, Moscow)
Prokhorov M.D., PhD, Dr. Phys.-math. Sci. (Russia, Saratov)
Sabirov B.N., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Sergeev A.V., MD, PhD (Russia, Moscow)
Serguladze S.Yu., MD, PhD (Russia, Moscow)
Sinev A.F., MD, PhD, Dr. Med. Sci. (Russia, Moscow)
Sukhanov S.G., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Perm)
Filatov A.G., MD, PhD (Russia, Moscow)
Chernyavskii A.M., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Novosibirsk)
Chigogidze N.A., MD, PhD (Russia, Moscow)
Shvartz V.A., MD, PhD (Russia, Moscow)
Shvartz Yu.G., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Saratov)
Shkol'nikova M.A., MD, PhD, Dr. Med. Sci., Professor
(Russia, Moscow)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*Хирургическая аритмология**Surgical arrhythmology*

- Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д.** Лечение фибрилляции предсердий. Часть I. Долгий путь к «золотому стандарту» 64
- Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д.** Лечение фибрилляции предсердий. Часть II. Современные реалии и завтрашние перспективы 76
- Бокерия Л.А., Сергеев А.В.** Предсердные аритмии после хирургического лечения фибрилляции предсердий 87

- Bockeria L.A., Shengelia L.D.** Treatment of atrial fibrillation. Part I. Long way to the «gold standard»
- Bockeria L.A., Shengelia L.D.** Treatment of atrial fibrillation. Part II. Current realities and future prospects
- Bockeria L.A., Sergeev A.V.** Atrial arrhythmias after surgical treatment of atrial fibrillation

*Неинвазивная аритмология**Non-invasive arrhythmology*

- Нейфельд И.В., Киселев А.Р., Караваев А.С., Прохоров М.Д., Бобылева И.В., Гриднев В.И., Киричук В.Ф., Рогожина И.Е.** Особенности показателей вегетативной регуляции кровообращения и вариабельности сердечного ритма у женщин в перименопаузе 98

- Neyfel'd I.V., Kiselev A.R., Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Bobyleva I.V., Gridnev V.I., Kirichuk V.F., Rogozhina I.E.** Peculiarities of indexes of autonomic regulation of blood circulation and heart rate variability in perimenopausal women

*Клиническая электрофизиология**Clinical electrophysiology*

- Илов Н.Н., Нечепуренко А.А., Абдулкадыров А.М., Паскеев Д.Р., Тарасов Д.Г.** Выбор вида абляции при проведении первичной процедуры радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка. Результаты одноцентрового проспективного рандомизированного исследования 108
- Бокерия Л.А., Филатов А.Г., Ковалев А.С.** Влияние исходных параметров электромеханического ремоделирования левого предсердия на эффективность радиочастотной абляции у пациентов с различными формами фибрилляции предсердий 118

- Ilov N.N., Nepochurenko A.A., Abdulkadyrov A.M., Paskeev D.R., Tarasov D.G.** Type of procedure selection in primary radiofrequency ablation of cava-tricuspid isthmus. The results of a single-center prospective randomized study
- Bockeria L.A., Filatov A.G., Kovalev A.S.** The impact of initial electromechanical remodeling of left atrium on the outcome of radiofrequency ablation in patients with different types of atrial fibrillation

*Эксперимент**Experiment*

- Боровкова Е.И., Караваев А.С., Киселев А.Р., Шварц В.А., Миронов С.А., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д.** Метод диагностики синхронизованности 0,1 Гц ритмов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы в реальном времени 129

- Borovkova E.I., Karavaev A.S., Kiselev A.R., Shvartz V.A., Mironov S.A., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D.** Method for diagnostics of synchronization of 0.1 Hz rhythms of cardiovascular system autonomic regulation in real time

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-

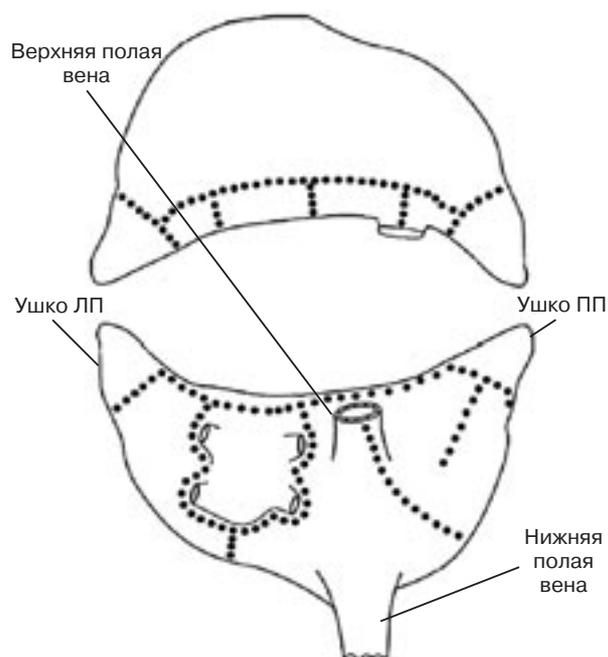


Рис. 1. Схема операции «лабиринт I» (пунктиром показаны проекции линий разрезов)

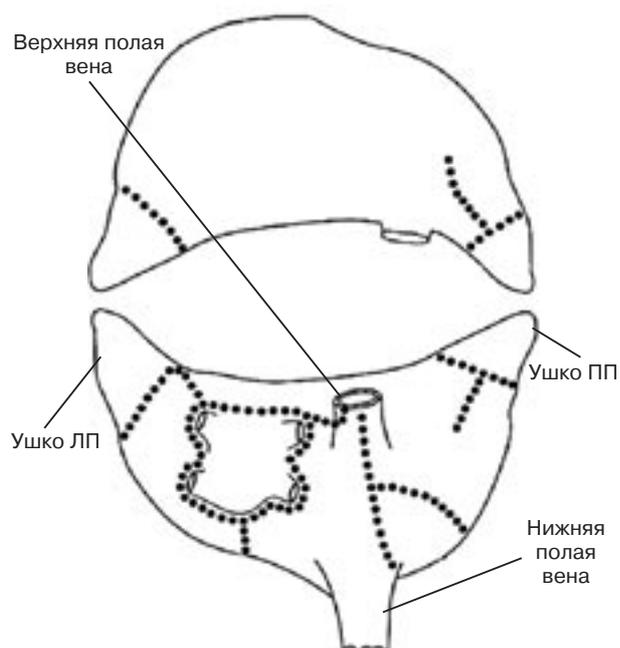


Рис. 2. Схема операции «лабиринт II» (пунктиром показаны проекции линий разрезов)

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 внутриведенного 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].

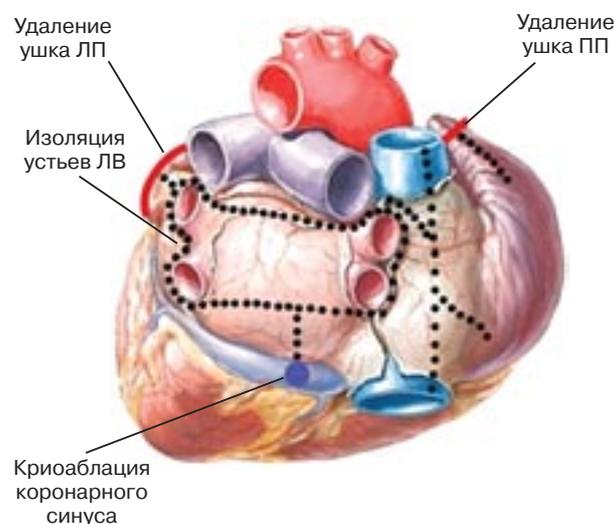


Рис. 3. Схема операции «лабиринт III» (пунктиром показаны проекции линии разрезов) [23]

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 архитектонику 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 эпикардиальное трансмуральное воздействие через эпикардиальную 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. Atricleure 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-surg.2006.04.035.

Поступила 12.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г.

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

УДК 616.12-008.313.2-08(091)

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.2

ЛЕЧЕНИЕ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ. ЧАСТЬ II. СЕГОДНЯШНИЕ РЕАЛИИ И ЗАВТРАШНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

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

Следующей модификацией операции с применением альтернативных источников энергии является операция «лабиринт IV». В настоящее время отмечаются тенденции к миниинвазивным, торакоскопическим и гибридным вмешательствам. Множество исследований посвящено эффективности тех или иных методов операции. В комплексном изучении результатов операции немаловажным является анализ факторов риска рецидива ФП с целью его предотвращения. Только глубокие знания и уверенность в применяемых на практике методах лечения позволят выработать стратегически правильный подход в лечении ФП и повысить эффективность полученных результатов.

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

TREATMENT OF ATRIAL FIBRILLATION. PART II. CURRENT REALITIES AND FUTURE PROSPECTS

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

Next modification of «maze» operation that used alternative energy sources was «maze IV» operation. Today there is a tendency to mini-invasive, thoracoscopic and hybrid operations. Many investigations are dedicated to the efficiency of this variety of methods for AF treatment. In complex assessment of the results of the operation very important is to analyze risk factors of AF recurrence to prevent it. Only deep knowledge and reliance in methods used in practice will help us to develop right strategies of treatment and improve the efficiency of postoperative results.

Key words: atrial fibrillation (treatment); «maze» procedure; alternative energy sources.

«Мини-лабиринт»

Для упрощения операции «лабиринт» J.L. Cox предложил модифицировать вмешательство, оставив три самые необходимые линии разрезов. К ним относятся: разрез вокруг легочных вен (ЛВ), разрезы перешейка левого предсердия (ЛП) и коронарного синуса, разрез перешейка правого предсердия (ПП). Результаты разработанной модификации были сопоставимы с результатами классической операции «лабиринт III». Согласно J.L. Cox, разрез перешейка ЛП является определяющим для успешной операции. Этот разрез вместе с линией у коронарного синуса были названы «ахиллесовой пятой операции», так как каждый срыв ритма в наблюдениях J.L. Cox был связан с наличием проведения через перешеек или коронарный синус [1].

Миниинвазивная операция «лабиринт»

Впервые данная операция была выполнена J.L. Cox 1 марта 1996 г. Операция позволяет значительно снизить время пребывания пациента в реанимации и в стационаре, а также выполнить сочетанные вмешательства на митральном или трикуспидальном клапанах.

Канюляция в данном случае осуществляется через бедренные сосуды. Торакотомию производят в четвертом межреберье слева. Накладывают кисетный шов на заднюю стенку ПП приблизительно посередине между верхней полую вену (ВПВ) и нижней полую вену (НПВ). Внутри ПП делают надрез. Трехмиллиметровый криоаблатор проводят через него в ПП и располагают верхушкой по направлению к НПВ. Стенка ПП слегка натягивается над кончиком аблятора, и проводится линия аблации при -60°C в течение 2 мин. Далее через этот же доступ выполняют вторую криоаблацию в нижнелатеральной части ПП.

Второй кисетный шов накладывают на свободную стенку ПП недалеко от атриоventри-

кулярной борозды. Данная линия криоаблации продолжается по направлению к первой. Через этот же доступ производят продление описываемого Т-образного разреза вниз к заднелатеральной части трикуспидального клапана. Поскольку дистальную часть данного криоразреза выполняют вслепую, необходимо правильно располагать кончик катетера над фиброзным кольцом трикуспидального клапана. Этого можно добиться двумя путями. Во-первых, с помощью эхокардиографии контролировать позицию аблятора. Во-вторых, аблатор может быть расположен достаточно далеко над клапаном, чтобы контактировать с тонкой частью правого желудочка, как раз под атриоventрикулярной (АВ) бороздой. При выполнении криоаблации хирург может увидеть участок замерзания, свидетельствующий о правильной позиции.

Третий кисетный шов накладывают на верхушку ушка ПП. Линейные разрезы наносят как латерально, так и медиально, чтобы завершить правосторонние разрезы операции «лабиринт III». Важно провести медиальный криоразрез через фиброзное кольцо трикуспидального клапана кпереди от места расположения пучка Гиса для предотвращения создания ятрогенного атриоventрикулярного блока. Для наилучшего результата необходимо поместить указательный палец в борозду между аортой и медиальной стенкой ПП. Криоаблатор затем располагают спереди пальца, и таким способом устраняется опасность повреждения расположенной позади проводящей системы.

После завершения разрезов на ПП начинают искусственное кровообращение, пережимают аорту, производят кардиоплегию. После этого осуществляют атриотомию слева. Один линейный аблатор подводят к межпредсердной перегородке слева. Другой проводят через ранее выполненный кисетный шов справа. Оба аблятора «нажимают» друг на друга концами с разных

сторон в центральной или нижней части овальной ямки. Этот процесс осуществляется вслепую, и единственной опасностью является расположение аблаторов слишком далеко от перегородки и создание блока. Обоими аблаторами осуществляется абляция при -60°C в течение 3 мин.

Далее предсердная атриотомия незначительно расширяется вверх и вниз так, чтобы была видна внутренняя часть ЛП. В данном случае правосторонняя торакотомия значительно улучшает обзор по сравнению со средней.

Производят абляцию устьев легочных вен (ЛВ), а в завершение — круговую абляцию основания ушка ПП. Последнее осуществляют круглым аблатором, который помещают непосредственно в основание ушка ПП. Далее ушко зашивают непрерывным 4-0 швом монофиламентной нитью для предотвращения эмболии.

Затем эндокардиально производят линейный криоразрез от криоразреза устьев ЛВ по направлению к задней части фиброзного кольца митрального клапана (МК).

Финальный эпикардиальный криоразрез наносят на уровне МК, удостоверившись в том, что он пройдет в одной и той же проекции с аналогичным эндокардиальным. При нанесении данного криоразреза важно увидеть замерзание миокарда, что будет свидетельствовать о проникновении разреза в эндокард. Это гарантирует, что абляция коронарного синуса была произведена по окружности [2].

Операция «лабиринт IV»

Данная модификация была создана для упрощения техники операции «лабиринт III» и замещения хирургических разрезов линиями, выполненными с помощью альтернативных источников энергии.

Биполярная радиочастотная абляция (РЧА) была выбрана для выполнения операции «лабиринт IV» по ряду причин. Во-первых, этот вид абляции оказывает надежное трансмуральное воздействие; во-вторых, время РЧА короче и составляет 5–15 с; в-третьих, узкие разрезы (шириной 2–3 мм).

Операция осуществляется при подключении аппарата искусственного кровообращения. Если у пациента перед началом операции наблюдается ФП, внутривенно болюсно вводят амио-

дарон. Изолированно производят абляцию правых и левых ЛВ.

На ушке ПП выполняют небольшую (1 см) атриотомию. Устройство для биполярной РЧА проводят через сделанный разрез для абляции свободной стенки ПП. Отступают 2 см от места абляции и производят вертикальную атриотомию от пограничного гребня до АВ-борозды, приблизительно около острого края правого желудочка. После АВ-борозды от клетчатки, заполняющей ее, биполярный РЧ-аблатор помещают к фиброзному кольцу трикуспидального клапана и медленно продвигают вдоль ткани клапана в направлении приблизительно на «10 часов». Обычно необходимо криовоздействие для завершения данной абляции. Такое же воздействие осуществляется позади фиброзного кольца трикуспидального клапана в позиции «на 2 часа». Для завершения правосторонних разрезов РЧ-аблатор помещают у верхней полой вены, затем поворачивают на 180° и смещают вниз по направлению к нижней полой вене.

Левосторонний разрез выполняют путем стандартной левой атриотомии на остановленном сердце. Его продолжают ниже вокруг правой нижней ЛВ и вверх к крыше ЛП, соединяя крайние точки линии абляции правых ЛВ. Их абляцию выполняют с помощью биполярного РЧ-аблятора. Если размер ЛП более 5 см, то производят еще один разрез от верхней части левой атриотомии через крышу ЛП к левой верхней ЛВ. Далее осуществляют абляцию фиброзного кольца МК, обычно с помощью биполярной РЧА. Процедура начинается в нижней части разреза ЛП через заднюю стенку, АВ-борозду и коронарный синус. Абляцию проводят в пространстве между огибающей и правой коронарной артерией во избежание их повреждения. Если у пациента левый тип кровоснабжения, этот разрез выполняют хирургически. Затем следует криоабляция фиброзного кольца МК при -60°C в течение 2–3 мин. Удаляют ушко ЛП, и завершающую абляцию выполняют через основание удаленного ушка к левой верхней ЛВ. Ушивают ушко ЛП, снимают зажим с аорты, правопредсердный разрез ушивают во время согревания пациента [3, 4].

Схема операции «лабиринт IV» представлена на рисунке 1 [5].

По последним данным, операция «лабиринт IV» осуществляется и через мини-доступ, что позволяет сократить ее время и уменьшить число главных осложнений на 50%.

диально, таких как каватрикуспидальный перешеек и перешеек ЛП.

По данным S. Gelsomino и соавт., успех данной операции достигал 93% при пароксизмальной ФП и 90% – при персистирующей.

Теоретически потенциальными преимуществами гибридного метода являются:

1. Возможность подтвердить блок проведения после воздействий.
2. Возможность воздействовать на известные участки, которые могут привести к послеоперационным аритмиям и неудачам в отдаленном периоде.
3. Минимализация хирургической травмы.
4. Низкий риск тампонады.
5. Снижение риска тромбоэмболии из-за коагуляции, так как в данном случае требуется меньшее количество эндокардиальных воздействий.
6. Ввиду особенностей расположения устройства для абляции на крыше ЛП практически невозможно создать стеноз ЛВ.
7. Минимальный риск повреждения пищевода и диафрагмальных нервов.

Потенциальными недостатками являются:

1. Длительное время операции относительно времени проведения отдельных хирургических техник.
2. Введение гепарина после септальной пункции может вызвать кровотечение.

Однако следует отметить, что превосходство данного метода над другими еще не доказано крупными сравнительными исследованиями [11].

Характеристика идеальной операции при фибрилляции предсердий

Отличительные черты идеальной операции:

1. Операция должна быть осуществлена эпикардиально из соображений большей безопасности и во избежание рассечения стенки сердца.
2. Энергетический ресурс, используемый для абляции, должен проникать через жировую клетчатку так же, как и через миокард.
3. Операция должна давать возможность устранить пароксизмальную и персистирующую форму ФП и трепетания предсердий.
4. Операция должна проходить без искусственного кровообращения.
5. Процедура должна быть эндоскопической или миниинвазивной и длиться не более 60 мин.
6. При отсутствии осложнений пациент должен покинуть клинику на следующий день после операции [12].

Результаты операций

Операция «лабиринт III» имеет превосходные отдаленные результаты: около 90% пациентов имеют синусовый ритм в послеоперационном периоде.

Исследование, проведенное в Вашингтонском университете для оценки отдаленных результатов, показало, что из 198 пациентов через 5,4 года синусовый ритм был у 97%. Что касается результатов «лабиринта IV», выполненного в том же университете, то у 91% пациентов ФП была устранена. В многоцентровых исследованиях речь идет о 96%. Время пережатия аорты при операции «лабиринт IV» составляло 54 ± 27 мин, а при «лабиринте III» – 93 ± 34 мин. Наблюдения других центров представляют схожие результаты [13].

Операция «лабиринт III» также показала свою эффективность с точки зрения снижения тромбоэмболических осложнений. В наблюдениях J.L. Cox за группой из 3000 пациентов было отмечено 2 (0,7%) послеоперационных инсульта и 1 малый инсульт при оценке отдаленных результатов. После операции «лабиринт III» риск инсульта составлял 0,1% в отдаленном периоде, учитывая тот факт, что большинство пациентов не получали антикоагулянтную терапию.

По данным T. Sueda и соавт., эффективность криомодификации операции «лабиринт» составляет 78% [14].

По данным A.M. Gillinov и соавт., после РЧА у пациентов с сочетанной патологией сердца синусовый ритм наблюдался в 70–80% случаев [15]. H.T. Sie и соавт. наблюдали за пациентами, которым проводилась операция на МК в сочетании с РЧА, в отдаленном периоде длительностью 40 мес. Авторы отмечали уровень возврата к синусовому ритму в 72–87% случаев [16].

В метаанализе, представленном K. Khargi и соавт., сравниваются результаты модификации операции «лабиринт III» при использовании различных альтернативных источников энергии с традиционной техникой этой операции. В первом случае послеоперационный успех составлял 78,3%, во втором – 84,9%. С другой стороны, в том же исследовании не выявлено существенных различий в отдаленных результатах данных операций. Однако надо отметить, что были описаны отдаленные результаты только через 6 мес после операции и нет наблюдений, касающихся последующего периода. Еще

одним недостатком исследования являются недостаточно равнозначные группы с точки зрения возраста пациентов, сопутствующей сердечной патологии, длительности течения и формы ФП [17].

По некоторым данным, более эффективным является применение сочетания эндо- и эпикардиальной РЧА в сравнении с эндокардиальной [18].

Использование микроволн восстанавливает синусовый ритм в среднем в 80% случаев.

J.G. Maessen и соавт. выполнили эпикардиальную микроволновую абляцию устьев ЛВ с удалением ушка ЛП 24 пациентам с сочетанными операциями на сердце. Через 9 мес у 86,9% пациентов наблюдался синусовый ритм [19].

При сравнении модификаций с использованием РЧА и микроволновой абляции в рамках сочетанной хирургии на клапанах были получены сходные результаты в достижении синусового ритма (80 и 81%) [20]. Однако, согласно рекомендациям по хирургическому лечению ФП, микроволновая абляция при сочетанных операциях на сердце недостаточно эффективна [21].

A.V. Brick с коллегами выполнили ультразвуковую абляцию 27 пациентам, подвергшимся другим операциям на сердце. Линии абляции соответствовали линиям операции «лабиринт III» [22]. На момент выписки синусовый ритм наблюдался у 81,4% пациентов. Исследования, направленные на применение ультразвука эпикардиально (изоляция устьев ЛВ, дополненная линией к митральному перешейку), показали 86,2% сохранения синусового ритма через 18 мес [23].

Однако данные по поводу ультразвуковой абляции весьма противоречивы. Поскольку, с другой стороны, по причине отсутствия трансмурального эффекта Управление по контролю за продовольствием и лекарственными средствами (США) отменило свое одобрение на использование ультразвука для хирургической абляции [24]. Согласно рекомендациям по хирургическому лечению ФП, применение высокоинтенсивного сфокусированного ультразвука не рекомендовано при сочетанных операциях на сердце по причине низкого процента достижения синусового ритма по сравнению с другими методами, а также большого риска осложнений [21].

J.M. Stulak и его коллеги провели еще одно исследование, сравнивающее биполярную РЧА с традиционной операцией «лабиринт III». Они проанализировали 56 пациентов, которым была

выполнена операция «лабиринт III» на основе классической схемы разрезов, но с использованием биполярной РЧА для создания линий разрезов. Как и в случае классической операции «лабиринт III», была осуществлена криоабляция колец митрального и трикуспидального клапанов. Такие характеристики групп, как пол, возраст, класс сердечной недостаточности, тип ФП, сопутствующая операция на МК, артериальная гипертензия, размеры ЛП, длительность ФП были приблизительно одинаковыми. Единственным отличием был способ создания предсердных разрезов. Эту группу пациентов сравнивали с группой из 335 пациентов, которым была выполнена классическая операция «лабиринт III». Синусовый ритм был достигнут у 64% пациентов в группе с РЧА и у 88% в группе с классической операцией. В группе с РЧА в 4,5 раза была больше вероятность наличия ФП при выписке, а также в 5 раз чаще была выполнена имплантация электрокардиостимулятора (25% против 5%). Причиной 12 имплантаций из 14 в группе с РЧА была слабость синусового узла. И хотя в группе с РЧА число сочетанных операций на аортальном и трикуспидальном клапанах больше, авторы не считают это достоверными предикторами имплантации ЭКС. Возможно, это связано с наличием в группе с РЧА более выраженной сопутствующей патологии (с чем и соотносилось большее количество сочетанных вмешательств), а значит и с большей предрасположенностью к синдрому слабости синусового узла. Через 6 мес в группах с РЧА и классическим «лабиринтом III» синусовый ритм наблюдался в 83 и 94% случаев соответственно, но через 15 мес данные изменились: 50 и 91%. Авторы задаются вопросом о степени трансмуральности воздействий РЧА и об ее объективной оценке [25].

Исследование под руководством J.R. Doty также свидетельствует о гораздо большей эффективности классической операции «лабиринт III» в сравнении с РЧА [26].

Исследование, посвященное изучению эффективности изоляции ЛВ показало, что только изоляция ЛВ, без нанесения других разрезов, является недостаточной. Данный вывод становится понятным также благодаря характеру электрофизиологических особенностей патогенеза ФП [27].

По данным A.M. Lee и соавт., через 6 мес после операции «мини-лабиринт» синусовый ритм наблюдался у 94% пациентов, а через год —

у 81%. Нужно отметить, что в исследование входили пациенты с различными формами ФП [28]. В исследовании J.R. Edgerton и его коллег через 6 мес синусовый ритм наблюдался у 86,7% пациентов с пароксизмальной формой ФП, у 56,3% пациентов – с персистирующей и у 50% пациентов с длительно текущей, персистирующей [29].

В работе А.Ш. Ревишвили и соавт. описана методика эпикардиальной биполярной РЧА на работающем сердце в условиях нормотермического ИК. Производили аблацию левосторонних ганглионарных сплетений. Затем выполняли биполярную РЧА правых и левых ЛВ, дополненную двумя соединяющими линиями между нижними и верхними ЛВ, благодаря чему образовывалось «box lesion». Далее от линии, соединяющей верхние ЛВ, проводили две линии аблации: к основанию перевязанного ушка ЛП и к аорте (к проекции правого фиброзного треугольника). В случае восстановления синусового ритма после аблации ЛВ и линейных аблаций ЛП проводили многократные попытки индукции ФП путем сверхчастой стимуляции ЛП и ПП. В случае сохранения ФП приступали к РЧА ПП. Через разрез переднебоковой стенки ПП выполняли две аблационные линии: по передней стенке ПП к фиброзному кольцу трикуспидального клапана и по задней стенке ПП к нижнему правому перешейку. Ушко отсекали и ушивали. Общая эффективность операции составила 96,9%. Данная методика известна как операция «лабиринт V» [30].

В монографии «Cardiac Surgery in the Adult» (2008 г.) авторы убедительно рекомендуют сочетанное выполнение операции «лабиринт» всем пациентам с ФП, подвергающимся другим операциям на сердце [13].

Подобные результаты, свидетельствующие об эффективности использования криоаблации, представило исследование PRAGUE-12, показавшее эффективность криоаблации при выполнении сочетанных операций при длительно текущей персистирующей ФП [31].

Исследование, сравнивавшее эффективность операции «лабиринт IV» в случае изолированной формы ФП и при сочетании с операцией на МК, показало сходные результаты. Синусовый ритм при сочетанной операции был достигнут в 93% случаев через 3 мес и в 82% случаев через 24 мес на фоне изолированной формы ФП. В 89 и 90% случаев соответственно – при сочетанной на МК операции [32, 33].

Показания к хирургическому лечению фибрилляции предсердий

Показания к хирургическому лечению ФП остаются спорными ввиду широкого спектра видов лечения ФП. В единственном известном рандомизированном исследовании – FAST (Atrial Fibrillation Catheter Ablation Versus Surgical Ablation Treatment), сравнивавшем хирургическое лечение с катетерной аблацией, результаты хирургического лечения в достижении синусового ритма были лучше в наблюдениях через 1 год. Однако число осложнений при открытом вмешательстве также было более высоким [5, 34].

На основании экспертных согласительных документов Heart Rhythm Society / European Heart Rhythm Association / European Cardiac Arrhythmia Society хирургическое лечение изолированной формы ФП предполагается у пациентов:

- самостоятельно выбравших хирургический метод лечения;
- после одной или более неудачных попыток катетерной аблации;
- не являющихся кандидатами на катетерную аблацию.

Хирургическое лечение предпочтительно в следующих случаях:

- если имеются противопоказания к варфарину или если целесообразно осуществить удаление ушка ЛП для уменьшения тромбоэмболических осложнений;
- при наличии тромба в ЛП, что является противопоказанием для катетерной аблации;
- при увеличенном ЛП (более 6 см) [11, 21, 35].

Удаление или закрытие ушка левого предсердия

Как уже было отмечено, более 90% тромбов у пациентов с ФП появляются в ушке ЛП. Поэтому несомненно важным является его удаление. В настоящее время существуют также альтернативные методы механического закрытия ушка ЛП, в том числе с использованием чрескожных вмешательств. Исследование, посвященное изучению клипирования ушка ЛП, показало его эффективность в 72% случаев. В остальных 28% случаев наблюдалось наличие остаточного основания ушка ЛП длиной более 1 см, что предполагало дальнейшие неудачи в лечении. Совершенно ясно, что неполноценное закрытие ушка ЛП более опасно, чем его не-

закрытие. Несмотря на несовершенство техники закрытия и неоднозначные результаты, в руководстве по лечению пациентов с клапанной патологией, изданном АСС/АНА, рекомендуется удаление ушка ЛП у пациентов, подвергающихся операции на МК, а также у пациентов, подвергающихся операциям на сердце с последующим риском развития ФП. Однако целесообразность данных действий вызывает сомнение у J.L. Cox, так как, согласно его мнению, послеоперационная ФП развивается только у трети пациентов и невозможно ее идентифицировать до операции. Тем не менее закрытие ушка ЛП является более эффективным средством в профилактике тромбозов по сравнению с назначением антикоагулянтов, поэтому новые способы его механического закрытия могут быть использованы у пациентов, которые не могут принимать антикоагулянты. С другой стороны, пациенты, получающие антикоагулянтную терапию, имеют высокий риск геморрагических осложнений, поскольку только половина из них получает данную терапию адекватно. В силу вышесказанного пациенты, получающие антикоагулянты, также могут являться потенциальными кандидатами на операцию по механическому закрытию ушка ЛП. Потенциально механическое закрытие ушка ЛП может выполняться пациентам, подвергающимся катетерной абляции по поводу ФП. По мнению J.L. Cox, если неопытные хирурги отказываются выполнять операцию по устранению ФП во время сочетанных операций, они должны по крайней мере закрыть ушко ЛП [36].

Факторы риска возврата фибрилляции предсердий

Доказанными факторами риска являются: увеличенное ЛП, возраст пациентов и длительность течения ФП, тяжелая степень сердечной недостаточности, митральная регургитация до операции, сопутствующая операция на митральном или аортальном клапанах [37, 38].

Некоторые работы свидетельствуют о том, что выраженная недостаточность трикуспидального клапана также способствует рецидиву ФП [39].

Исходя из патогенеза ФП, очевидно, что наличие недостаточности МК также является фактором, способствующим рецидиву ФП. Поэтому устранение недостаточности на митральном, а также и трикуспидальном клапанах снижает риск рецидива ФП.

На основании описанных выше разделов становится ясным, что большое влияние на сохранение ФП оказывает непосредственно выбор метода операции. Во многих исследованиях была доказана низкая эффективность отдельно выполненной изоляции ЛВ при длительно текущей ФП. По мнению R.J. Damiano, в отличие от ряда других ученых, линий, соединяющих левые и правые ЛВ, должно быть две, так как это значительно увеличивает шансы на успех операции (рис. 3) [40].

При выполнении левопредсердного этапа РЧА без вмешательства на ПП описаны случаи появления трепетания предсердий после операции [41].

Исследования показывают, что применение бивентрикулярной стимуляции в послеоперационном периоде после операции «лабиринт» снижает риск рецидива ФП [42].

Увеличенное ЛП (до 50 мм) может повысить риск рецидива ФП после операции почти в 2 раза. По мнению W. Wang и соавт., снижение давления и объемной перегрузки ЛП путем хирургического уменьшения его размера может быть одним из ключевых моментов в поддержании синусового ритма после операции [38, 43, 44].

Уменьшение объема ЛП также способствует улучшению его контрактильной функции. Его рекомендуют выполнять при значительном увеличении ЛП (более 55 мм) и при перерастянтом ЛП с низкой фракцией выброса [45, 46].

Также известно, что длительность ФП является одним из факторов ее рецидива после операции.

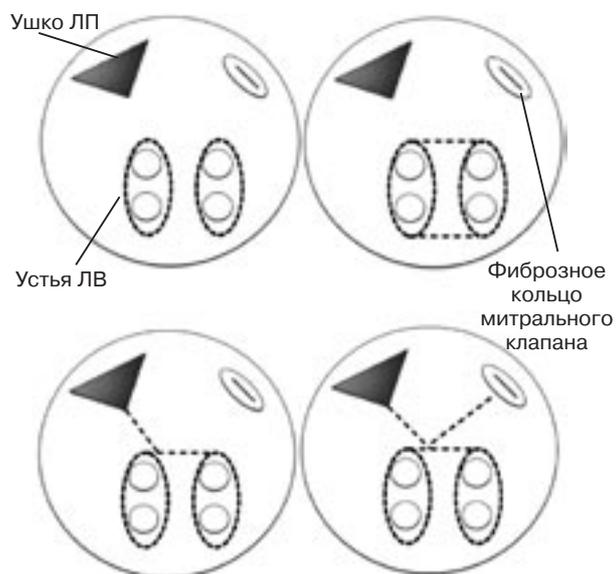


Рис. 3. Линии абляции ЛП (указаны пунктиром)

М. Chen и соавт. обнаружили, что смещение линии аблации между полыми венами в задне-латеральном направлении позволяет избежать повреждения синусного узла или предсердного пейсмейкерного комплекса, что в дальнейшем позволяет снизить частоту синдрома слабости синусного узла до 2,8% [47].

В исследовании J.V. Choi и соавт. установлено, что наличие синусового ритма непосредственно после операции, а также на 6-й день после операции является важным фактором его сохранения в течение длительного времени и снижения вероятности рецидива ФП [48].

Взгляд в будущее

Хирургическое лечение ФП значительно прогрессировало в течение последних 20 лет, и на данный момент включает в себя множество способов и подходов. Очевидна необходимость многоцентровых клинических исследований для уточнения эффективности и безопасности различных методов и альтернативных источников энергии. Оценка более отдаленных результатов позволит сделать убедительные выводы о пользе тех или иных подходов к операции.

В будущем в США планируется создание реестра по лечению ФП (the SAFARI registry). Подобные реестры, безусловно, могут помочь в получении систематизированных данных широкого масштаба для выработки единых концепций и рекомендаций по лечению различных форм ФП [49].

Развитие техник операций идет в сторону увеличения интереса к миниинвазивным и торакоскопическим подходам, но часто наличие тяжелой сопутствующей патологии не позволяет их применять. Тем не менее опыт выполнения сочетанных торакоскопических или миниинвазивных операций постепенно растет. Развиваются в том числе и гибридные методы, сочетающие миниинвазивный эпикардальный и чрескожный эндокардиальный подходы.

Для совершенствования методов лечения и повышения их эффективности требуется дальнейшее накопление и углубление знаний о механизмах возникновения и поддержания ФП. Вполне возможно, что это приведет к появлению данных о способах патогенетически обоснованного лечения и позволит повысить эффективность операций. Не менее значимым является детальный анализ осложнений и выявление способов их предупреждения. Правильный под-

ход подразумевает изучение механизмов развития ФП и их особенностей у каждого конкретного пациента.

Важным является определение четких показаний к хирургическому лечению в целом и к различным его методам в частности [50–54].

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Fragakis N., Pantos I. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation. *Europace*. 2012; 14: 1545–52.
2. Cox J.L. The minimally invasive Maze-III procedure. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 5 (1): 79–92.
3. Robertson J.O., Saint L.L. et al. Illustrated techniques for performing the Cox-Maze IV procedure through a right mini-thoracotomy. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 105–16.
4. Damiano R.J., Gaynor S.L. Atrial fibrillation ablation during mitral valve surgery using the Atricure™ device. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004; 9 (1): 24–33.
5. Fragakis N., Katritsis D.G. Surgical treatment for atrial fibrillation: where do we stand? *Hellenic. J. Cardiol.* 2012; 53: 210–6.
6. Edgerton J.R. Total thoracoscopic ablation of atrial fibrillation using the Dallas lesion set, partial autonomic denervation, and left atrial appendectomy. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 14 (3): 224–42. DOI: 10.1053/j.optechstevs.2009.05.003.
7. Edgerton J.R., Jackman W.M., Michael J.M. A new epicardial lesion set for minimal access left atrial maze: the Dallas lesion set. *Ann. Thorac. Surg.* 2009; 88: 1655–7.
8. Wang J.G., Xin M. et al. Ablation in selective patients with long-standing persistent atrial fibrillation: medium-term results of the Dallas lesion set. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2014. DOI: 10.1093/ejcts/ezt593.
9. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. Т. 3. 2-е изд. М.: Медицина; 1996.
10. Akpınar B., Guden M. et al. Robotic-enhanced totally endoscopic mitral valve repair and ablative therapy. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 81: 1095–8.
11. Robertson J.O., Lawrance C.P. et al. Surgical techniques used for the treatment of atrial fibrillation. *Circulation*. 2013; 77 (8): 1941–51.
12. Cox J.L. Surgical treatment of atrial fibrillation: a review. *Europace*. 2004; 5: 20–9.
13. Cohn L.H. Cardiac surgery in the adult. 3rd ed. The McGraw-Hill Companies; 2008.
14. Sueda T., Nagata H. et al. Efficacy of a simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation in mitral valve operations. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 63 (4): 1070–5.
15. Gillinov A.M., Blackstone E.H., McCarthy P.M. Atrial fibrillation: current surgical options and their assessment. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74 (6): 2210–7.
16. Sie H.T., Beukema W.P. et al. Radiofrequency modified maze in patients with atrial fibrillation undergoing concomitant cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 122 (2): 249–56.
17. Khargi K., Huttenb B.A. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation; a systematic review. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 27: 258–65.
18. Wang J.G., Meng H. et al. Combined endocardial and epicardial radiofrequency modified Maze procedure in the treatment of atrial fibrillation. *CJS*. 2007; 45 (6): 415–8.
19. Maessen J.G., Nijs J.F., Smeets J.L. et al. Beating-heart surgical treatment of atrial fibrillation with microwave ablation. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74 (4): 1307–11.
20. Wissner W., Khazen C. et al. Microwave and radiofrequency ablation yield similar success rates for treatment of chronic atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 25: 1011–7.
21. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91.

22. Brick A.V., Seixas T. et al. Tratamento intra-operatório da fibrilação atrial crônica com ultra-som. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* 2001; 16 (4): 337–49.
23. Groh M.A., Binns O.A. et al. Ultrasonic cardiac ablation for atrial fibrillation during concomitant cardiac surgery: long-term clinical outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84: 1978–83.
24. Harling L., Athanasiou T. et al. Strategies in the surgical management of atrial fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2011. DOI: 10.4061/2011/439312.
25. Stulak J.M., Dearani J.A. et al. Superiority of cut-and-sew technique for the Cox maze procedure: Comparison with radiofrequency ablation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007; 133 (4): 1022–7.
26. Doty J.R., Doty D.B. et al. Comparison of standard Maze III and radiofrequency Maze operations for treatment of atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007; 133: 1037–44.
27. Wisser W., Seebacher G. Permanent chronic atrial fibrillation: is pulmonary vein isolation alone enough? *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84: 1151–7.
28. Lee A.M., Clark K. et al. A minimally invasive Cox-Maze procedure: operative technique and results. *Innovations (Phila.)* 2010; 5 (4): 281–6.
29. Edgerton J.R., McClelland J.H. et al. Minimally invasive surgical ablation of atrial fibrillation: six-month results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138 (1): 109–13.
30. Ревишвили А.Ш., Сергуладзе С.Ю., Ежова И.В. и соавт. Результаты хирургического лечения изолированных форм фибрилляции предсердий с использованием модифицированной операции «лабиринт». *Анналы аритмологии.* 2012; 3: 31–9.
31. Budera P., Straka Z. et al. Comparison of cardiac surgery with left atrial surgical ablation vs. cardiac surgery without atrial ablation in patients with coronary and/or valvular heart disease plus atrial fibrillation: final results of the PRAGUE-12 randomized multicentre study. *Eur. Heart J.* 2012; 33: 2644–52.
32. Lawrance C.P., Henn M.C. et al. Comparison of the stand-alone Cox-Maze IV procedure to the concomitant Cox-Maze IV and mitral valve procedure for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 55–61.
33. Saint L.L., Damiano R.J. et al. Incremental risk of the Cox-maze IV procedure for patients with atrial fibrillation undergoing mitral valve surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 146 (5): 1072–7.
34. Boersma L., Castella M. et al. Atrial Fibrillation Catheter Ablation Versus Surgical Ablation Treatment (FAST): A 2-Center Randomized Clinical Trial. *Circulation.* 2012; 125 (1): 23–30.
35. Gelsomino S., La Meir M. et al. Treatment of lone atrial fibrillation: a look at the past, a view of the present and a glance at the future. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012; 41: 1284–94.
36. Cox J.L. Mechanical closure of the left atrial appendage: Is it time to be more aggressive? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 1: 1–10.
37. Gillinov A.M., Bhavani S. et al. Surgery for permanent atrial fibrillation: impact of patient factors and lesion set. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 502–14.
38. Stulak J.M., Sundt T.M., 3rd et al. Ten-year experience with the Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: how do we define success? *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 83: 1319–25.
39. Kim J.S., Lee J.H. et al. Surgical outcomes of Cox-maze IV procedure using bipolar irrigated radiofrequency ablation and cryotherapy in valvular heart disease. *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 44: 18–24.
40. Damiano R.J., Schwartz F.H. et al. The Cox-Maze procedure: predictors of late recurrence. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 141 (1): 113–21.
41. Golovchiner G., Mazur A. et al. Atrial flutter after surgical radiofrequency ablation of the left atrium for atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 79: 108–12.
42. Wang W., Buehler D. et al. Continuous biatrial pacing to prevent early recurrence of atrial fibrillation after the Maze procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 142 (5): 989–94.
43. Wang W., Guod L.R. et al. Biatial reduction plasty with reef imbricate technique as an adjunct to maze procedure for permanent atrial fibrillation associated with giant left atria. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2010; 10: 577–81.
44. Wang W., Buehler D. et al. Left atrial wall tension directly affects the restoration of sinus rhythm after Maze procedure. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40: 77–82.
45. Marui A., Saji Y. et al. Impact of left atrial volume reduction concomitant with atrial fibrillation surgery on left atrial geometry and mechanical function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2008; 135 (6): 1297–305.
46. HRS/EHRA/ECAS Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: Recommendations for Personnel, Policy, Procedures and Follow-Up. *Heart Rhythm.* 2007; 4 (6): 816–60. DOI: 10.1016/j.hrthm.2007.04.005.
47. Chen M., Chang J. et al. Atrial pacemaker complex preserved radiofrequency maze procedure reducing the incidence of sick sinus syndrome in patients with atrial fibrillation. *Chest.* 2005; 128 (4): 2571–5.
48. Choi J.B., Park H.K. et al. Predictive factors of sustained sinus rhythm and recurrent atrial fibrillation after the Maze procedure. *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 46: 117–23.
49. Munger T.M., Wub L., Shen W.K. Atrial fibrillation. *J. Biomed. Research.* 2014; 28 (1): 1–17.
50. Poynter J.A., Beckman D.J. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation: the time is now. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90: 2079–86.
51. Shen J., Bailey M., Damiano R.J. Surgery for lone atrial fibrillation: present state of the art. *Innovations (Phila.)* 2009; 4 (5): 248–55.
52. Бокерия Л.А., Махалдиани З.Б., Биниашвили М.Б. Применение альтернативных источников энергии для лечения фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2006; 2: 27–39.
53. 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.
54. Damiano R.J. et al. Future directions in atrial fibrillation surgery. *J. Arrhythm.* 2007; 23 (1): 12–20.

References

1. Fragakis N., Pantos I. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation. *Europace.* 2012; 14: 1545–52.
2. Cox J.L. The minimally invasive Maze-III procedure. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000; 5 (1): 79–92.
3. Robertson J.O., Saint L.L. et al. Illustrated techniques for performing the Cox-Maze IV procedure through a right mini-thoracotomy. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 105–16.
4. Damiano R.J., Gaynor S.L. Atrial fibrillation ablation during mitral valve surgery using the Atricure™ device. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004; 9 (1): 24–33.
5. Fragakis N., Katritsis D.G. Surgical treatment for atrial fibrillation: where do we stand? *Hellenic. J. Cardiol.* 2012; 53: 210–6.
6. Edgerton J.R. Total thoroscopic ablation of atrial fibrillation using the Dallas lesion set, partial autonomic denervation, and left atrial appendectomy. *Operat. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 14 (3): 224–42. DOI: 10.1053/j.optechstevs.2009.05.003.
7. Edgerton J.R., Jackman W.M., Michael J.M. A new epicardial lesion set for minimal access left atrial maze: the Dallas lesion set. *Ann. Thorac. Surg.* 2009; 88: 1655–7.
8. Wang J.G., Xin M. et al. Ablation in selective patients with long-standing persistent atrial fibrillation: medium-term results of the Dallas lesion set. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2014. DOI: 10.1093/ejcts/ezt593.
9. Sinel'nikov R.D. Atlas of human anatomy. Vol. 3. 2nd ed. Moscow: Meditsina; 1996 (in Russian).
10. Akpınar B., Guden M. et al. Robotic-enhanced totally endoscopic mitral valve repair and ablative therapy. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 81: 1095–8.
11. Robertson J.O., Lawrance C.P. et al. Surgical techniques used for the treatment of atrial fibrillation. *Circulation.* 2013; 77 (8): 1941–51.
12. Cox J.L. Surgical treatment of atrial fibrillation: a review. *Europace.* 2004; 5: 20–9.
13. Cohn L.H. Cardiac surgery in the adult. 3rd ed. The McGraw-Hill Companies; 2008.
14. Sueda T., Nagata H. et al. Efficacy of a simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation in mitral valve operations. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 63 (4): 1070–5.

15. Gillinov A.M., Blackstone E.H., McCarthy P.M. Atrial fibrillation: current surgical options and their assessment. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74 (6): 2210–7.
16. Sie H.T., Beukema W.P. et al. Radiofrequency modified maze in patients with atrial fibrillation undergoing concomitant cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 122 (2): 249–56.
17. Khargi K., Huttenb B.A. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation; a systematic review. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 27: 258–65.
18. Wang J.G., Meng H. et al. Combined endocardial and epicardial radiofrequency modified Maze procedure in the treatment of atrial fibrillation. *CJS.* 2007; 45 (6): 415–8.
19. Maessen J.G., Nijss J.F., Smeets J.L. et al. Beating-heart surgical treatment of atrial fibrillation with microwave ablation. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 74 (4): 1307–11.
20. Wissner W., Khazen C. et al. Microwave and radiofrequency ablation yield similar success rates for treatment of chronic atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 25: 1011–7.
21. EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44: 777–91.
22. Brick A.V., Seixas T. et al. Tratamento intra-operatório da fibrilação atrial crônica com ultra-som. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* 2001; 16 (4): 337–49.
23. Groh M.A., Binns O.A. et al. Ultrasonic cardiac ablation for atrial fibrillation during concomitant cardiac surgery: long-term clinical outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84: 1978–83.
24. Harling L., Athanasiou T. et al. Strategies in the surgical management of atrial fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2011. DOI: 10.4061/2011/439312.
25. Stulak J.M., Dearani J.A. et al. Superiority of cut-and-sew technique for the Cox maze procedure: Comparison with radiofrequency ablation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007; 133 (4): 1022–7.
26. Doty J.R., Doty D.B. et al. Comparison of standard Maze III and radiofrequency Maze operations for treatment of atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007; 133: 1037–44.
27. Wissner W., Seebacher G. Permanent chronic atrial fibrillation: is pulmonary vein isolation alone enough? *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84: 1151–7.
28. Lee A.M., Clark K. et al. A minimally invasive Cox-Maze procedure: operative technique and results. *Innovations (Phila).* 2010; 5 (4): 281–6.
29. Edgerton J.R., McClelland J.H. et al. Minimally invasive surgical ablation of atrial fibrillation: six-month results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138 (1): 109–13.
30. Revishvili A.Sh., Serguladze S.Yu., Ezhova I.V. et al. Results of surgical treatment of isolated atrial fibrillations with the use of modified Maze procedure. *Annaly Aritmologii.* 2012; 3: 31–9 (in Russian).
31. Budera P., Straka Z. et al. Comparison of cardiac surgery with left atrial surgical ablation vs. cardiac surgery without atrial ablation in patients with coronary and/or valvular heart disease plus atrial fibrillation: final results of the PRAGUE-12 randomized multicentre study. *Eur. Heart J.* 2012; 33: 2644–52.
32. Lawrance C.P., Henn M.C. et al. Comparison of the stand-alone Cox-Maze IV procedure to the concomitant Cox-Maze IV and mitral valve procedure for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 55–61.
33. Saint L.L., Damiano R.J. et al. Incremental risk of the Cox-maze IV procedure for patients with atrial fibrillation undergoing mitral valve surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 146 (5): 1072–7.
34. Boersma L., Castella M. et al. Atrial Fibrillation Catheter Ablation Versus Surgical Ablation Treatment (FAST): A 2-Center Randomized Clinical Trial. *Circulation.* 2012; 125 (1); 23–30.
35. Gelsomino S., La Meir M. et al. Treatment of lone atrial fibrillation: a look at the past, a view of the present and a glance at the future. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012; 41: 1284–94.
36. Cox J.L. Mechanical closure of the left atrial appendage: Is it time to be more aggressive? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 1: 1–10.
37. Gillinov A.M., Bhavani S. et al. Surgery for permanent atrial fibrillation: impact of patient factors and lesion set. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 502–14.
38. Stulak J.M., Sundt T.M., 3rd et al. Ten-year experience with the Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: how do we define success? *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 83: 1319–25.
39. Kim J.S., Lee J.H. et al. Surgical outcomes of Cox-maze IV procedure using bipolar irrigated radiofrequency ablation and cryotherapy in valvular heart disease. *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 44: 18–24.
40. Damiano R.J., Schwartz F.H. et al. The Cox-Maze procedure: predictors of late recurrence. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 141 (1): 113–21.
41. Golovchiner G., Mazur A. et al. Atrial flutter after surgical radiofrequency ablation of the left atrium for atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 79: 108–12.
42. Wang W., Buehler D. et al. Continuous biatrial pacing to prevent early recurrence of atrial fibrillation after the Maze procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 142 (5): 989–94.
43. Wang W., Guod L.R. et al. Biatrial reduction plasty with reef imbricate technique as an adjunct to maze procedure for permanent atrial fibrillation associated with giant left atria. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2010; 10: 577–81.
44. Wang W., Buehler D. et al. Left atrial wall tension directly affects the restoration of sinus rhythm after Maze procedure. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40: 77–82.
45. Marui A., Saji Y. et al. Impact of left atrial volume reduction concomitant with atrial fibrillation surgery on left atrial geometry and mechanical function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2008; 135 (6): 1297–305.
46. HRS/EHRA/ECAS Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: Recommendations for Personnel, Policy, Procedures and Follow-Up. *Heart Rhythm.* 2007; 4 (6): 816–60. DOI: 10.1016/j.hrthm.2007.04.005.
47. Chen M., Chang J. et al. Atrial pacemaker complex preserved radiofrequency maze procedure reducing the incidence of sick sinus syndrome in patients with atrial fibrillation. *Chest.* 2005; 128 (4): 2571–5.
48. Choi J.B., Park H.K. et al. Predictive factors of sustained sinus rhythm and recurrent atrial fibrillation after the Maze procedure. *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 46: 117–23.
49. Munger T.M., Wub L., Shen W.K. Atrial fibrillation. *J. Biomed. Research.* 2014; 28 (1): 1–17.
50. Poynter J.A., Beckman D.J. et al. Surgical treatment of atrial fibrillation: the time is now. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 90: 2079–86.
51. Shen J., Bailey M., Damiano R.J. Surgery for lone atrial fibrillation: present state of the art. *Innovations (Phila).* 2009; 4 (5): 248–55.
52. Bockeria L.A., Makhaldiani Z.B., Biniashvili M.B. Application of alternative sources of energy in the treatment of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii.* 2006; 2: 27–39 (in Russian).
53. 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.
54. Damiano R.J. et al. Future directions in atrial fibrillation surgery. *J. Arrhythm.* 2007; 23 (1): 12–20.

Поступила 12.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г.

Рубрика: хирургическая аритмология

© Л.А. БОКЕРИЯ, А.В. СЕРГЕЕВ, 2014

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 616.12-008.313.2-089.168:616.125-008.318

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.3

**ПРЕДСЕРДНЫЕ АРИТМИИ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ
ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ***Тип статьи: обзорная статья**Л.А. Бокерия, А.В. Сергеев*

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»; Сергеев Алексей Викторович, канд. мед. наук, научн. сотр., e-mail: sergeev_av@list.ru

Хирургическая абляция фибрилляции предсердий (ФП) выполняется в основном при сочетанных операциях у пациентов с сопутствующей врожденной или приобретенной патологией сердца. Однако в последнее время отмечается значительное увеличение интереса и электрофизиологов, и сердечно-сосудистых хирургов к данному вмешательству как к самостоятельной процедуре. Необходимо отметить, что даже хирургическая абляция не обладает стопроцентной эффективностью, что проявляется развитием послеоперационных предсердных аритмий. Из-за возрастающей операционной активности по хирургической абляции ФП в ближайшем будущем ожидается увеличение числа пациентов с предсердными аритмиями после таких операций. Данная категория пациентов требует изучения механизма предсердных аритмий после хирургической абляции ФП, разработки соответствующих алгоритмов лечения и изучения исходов в отдаленном послеоперационном периоде. Проведен анализ данных мировой литературы в поисковых системах PubMed, MedLine, Google (статьи на русском языке) с использованием следующих ключевых слов: atrial arrhythmias, surgical ablation of atrial fibrillation, atrial fibrillation surgery, recurrent atrial arrhythmia, предсердные аритмии после операции «лабиринт», предсердные аритмии после хирургической абляции ФП. В начале поиска выделены 146 статей, из которых в дальнейшем после анализа названия статьи отобраны для литературного обзора 16 оригинальных статей, содержащих данные по предсердным аритмиям после хирургической абляции ФП. Интересен факт отсутствия обзоров в отобранных статьях. Три статьи исключены из обзора, так как в них приведены данные по предсердным аритмиям после мининвазивной абляции ФП с видеоподдержкой. В различных исследованиях получены хорошие отдаленные результаты операции «лабиринт» с применением современных альтернативных методов воздействий взамен изначальной методики «разрез-шов». Вместе с тем необходимо отметить, что незавершенные линии воздействия или зарубцевавшиеся ткани в области хирургического воздействия могут создавать субстрат для развития инцизионных макро-риентри предсердных тахикардий при отсутствии в отдаленном послеоперационном периоде ФП как таковой. Послеоперационные аритмии часто субъективно хуже переносятся пациентами в сравнении с изначальной ФП, так как носят организованный характер. В связи с этим важно знать электрофизиологические характеристики данных аритмий, чтобы проводить их эффективное картирование и абляцию.

Ключевые слова: операция «лабиринт»; послеоперационные предсердные аритмии; радиочастотная абляция.

ATRIAL ARRHYTHMIAS AFTER SURGICAL TREATMENT OF ATRIAL FIBRILLATION*L.A. Bockeria, A.V. Sergeev*

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; Sergeev Aleksey Viktorovich, MD, PhD, Research Associate, e-mail: sergeev_av@list.ru

Surgical ablation of atrial fibrillation (AF) is predominantly performed as a concomitant antiarrhythmic procedure in patients with congenital or acquired cardiac pathology. The number of stand-alone procedures to ablate AF has dramatically increased for the last decades. It is important to note, however, that these procedures still suffer from failures manifested by occurrence of postoperative atrial arrhythmias. Given the current surgical activity in this field, it is expected that the number of patients with postablative atrial arrhythmias will be increased in the near future. Management of these patients requires better understanding of the mechanisms of postablative atrial arrhythmias, developing of treatment algorithms and observing late outcomes after arrhythmia surgery. Articles on surgical treatment of AF were searched in PubMed, MedLine, Google (for articles in Russian) using following keywords: atrial arrhythmias, surgical ablation of AF, AF surgery, recurrent atrial arrhythmias, atrial arrhythmias after maze-procedure. One hundred forty six articles were found. After in-depth analysis 16 original articles on atrial arrhythmias after surgical ablation of AF were selected for the review. Interestingly, there were no review articles among found articles. Three articles were excluded because they contained data on recurrent atrial arrhythmias after minimally invasive endoscopic ablation of AF. In different studies good late results of surgical ablation of AF using alternative energy sources instead of "cut-and-sew" technique have acquired. It should be noted that inconsistent ablation lines or postoperative scars may lead to incisional macro-reentry atrial arrhythmias and these arrhythmias are definitely not AF. Postoperative arrhythmias are poor tolerated by patients compared to AF because these are good organized and have high ventricular response. Underlying electrophysiological properties of these arrhythmias should be studied to properly map and ablate them.

Key words: maze-procedure; postoperative atrial arrhythmias; radiofrequency ablation.

Хирургическая абляция фибрилляции предсердий (ФП) выполняется в основном при сочетанных операциях у пациентов с сопутствующей врожденной или приобретенной патологией сердца. Однако в последнее время отмечается значительное увеличение интереса как электрофизиологов, так и сердечно-сосудистых хирургов к хирургической абляции ФП как к самостоятельной процедуре [1–3]. Возможными кандидатами на выполнение изолированной хирургической абляции ФП являются пациенты после многочисленных безуспешных катетерных абляций ФП [4, 5].

Несмотря на то что схема проведения хирургической абляции ФП до сих пор остается предметом дискуссий, в сравнительных исследованиях была показана необходимость проведения абляции в левом предсердии (ЛП), включая изоляцию легочных вен (ЛВ) [6, 7]. Необходимо отметить, что даже хирургическая абляция не обладает стопроцентной эффективностью, что проявляется развитием послеоперационных предсердных аритмий (ПА) [8]. Частота развития послеоперационных ПА зависит от отбора пациентов на операцию и использованного источника энергии в рамках хирургического вмешательства [9].

Из-за возрастающей операционной активности в рамках хирургической абляции ФП в ближайшем будущем ожидается увеличение числа пациентов с ПА после таких вмешательств. Данная категория больных требует изучения механизма ПА после хирургической абляции ФП, разработки соответствующих алгоритмов лечения и изучения исходов в отдаленном послеоперационном периоде [10–13].

Проведен анализ данных мировой литературы в поисковых системах PubMed, MedLine с использованием следующих ключевых слов: atrial arrhythmias, surgical ablation of atrial fibrillation, atrial fibrillation surgery, recurrent atrial arrhythmia, предсердная аритмия после операции «лабиринт», предсердная аритмия после хирургической абляции ФП. В начале поиска выделены 146 статей, из которых в дальнейшем после анализа названия статьи отобраны для литературного обзора 16 оригинальных статей, содержащих данные по ПА после хирургической абляции ФП. Интересен факт отсутствия среди них обзорных статей. Три статьи исключены из обзора, так как в них приведены данные по ПА после миниинвазивной абляции ФП с видеоподдержкой.

В 2004 г. Y. Ishii и соавт. включили в свое исследование 200 пациентов, которым была проведена операция «лабиринт» с 1987 по 2002 г. [14]. Средний возраст пациентов составил $53,4 \pm 11,1$ года. Средний срок наблюдения — 103 ± 37 мес. Тридцати (15%) пациентам была выполнена процедура «лабиринт I», 12 (6%) — «лабиринт II», 158 (79%) — «лабиринт III». При этом у 123 (62%) пациентов была изолированная ФП без сопутствующей органической патологии сердца.

В раннем послеоперационном периоде (до 30 дней после операции) у 86 (43%) пациентов развились эпизоды ПА (ФП, трепетание предсердий). Электрофизиологическое исследование (ЭФИ) и катетерную радиочастотную абляцию (РЧА) выполняли 12 пациентам с рецидивировавшими ПА в отдаленном периоде. У 6 пациентов на момент проведения ЭФИ диагностирова-

но трепетание предсердий. У всех данных пациентов выявлено левопредсердное трепетание (ЛТ). Двум пациентам проводили РЧА или фулгурацию в области коронарного синуса по причине того, что через коронарный синус возобновилось проведение из ЛП на правое предсердие (ПП) после интраоперационных криовоздействий. Один пациент получал антиаритмическую терапию. Трем пациентам была проведена радиочастотная модификация АВ-узловой проводимости и имплантация ЭКС. У двух пациентов зарегистрирована ФП, далее им была выполнена модификация АВ-узловой проводимости и имплантация ЭКС. У 4 пациентов диагностирована правопредсердная тахикардия, которая во всех случаях была успешно устранена с помощью РЧА.

В данном исследовании были сделаны несколько существенных выводов. Во-первых, не было выявлено связи между частотой развития послеоперационных ПА и поздним рецидивом ФП после операции. Во-вторых, было показано, что незавершенные линии аблации рядом с клапанным кольцом или коронарным синусом могут служить источником инцизионных послеоперационных предсердных тахикардий (ПТ) вокруг колец митрального или трикуспидального клапанов. После хирургического лечения ФП также могут развиваться фокальные ПТ, выявленные у 4 пациентов и успешно устраненные с помощью РЧА. Хотелось бы отметить, что авторы при устранении послеоперационных ПТ не применяли системы трехмерного картирования, поэтому могли лишь косвенно судить о механизмах и локализации аритмогенного субстрата.

Однако в том же 2004 г. R. Kobza и соавт. опубликовали результаты исследования 129 пациентов с ФП, которым выполнялась хирургическая аблация ФП с помощью униполярной радиочастотной энергии [15]. Средний возраст пациентов составил 53 ± 9 лет. Средний срок наблюдения — 20 ± 6 мес.

Предсердные аритмии после операции развились у 8 (6,2%) пациентов. Для верификации ПА после хирургической аблации ФП применялась система трехмерного картирования CARTO XR. В отдаленном периоде ЛТ выявлено у 4 (3,1%) пациентов. Трем пациентам, у которых антиаритмическая терапия была неэффективной, проведено ЭФИ, во время которого выявлено ЛТ, ассоциированное с несостоятельностью линий аблации. Время до процедуры РЧА

составило 4, 7 и 28 мес после операции соответственно. У 1 пациента ЛТ индуцировалось во время ЭФИ, однако в связи с его неустойчивостью аблация не проводилась. Выполнена коррекция антиаритмической терапии, в результате которой ЛТ в дальнейшем не отмечалось. У 2 (1,6%) пациентов через 4 и 5 мес после хирургической аблации выполнена аблация кавотрикуспидального истмуса по поводу истмусзависимого трепетания предсердий. У 2 (1,6%) пациентов диагностирована эктопическая ПТ из области пограничного гребня и АВ-узла. Через 5 и 7 мес после операции соответственно проведены успешные РЧА данных тахикардий.

Авторы свидетельствуют о том, что достаточно низкая частота развития послеоперационных аритмий связана с прямой визуализацией областей сердца, в которых проводится аблация, и хорошим контактом электрод—ткань. Однако у 4 пациентов линии аблации по задней стенке ЛП все же были несостоятельны. Необходимо отметить, что интенсивные воздействия по задней стенке ЛП несут в себе риск повреждения пищевода, поэтому всегда необходимо сопоставлять пользу и потенциальный риск воздействий.

В 2005 г. G. Golovchiner и соавт. опубликовали результаты исследования, в которое были включены 50 пациентов после хирургической аблации ФП в сочетании с вмешательством на митральном клапане (МК) [16]. Интраоперационно аблация проводилась с помощью униполярной орошаемой радиочастотной энергии. Средний возраст пациентов составил 59 ± 13 лет. Средний срок наблюдения — 15 ± 7 мес.

Суммарно у 7 (14,0%) пациентов развились послеоперационные ПА, и это была не ФП. В данном исследовании системы трехмерного картирования не применялись. У 6 пациентов диагностировано трепетание предсердий, у 1 больного — ПТ. Средняя длительность цикла аритмий составила $244,5 \pm 27,0$ мс. Пяти из 6 пациентов с трепетанием предсердий в среднем через 7,7 мес проведено ЭФИ. У 1 из данных 6 пациентов верифицировано типичное истмусзависимое трепетание предсердий, у оставшихся 5 пациентов — ЛТ. Его не устраняли, и картирование непосредственно в ЛП не проводили. Признаки ЛТ включали: время активации ПП менее 50% от длительности цикла трепетания предсердий в 10 различных точках ПП, включая кавотрикуспидальный истмус, межпредсердную перегородку, заднюю и свободные стенки ПП

(у всех 5 пациентов); манифестный интрейнтмент (от англ. entrainment) с постстимуляционным интервалом 40 мс в сравнении с длительностью цикла трепетания более чем в 3 точках, включая кавотрикуспидальный истмус и боковую стенку ПП и исключая межпредсердную перегородку и коронарный синус (у всех 5 больных); спонтанные вариации длительности цикла в ПП более 100 мс при одновременной вариации цикла в ЛП менее 20 мс (2 пациента). Аблацию ПТ также не проводили. Через 12 нед после операции одному пациенту была проведена электрическая кардиоверсия с восстановлением ритма. Судить о причинах развития ЛТ не представляется возможным, так как не было проведено как минимум активационное картирование в ЛП, что является существенным недостатком данного исследования.

В 2006 г. T. Deneke и соавт. опубликовали результаты исследования, в которое были включены 238 пациентов после хирургической аблации ФП [17]. У 114 (48%) пациентов был выполнен левопредсердный «лабиринт», у остальных – биатриальный «лабиринт» с помощью униполярной орошаемой энергии. Из 238 пациентов в среднем через 12 ± 7 мес после операции у 9 (3,8%) пациентов развились устойчивые ПА. Электрофизиологическое исследование выполнено у всех 9 пациентов в среднем через 6 мес после операции. Средняя длительность цикла тахикардии составила 260 ± 54 мс. Аритмии развивались в ПП у 6 пациентов (у 5 – после левопредсердного «лабиринта», у 1 – после биатриального). У 3 пациентов выявлены левопредсердные аритмии (все 3 после биатриального «лабиринта»).

Средняя длительность цикла правопредсердных аритмий была равна 286 ± 36 мс. Аритмии включали типичное истмусзависимое трепетание предсердий (у 3 пациентов), правопредсердную макрориентри тахикардию (у 2 пациентов: у 1 из них – нижнепетлевую макрориентри, у другого – инцизионную макрориентри вокруг латеральной межкавальной линии аблации) и правопредсердную эктопическую тахикардию из области кавотрикуспидального перешейка.

У 3 пациентов выявлены левопредсердные аритмии. У 1 пациента при активационном картировании верифицирована макрориентри вокруг кольца МК, однако брешей в линии аблации в левом латеральном перешейке выявить не удалось. Таким образом, блок в латеральном истмусе получен не был. После кардиоверсии регистрировались пробежки полиморфной ПТ

из области задней стенки ЛП. В период наблюдения аритмия рецидивировала, и через 2 мес после первой аблации пациенту потребовалась имплантация ЭКС с выполнением модификации АВ-узлового проведения. У 1 пациента была также выявлена макрориентри вокруг кольца МК, однако аритмию удалось купировать только после создания второй линии аблации в левом латеральном перешейке (рис. 1).

Таким образом, в данном исследовании вторичные аритмии после хирургической аблации ФП не всегда были связаны с несостоятельностью линий аблации, что не согласуется с данными, полученными ранее R. Kobza и соавт., которые предположили, что электрофизиологические брешы в линиях аблации возникали за счет нетрансмуральности созданных линий [15]. Однако в исследовании были выявлены обширные рубцовые зоны с вольтажом менее 0,5 мВ. При этом возможна несостоятельность линий аблации за счет жизнеспособной миокардиальной ткани, формирующей низковольтажные зоны. Все же левопредсердные макрориентри тахикардии редко возникали в описанном исследовании, несмотря на то что линия аблации в области левого латерального перешейка часто оказывается нетрансмуральной [18]. Это может свидетельствовать о том, что взаимосвязь между гистологической трансмуральностью и электрофизиологическим проведением остается неясной.

В 2006 г. O. Wazni и соавт. опубликовали результаты изучения ПА после хирургической операции «лабиринт» [19]. В исследование были включены 23 пациента, средний возраст которых составил 64 ± 12 лет. Всем пациентам ранее была проведена операция «лабиринт» по методике «разрез–шов». Для изучения электрофизиологических характеристик послеоперационных ПА применяли систему CARTO-3. У 8 (35%) пациентов был выявлен рецидив ФП в связи с восстановлением проведения по линиям, изолирующим ЛВ (рис. 2, а). При этом для успешного лечения данных пациентов была необходима дополнительная изоляция устьев ЛВ.

У 5 (22%) пациентов диагностированы фокусные ПТ (средняя длительность цикла 449 ± 85 мс), которые локализовались в области коронарного синуса (3 пациента), заднебоковой стенке ПП (1 больной) и септально со стороны ЛП (1 пациент). У 6 (26%) пациентов выявлено ЛТ, у 4 (17%) – правопредсердное инцизионное трепетание (средняя длительность цикла 260 ± 42 мс).

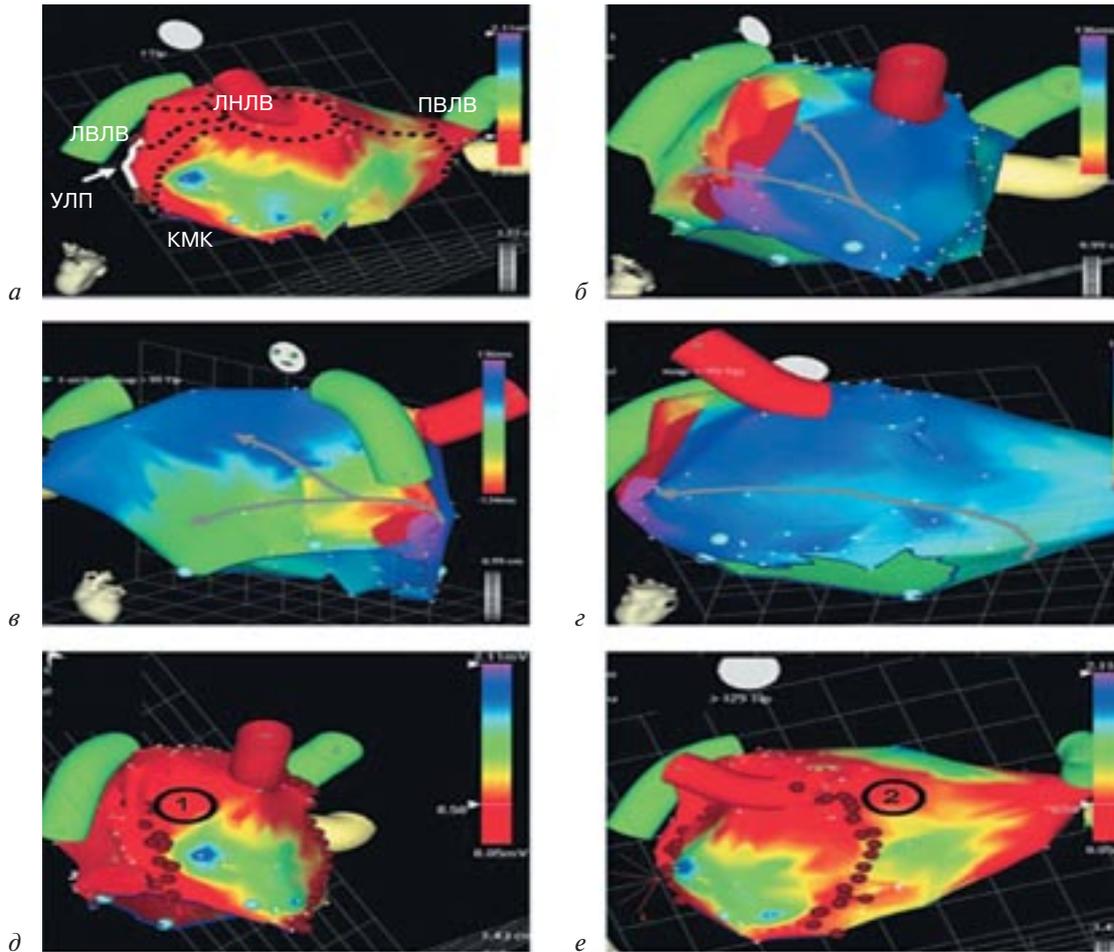


Рис. 1. Электроанатомическая карта ЛП у пациента после хирургического лечения ФП:

a – на электроанатомической биполярной карте ЛП в области ранее проведенной абляции (черные точки) имеются рубцовые зоны (амплитуда сигнала менее 0,5 мВ) вокруг устьев всех ЛВ протяженностью до резецированного ушка ЛП. Также рубцовые зоны располагаются в области левого латерального перешейка; *б–в* – различные проекции активационных карт круга макрорентри вокруг кольца МК (серые стрелки); *д* – биполярная активационная карта ЛП. Линия абляции в области латерального перешейка (1) не привела к купированию тахикардии; *е* – вторая линия абляции, созданная немного кзади (2), привела к купированию аритмии. ПВЛВ – правая верхняя легочная вена; ЛВЛВ – левая верхняя легочная вена; ЛНЛВ – левая нижняя легочная вена; УЛП – ушко левого предсердия; КМК – кольцо митрального клапана

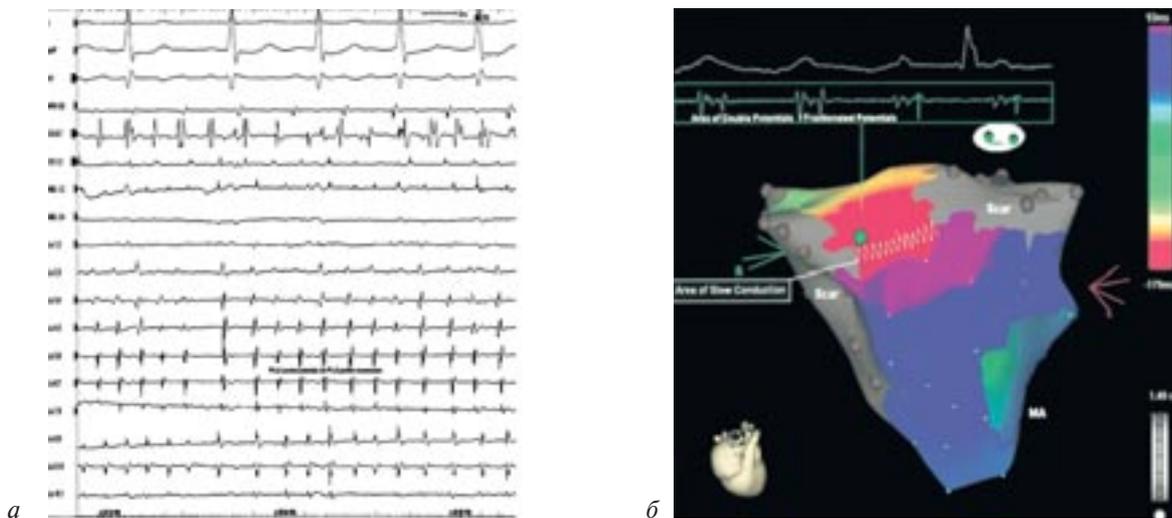


Рис. 2. Фибрилляция и трепетание предсердий:

a – электрограмма и эндограммы, отражающие фибрилляцию предсердий на фоне восстановления проведения между легочными венами и левым предсердием; *б* – трехмерная карта (CARTO), построенная на левопредсердном трепетании

Необходимо подробнее остановится на левопредсердных аритмиях. У 4 из 6 больных верифицировано трепетание вокруг кольца МК. Критический истмус при данной аритмии находился между кольцом МК и рубцовой зоной в области задней стенки ЛП. Интересно, что у 2 пациентов РЧА от правой нижней ЛВ до кольца МК привела к купированию аритмии, а у 2 других — лишь к увеличению длительности цикла аритмии. При этом для купирования трепетания предсердий у одного пациента было необходимо создание второй линии аблации от левой нижней ЛВ до кольца МК, а у второго больного требовалось проведение дополнительной РЧА в переднесептальной части правых ЛВ. У 2 пациентов выявлено трепетание вокруг правых ЛВ, а во время ЭФИ выявлена зона двойных потенциалов в верхнезадней части ЛП. Тахикардия купировалась при аблации в области переднесептальной линии (рис. 2, б). Ни у одного из приведенных пациентов не потребовалась РЧА из коронарного синуса.

У 3 из 4 пациентов с правопредсердными инцизионными тахикардиями выявлено инцизионное трепетание вокруг атриотомного рубца. Трепетание в этих случаях устранено после создания линии аблации между рубцовой зоной и устьем верхней полой вены. У четвертого пациента аблация была неэффективной ввиду полиморфной ПТ.

Важность данного исследования заключается в том, что была продемонстрирована возможность восстановления проведения между ЛП и ЛВ после операции «лабиринт» по методике «разрез—шов». Кроме того, выявлено, что примерно у одной трети пациентов при этом регистрируются послеоперационные ПА, в том числе примерно в половине случаев — инцизионные.

В том же 2006 г. А. Magnano и соавт. опубликовали результаты исследования, в которое были включены 20 пациентов после хирургической аблации ФП с помощью микроволновой аблации (10 пациентов), РЧА (8 больных), криоаблации (1 пациент) и лазерной (1 больной) аблации [20]. Средний возраст пациентов составил 58 ± 14 лет. Левопредсердный «лабиринт» выполнен у 17 пациентов, у 3 больных — биатриальный «лабиринт». Картирование послеоперационных аритмий проводилось с помощью системы CARTO.

У 20 пациентов выполнены 26 катетерных процедур. Одному больному проведены 3 процедуры ЭФИ и РЧА, у 4 пациентов проведены

по 2 процедуры. Повторные процедуры проводились по поводу рецидива ранее устраненных аритмий (2 больных) и по поводу появления новых аритмий (4 пациента). У 5 больных выявлены не полностью организованные ПА. При этом у данных пациентов правопредсердные эндограммы и локальные эндограммы в области коронарного синуса периодически проявляли черты организованности. При наблюдении в течение нескольких минут локальная длительность цикла, морфология биполярных эндограмм, фронты предсердной активации, а также области пучка Бахмана изменялись. Интреймент-стимуляция данных тахикардий не представлялась возможной даже при наличии признаков организации аритмий. Приведенные 5 тахикардий были признаны некартируемыми, и система CARTO в данных случаях не применялась.

У оставшихся 14 пациентов проведено право- и левопредсердное картирование. Выявлены 26 организованных и потенциально картируемых тахикардий, 7 из них при картировании в ЛП трансформировались в тахикардии с другими фронтами активации и были признаны не полностью картируемыми. Оставшиеся 19 тахикардий были полностью изучены: макрориентри ЛТ (9 циклов), фокусные левопредсердные тахикардии (4 цикла), типичное истмусзависимое трепетание предсердий (6 циклов) и атипичное правопредсердное трепетание (1 цикл).

У 7 пациентов верифицированы 9 ЛТ с различными фронтами возбуждения, в формировании которых принимали участие кольцо МК, ранее созданные линии аблации и области двойных потенциалов. Во время данных тахикардий зоны прорыва возбуждения со стороны ПП выявлены в области пучка Бахмана и устья коронарного синуса.

При картировании 6 циклов макрориентри выявлены два сходных направления распространения фронтов возбуждения: волна возбуждения в области задней стенки ЛП и фронт в области изоляции правых и левых ЛВ. В трех оставшихся трепетаниях границами круга макрориентри были передняя часть кольца МК и переднебоковая область ЛП рядом с рубцовой линией, образовавшейся после изоляции ушка ЛП.

У 2 пациентов обнаружены 3 фокусные левопредсердные тахикардии с центрифугальным распространением фронта активации из левопредсердного фокуса или аритмогенного очага в межпредсердной перегородке. При картировании одной из тахикардий с длительностью цик-

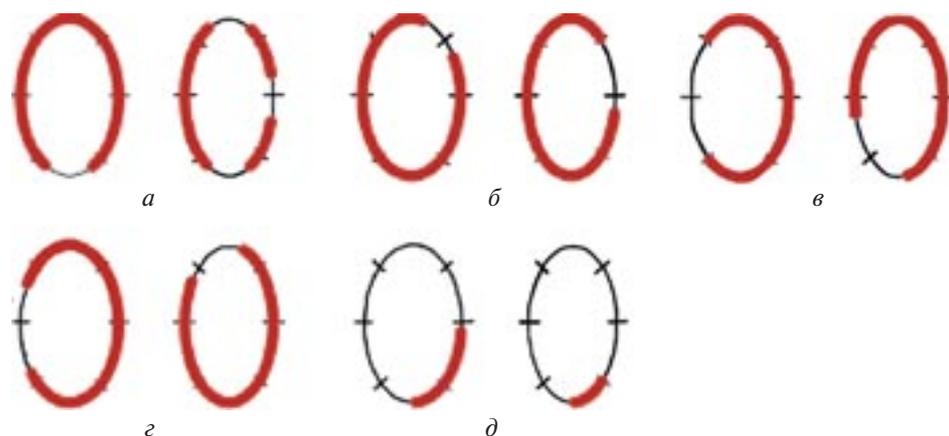


Рис. 3. Несостоятельность линий абляции вокруг ипсилатеральных легочных вен у пяти пациентов (а–г)

ла 540 мс с помощью системы CARTO в области задней стенки ЛП выявлена рубцовая зона (амплитуда сигнала менее 0,1 мВ) и зона низкоамплитудного сигнала (0,1–0,5 мВ). Область наиболее ранней активации на тахикардии выявлена в задней полуокружности кольца МК. Предсердные электрограммы, а также потенциалы в области устья правой нижней ЛВ зафиксированы не были. При нанесении РЧА в области, прилежащей к устью вены, тахикардия купировалась. Во время второй процедуры ЭФИ и РЧА была выявлена фокальная ПТ с длительностью цикла 480 мс с ранней зоной активации в области межпредсердной перегородки. Проведено картирование межпредсердной перегородки с обеих сторон. Абляция в наиболее ранней зоне привела к развитию преходящей АВ-блокады III степени, но добиться купирования тахикардии не удалось. У другого пациента также во время второй процедуры ЭФИ и РЧА обнаружена фокальная ПТ с наиболее ранней зоной активации рядом с устьем правой нижней ЛВ. Абляция в данной зоне позволила устранить тахикардию.

Типичное истмусзависимое трепетание диагностировано у 6 больных. Средняя длительность цикла составила 291 ± 56 мс. Интересно, что у этих пациентов не было типичных ЭКГ-признаков истмусзависимого трепетания. Всем больным с истмусзависимым трепетанием предсердий ранее проведен только левосторонний «лабиринт».

У 5 пациентов с ЭКГ-признаками трепетания предсердий выявлены некартируемые тахикардии по причине спонтанного изменения фронта активации.

В 2007 г. К. Chun и соавт. опубликовали результаты интересного исследования, касающе-

го рецидивов ФП после операции «лабиринт» [11]. Авторы включили в исследование 8 симптомных пациентов (средний возраст 62 ± 5 лет) с рефрактерной к антиаритмической терапии ФП. Ранее данным больным была проведена операция «лабиринт» (4 пациентам – РЧА, 3 – криоабляция, 1 – микроволновая абляция). Проведено инвазивное ЭФИ с изучением 29 ЛВ по методике «double-lasso». Была показана незавершенность линий изоляции ипсилатеральных ЛВ у 7 из 8 пациентов. Указанная методика в сочетании с применением трехмерной навигации позволила точнее локализовать бреши в линиях абляции (рис. 3). Проведена дополнительная изоляция ЛВ.

Только у 1 пациента выявлена состоятельная электрическая изоляция ЛВ, однако у него же обнаружена несостоятельность линии в области левого латерального истмуса. С помощью системы трехмерного картирования линия дополнена абляцией изнутри коронарного синуса, что привело к купированию ЛТ.

Помимо дополнительной изоляции ЛВ, у пациентов устранены 5 макрориентри ПТ, фронт возбуждения которых вращался вокруг кольца МК, и 1 типичное трепетание предсердий.

В 2010 г. Р. McCarthy и соавт. опубликовали материалы исследования о причинах неэффективности хирургической абляции ФП [21]. Были проанализированы результаты хирургической абляции у 408 пациентов. У 56 (13,7%) пациентов операция «лабиринт» была выполнена в качестве самостоятельной процедуры, а у 352 (86,3%) – в дополнение к коррекции органической патологии сердца. Классическая операция «лабиринт» по методике «разрез–шов» проведена 68 (16,7%) па-

циентам, 24 (5,9%) – с помощью высокоинтенсивного фокусированного ультразвука, 50 (12,3%) – радиочастотная изоляция ЛВ, 175 (42,9%) – изолированный левопредсердный «лабиринт», 91 (22,3%) – биатриальный «лабиринт».

Катетерная абляция послеоперационных ПА выполнена у 27 (6,7%) из 401 пациента, у которых развились послеоперационные аритмии. Максимальная частота данных аритмий была выявлена в группе высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (у 9 (37,5%) из 24 пациентов). Выяснилось, что после применения данного вида энергии у 100% пациентов ЛВ были не изолированы. В группе пациентов после радиочастотной изоляции ЛВ катетерная абляция послеоперационных аритмий выполнена у 2 (4%) из 50 пациентов. В этой группе ЛВ были изолированы у всех больных. У обоих пациентов выявлено типичное истмусзависимое трепетание предсердий. В группе классической операции «лабиринт» абляции потребовались у 3 (4,4%) из 68 пациентов. У 1 (1,5%) пациента, несмотря на применение методики «разрез–шов», идентифицирована неполная изоляция правой верхней ЛВ. У 2 (2,9%) пациентов обнаружена несостоятельность линии к МК.

В группе изолированного левопредсердного «лабиринта» абляции выполнены у 6 (3,4%) пациентов. У 1 пациента выявлена несостоятельность «box lesion» с применением криоабляции.

Кроме того, у 2 больных диагностирована несостоятельность линии к МК, а у 5 пациентов – правопредсердная фокусная тахикардия.

В группе больных после биатриального «лабиринта» абляция потребовалась у 7 (7,7%) из 91 пациента. У 5 (5,5%) пациентов выявлена незавершенность «box lesion». У 2 (2,2%) пациентов обнаружена несостоятельность линии абляции к МК. Еще у 2 (2,2%) больных выявлены бреши в правопредсердных линиях абляции. У 1 (1,0%) пациента диагностирована правопредсердная фокусная тахикардия. Свобода от абляций представлена на рисунке 4.

В 2010 г. L. Henry и соавт. представили результаты катетерного лечения рецидивирующих ПА у пациентов после хирургической абляции ФП [22]. В исследование были включены 400 пациентов. Ранее больным была проведена операция по методике «лабиринт III» или «лабиринт IV» (350 пациентов; биполярная или униполярная РЧА – 2%, криоабляция – 35%, комбинация криоабляции и РЧА – 63%), а также только левопредсердная абляция (50 пациентов; биполярная РЧА – 67%, криоабляция – 34%, комбинация криоабляции и РЧА – 10%).

В дальнейшем катетерные вмешательства по поводу рецидивирующих ПА проведены у 16 (4%) пациентов. Средний возраст пациентов составил $61,2 \pm 14,7$ года. Суммарно проведены 24 процедуры РЧА и только 10 пациентам

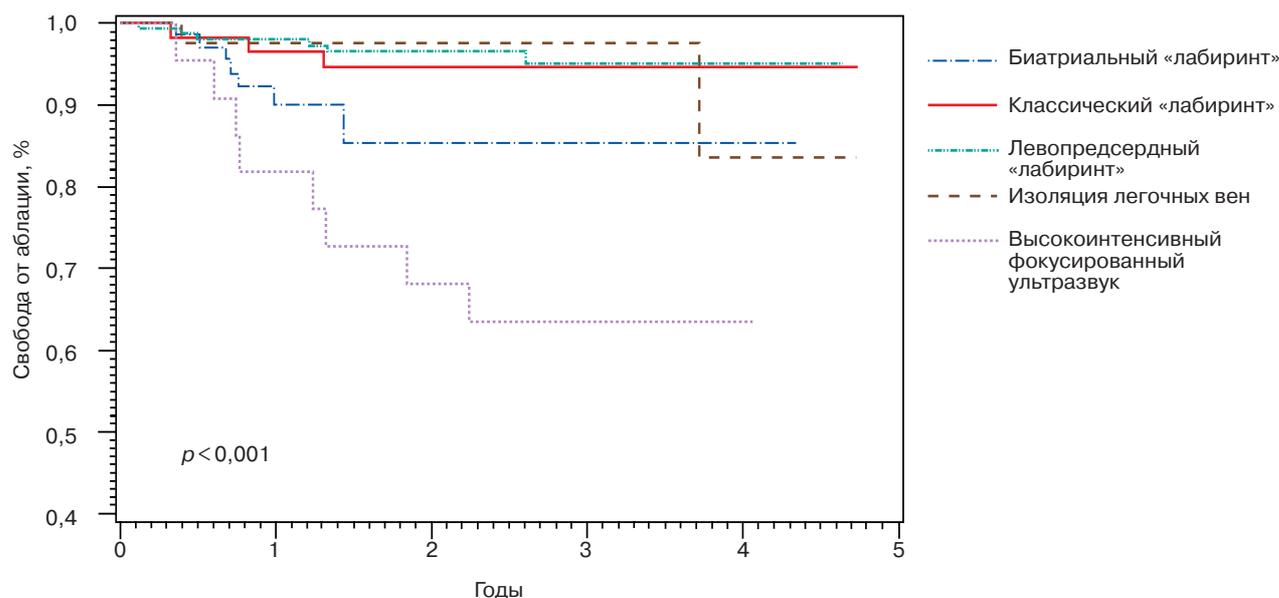


Рис. 4. Свобода от абляций в зависимости от типа проведенного лечения ФП. У пациентов, которым проводили абляцию с помощью высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (HIFU), рецидивы аритмий развивались раньше всех. Им потребовалось выполнение большего числа РЧА в сравнении с пациентами в других группах ($p < 0,001$)

была проведена одна процедура. Четырем больным данной группы ранее проведена имплантация ЭКС. При проведении ЭФИ были верифицированы следующие типы аритмий: 7 правопредсердных трепетаний и ПТ, 3 ЛТ, 1 биатриальное трепетание и 5 левопредсердных тахикардий. После первой процедуры РЧА у 6 пациентов наступил рецидив аритмии. Впоследствии у 2 больных из данных 6 была проведена абляция АВ-узла по причине рецидива атипичного трепетания предсердий, при этом ранее им были имплантированы ЭКС. У 2 других пациентов, которым ранее была проведена абляция кавотрикуспидального истмуса, выполнена РЧА правопредсердных тахикардий.

У одного из больных, которому ранее была проведена абляция по поводу биатриальной тахикардии, сохранялась симптомная ПТ с проведением 1:1, что потребовало выполнения абляции АВ-узла. Еще 1 пациенту после абляции правопредсердной тахикардии выполнена РЧА по поводу рецидива типичного трепетания предсердий. Одному пациенту потребовалось проведение третьей процедуры ЭФИ и РЧА по поводу рецидива правопредсердной тахикардии. Позже больному была проведена абляция АВ-узла.

Интересно, что при проведении катетерных вмешательств в данном исследовании подтвердили наличие изолированных ЛВ, хотя во время операции состоятельность изоляции не проверяли.

В дальнейшем при наблюдении через 2 года авторы работы показали, что примерно 15% пациентов требуется проведение РЧА по поводу рецидивирующих послеоперационных ПА, причем симптоматически данные организованные аритмии переносятся тяжелее, нежели ранее существовавшая ФП.

В 2011 г. А.Ш. Ревешвили и соавт. опубликовали результаты исследования комбинированного (хирургического и интервенционного) подхода к лечению ФП по методике «лабиринт IV» с помощью радиочастотной абляции [23]. В исследование были включены 50 пациентов (средний возраст 55 ± 6 лет). За 4-месячный период после операции у 7 (14%) пациентов выявлены рецидивирующие ПА; ФП не фиксировалась. Проведено ЭФИ, в результате которого выявлены следующие типы аритмий: у 1 пациента – левопредсердная эктопическая тахикардия по причине восстановления проведения из левой верхней ЛВ; у 1 больного – истмусзависимое трепетание; у 5 пациентов – ЛТ. Проведена

успешная катетерная РЧА указанных аритмий. У пациентов с ЛТ критические для абляции зоны обнаружены в области впадения левой верхней ЛВ в ЛП (у 2 пациентов) и в области гребня ЛП (также у 2 больных). Кроме того, по данным той же группы авторов, частота послеоперационных ПА составляет 13,6% [24, 25].

В 2014 г. Y. Нюо и соавт. опубликовали результаты исследования ПА после хирургического лечения ФП [26]. В исследование вошли 82 пациента с рецидивирующими ПА, которым ранее были проведены РЧА. У 22 (27%) больных диагностирован рецидив ФП, у 52 (63%) – регулярные ПТ и у 8 (10%) пациентов рецидивировали обе аритмии. Интраоперационно проводили радиочастотную абляцию 17 (21%) пациентам, криоабляцию – 65 (79%) больным. Схемы абляции представлены в ранее опубликованных статьях [27, 28]. Процедуры картирования и абляции осуществлялись с помощью систем трехмерного картирования.

У пациентов с регулярными ПТ обязательно проверяли состоятельность следующих линий абляции: 1) линия абляции в области крыши ЛП; 2) линия к кольцу МК; 3) линия в области кавотрикуспидального истмуса; 4) другие линии абляции («box lesion», линия, соединяющая линию абляции в области крыши ЛП и его передней стенки) [29].

У 85 пациентов суммарно верифицировано 103 ПТ. При картировании 17 ПТ маневр интрейнмента был невозможен, так как 14 ПТ трансформировались в ФП или купировались. В 3 других случаях происходило спонтанное изменение фронта активации.

Из 103 тахикардий проведено успешное картирование и абляция 86 (83%) циклов. Тахикардии включали 1 фокальную ПТ, 55 левопредсердных риентри тахикардий, 2 локальные риентри тахикардии в области устья коронарного синуса, 1 верхнепетлевую правопредсердную макрориентри тахикардию и 27 истмусзависимых макрориентри тахикардий. Локальные риентри тахикардии в ЛП локализовались преимущественно в области межпредсердной перегородки (5 из 7 тахикардий); 27 (59%) из 46 макрориентри тахикардий в ЛП были перимитральными; 8 (17%) из 46 макрориентри тахикардий локализовались в области крыши ЛП, причем превалировали 2 круга риентри: 1) крыша ЛП, межпредсердная перегородка, нижняя часть ЛП и задняя стенка ЛП (7 циклов) и 2) крыша ЛП и его передняя стенка (1 цикл). Девять макрориентри

тахикардий в ЛП были ассоциированы с ЛВ, причем в 2 случаях круг рентири проходил вокруг правых ЛВ, а в 7 случаях — вокруг левых ЛВ.

У 65 (79%) пациентов потребовалась дополнительная изоляция ЛВ, причем группы РЧА и криоабляции достоверно не различались по показателю изоляции ЛВ.

На протяжении многих лет антиаритмическая терапия ФП считалась терапией первой линии. Однако неудовлетворительные отдаленные результаты привели к разработке катетерной РЧА ФП и различных модификаций операции «лабиринт». При этом доказано, что отдаленная эффективность больше у операции «лабиринт».

В различных исследованиях получены хорошие отдаленные результаты операции «лабиринт» с применением современных альтернативных методов воздействий взамен изначальной методики «разрез—шов». Вместе с тем необходимо отметить, что незавершенные линии воздействия или зарубцевавшиеся ткани в области хирургического воздействия могут создавать субстрат для развития инцизионных макрориентири ПТ при отсутствии в отдаленном послеоперационном периоде ФП как таковой. Послеоперационные аритмии часто субъективно хуже переносятся пациентами в сравнении с изначальной ФП, так как носят организованный характер. В связи с этим важно знать электрофизиологические характеристики данных аритмий, чтобы проводить их эффективное картирование и абляцию.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Je H.G., Lee J.W., Jung S.H. et al. Risk factors analysis on failure of maze procedure: mid-term results. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 36 (2): 272–8; discussion 278–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.02.058.
2. Badhwar V., Rovin J.D., Davenport G. et al. Left atrial reduction enhances outcomes of modified maze procedure for permanent atrial fibrillation during concomitant mitral surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82 (5): 1758–63; discussion 1764. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.05.044.
3. Lawrance C.P., Henn M.C., Miller J.R. et al. Comparison of the stand-alone Cox-Maze IV procedure to the concomitant Cox-Maze IV and mitral valve procedure for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 55–61. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.12.09.
4. Garcia-Villarreal O.A., Fernandez-Cesena E., Vega-Hernandez R. Cox maze III procedure: the best alternative in surgery for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 148 (1): 368–9. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.02.071.
5. Pokushalov E., Romanov A., Elesin D. et al. Catheter versus surgical ablation of atrial fibrillation after a failed initial pulmonary vein isolation procedure: a randomized controlled trial. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2013; 24 (12): 1338–43. DOI: 10.1111/jce.12245.
6. Deneke T., Khargi K., Grewe P.H. et al. Left atrial versus bi-atrial Maze operation using intraoperatively cooled-tip radiofrequency ablation in patients undergoing open-heart surgery: safety and efficacy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 39 (10): 1644–50. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)01836-3.
7. Dunning J., Nagendran M., Alfieri O.R. et al. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44 (5): 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
8. Johansson B.I., Vaart O., Edvardsson N. et al. Low mortality and low rate of perceived and documented arrhythmias after Cox maze III surgery for atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2014; 37 (2): 147–56. DOI: 10.1111/pace.12286.
9. Gillinov M., Soltesz E. Surgical treatment of atrial fibrillation: today's questions and answers. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 25 (3): 197–205. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2013.09.003.
10. Cox J.L. A brief overview of surgery for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 80–8. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.01.05.
11. Chun K.R., Bansch D., Ernst S. et al. Pulmonary vein conduction is the major finding in patients with atrial tachyarrhythmias after intraoperative maze ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2007; 18 (4): 358–63. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2007.00771.x.
12. Kron J., Kasirajan V., Wood M.A. et al. Management of recurrent atrial arrhythmias after minimally invasive surgical pulmonary vein isolation and ganglionic plexi ablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2010; 7 (4): 445–51. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.12.008.
13. Stulak J.M., Suri R.M., Burkhart H.M. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation for two decades: are the results of new techniques equivalent to the Cox maze III procedure? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 147 (5): 1478–86. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.084.
14. Ishii Y., Gleva M.J., Gamache M.C. et al. Atrial tachyarrhythmias after the maze procedure: incidence and prognosis. *Circulation.* 2004; 110: II164–8. DOI: 10.1161/01.CIR.0000138400.44799.65.
15. Kobza R., Hindricks G., Tanner H. et al. Late recurrent arrhythmias after ablation of atrial fibrillation: incidence, mechanisms, and treatment. *Heart Rhythm.* 2004; 1 (6): 676–83. DOI: 10.1016/j.hrthm.2004.08.009.
16. Golovchiner G., Mazur A., Kogan A. et al. Atrial flutter after surgical radiofrequency ablation of the left atrium for atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 79 (1): 108–12. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2004.06.063.
17. Deneke T., Khargi K., Grewe P.H. et al. Catheter ablation of regular atrial arrhythmia following surgical treatment of permanent atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2006; 17 (1): 18–24. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2005.00265.x.
18. Deneke T., Khargi K., Muller K.M. et al. Histopathology of intraoperatively induced linear radiofrequency ablation lesions in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2005; 26 (17): 1797–803. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi255.
19. Wazni O.M., Saliba W., Fahmy T. et al. Atrial arrhythmias after surgical maze: findings during catheter ablation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48 (7): 1405–9. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.05.061.
20. Magnano A.R., Argenziano M., Dizon J.M. et al. Mechanisms of atrial tachyarrhythmias following surgical atrial fibrillation ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2006; 17 (4): 366–73. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2006.00419.x.
21. McCarthy P.M., Kruze J., Salli S. et al. Where does atrial fibrillation surgery fail? Implications for increasing effectiveness of ablation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010; 139 (4): 860–7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.12.038.
22. Henry L., Durrani S., Hunt S. et al. Percutaneous catheter ablation treatment of recurring atrial arrhythmias after surgical ablation. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 89 (4): 1227–31; discussion 1231–2. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2010.01.042.
23. Ревишвили А.Ш., Сергуладзе С.Ю., Шмуль А.В. и др. Комбинированный (хирургический и интервенционный) подход к лечению персистирующих форм фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2011; 8 (1): 62–7.
24. Ревишвили А.Ш., Сергуладзе С.Ю., Ежова И.В. и др. Результаты хирургического лечения изолированных форм фибрилляции предсердий с использованием модифицированной операции «лабиринт». *Анналы аритмологии.* 2012; 9 (3): 31–9.

25. Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А., Сергуладзе С.Ю. и др. Клинический случай устранения атипичного трепетания предсердий (инцизионной предсердной тахикардии) у пациентки после протезирования митрального клапана и радиочастотной модификации операции «лабиринт». *Анналы аритмологии*. 2012; 9 (4): 40–4.
26. Huo Y., Schoenbauer A.M., Richter S. et al. Atrial arrhythmias following surgical AF ablation: Electrophysiological findings, ablation strategies, and clinical outcome. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2014; 25 (7): 725–38. DOI: 10.1111/jce.12406.
27. Kottkamp H., Hindricks G., Autschbach S. et al. Specific linear left atrial lesions in atrial fibrillation: intraoperative radiofrequency ablation using minimally invasive surgical techniques. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 40 (3): 475–80.
28. Mohr F.W., Fabricius A.M., Falk V. et al. Curative treatment of atrial fibrillation with intraoperative radiofrequency ablation: short-term and midterm results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2002; 123 (5): 919–27. DOI: 10.1067/mtc.2002.120730.
29. Eitel C., Hindricks G., Sommer P. et al. Circumferential pulmonary vein isolation and linear left atrial ablation as a single-catheter technique to achieve bidirectional conduction block: the pace-and-ablate approach. *Heart Rhythm.* 2010; 7 (2): 157–64. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.10.003.

References

1. Je H.G., Lee J.W., Jung S.H. et al. Risk factors analysis on failure of maze procedure: mid-term results. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2009; 36 (2): 272–8; discussion 278–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.02.058.
2. Badhwar V., Rovin J.D., Davenport G. et al. Left atrial reduction enhances outcomes of modified maze procedure for permanent atrial fibrillation during concomitant mitral surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82 (5): 1758–63; discussion 1764. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.05.044.
3. Lawrance C.P., Henn M.C., Miller J.R. et al. Comparison of the stand-alone Cox-Maze IV procedure to the concomitant Cox-Maze IV and mitral valve procedure for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 55–61. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.12.09.
4. Garcia-Villarreal O.A., Fernandez-Cesena E., Vega-Hernandez R. Cox maze III procedure: the best alternative in surgery for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 148 (1): 368–9. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.02.071.
5. Pokushalov E., Romanov A., Elesin D. et al. Catheter versus surgical ablation of atrial fibrillation after a failed initial pulmonary vein isolation procedure: a randomized controlled trial. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2013; 24 (12): 1338–43. DOI: 10.1111/jce.12245.
6. Deneke T., Khargi K., Grewe P.H. et al. Left atrial versus bi-atrial Maze operation using intraoperatively cooled-tip radiofrequency ablation in patients undergoing open-heart surgery: safety and efficacy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 39 (10): 1644–50. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)01836-3.
7. Dunning J., Nagendran M., Alfieri O.R. et al. Guideline for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013; 44 (5): 777–91. DOI: 10.1093/ejcts/ezt413.
8. Johansson B.I., Vaart O., Edvardsson N. et al. Low mortality and low rate of perceived and documented arrhythmias after Cox maze III surgery for atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2014; 37 (2): 147–56. DOI: 10.1111/pace.12286.
9. Gillinov M., Soltész E. Surgical treatment of atrial fibrillation: today's questions and answers. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 25 (3): 197–205. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2013.09.003.
10. Cox J.L. A brief overview of surgery for atrial fibrillation. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014; 3 (1): 80–8. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.01.05.
11. Chun K.R., Bansch D., Ernst S. et al. Pulmonary vein conduction is the major finding in patients with atrial tachyarrhythmias after intraoperative maze ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2007; 18 (4): 358–63. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2007.00771.x.
12. Kron J., Kasirajan V., Wood M.A. et al. Management of recurrent atrial arrhythmias after minimally invasive surgical pulmonary vein isolation and ganglionic plexi ablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2010; 7 (4): 445–51. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.12.008.
13. Stulak J.M., Suri R.M., Burkhart H.M. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation for two decades: are the results of new techniques equivalent to the Cox maze III procedure? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 147 (5): 1478–86. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.084.
14. Ishii Y., Gleva M.J., Gamache M.C. et al. Atrial tachyarrhythmias after the maze procedure: incidence and prognosis. *Circulation.* 2004; 110: II164–8. DOI: 10.1161/01.CIR.0000138400.44799.65.
15. Kobza R., Hindricks G., Tanner H. et al. Late recurrent arrhythmias after ablation of atrial fibrillation: incidence, mechanisms, and treatment. *Heart Rhythm.* 2004; 1 (6): 676–83. DOI: 10.1016/j.hrthm.2004.08.009.
16. Golovchiner G., Mazur A., Kogan A. et al. Atrial flutter after surgical radiofrequency ablation of the left atrium for atrial fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 79 (1): 108–12. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2004.06.063.
17. Deneke T., Khargi K., Grewe P.H. et al. Catheter ablation of regular atrial arrhythmia following surgical treatment of permanent atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2006; 17 (1): 18–24. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2005.00265.x
18. Deneke T., Khargi K., Muller K.M. et al. Histopathology of intraoperatively induced linear radiofrequency ablation lesions in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2005; 26 (17): 1797–803. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi255.
19. Wazni O.M., Saliba W., Fahmy T. et al. Atrial arrhythmias after surgical maze: findings during catheter ablation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48 (7): 1405–9. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.05.061.
20. Magnano A.R., Argenziano M., Dizon J.M. et al. Mechanisms of atrial tachyarrhythmias following surgical atrial fibrillation ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2006; 17 (4): 366–73. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2006.00419.x.
21. McCarthy P.M., Kruze J., Salli S. et al. Where does atrial fibrillation surgery fail? Implications for increasing effectiveness of ablation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010; 139 (4): 860–7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.12.038.
22. Henry L., Durrani S., Hunt S. et al. Percutaneous catheter ablation treatment of recurring atrial arrhythmias after surgical ablation. *Ann. Thorac. Surg.* 2010; 89 (4): 1227–31; discussion 1231–2. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2010.01.042.
23. Revishvili A.Sh., Serguladze S.Yu., Shmul' A.V. A combined (surgical and interventional) approach to the treatment of persistent forms of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii.* 2011; 8 (1): 62–7 (in Russian).
24. Revishvili A.Sh., Serguladze S.Yu., Ezhova I.V. et al. Results of surgical treatment of isolated atrial fibrillations with the use of modified maze procedure. *Annaly Aritmologii.* 2012; 9 (3): 31–9 (in Russian).
25. Revishvili A.Sh., Artyukhina E.A., Serguladze S.Yu. Case report of surgical treatment of abnormal atrial flutter (incisional atrial tachycardia) in the patient after mitral valve replacement and radiofrequency modification of Maze procedure. *Annaly Aritmologii.* 2012; 9 (4): 40–4 (in Russian).
26. Huo Y., Schoenbauer R., Richter S. et al. Atrial arrhythmias following surgical AF ablation: Electrophysiological findings, ablation strategies, and clinical outcome. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2014; 25 (7): 725–38. DOI: 10.1111/jce.12406.
27. Kottkamp H., Hindricks G., Autschbach S. et al. Specific linear left atrial lesions in atrial fibrillation: intraoperative radiofrequency ablation using minimally invasive surgical techniques. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 40 (3): 475–80.
28. Mohr F.W., Fabricius A.M., Falk V. et al. Curative treatment of atrial fibrillation with intraoperative radiofrequency ablation: short-term and midterm results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2002; 123 (5): 919–27. DOI: 10.1067/mtc.2002.120730.
29. Eitel C., Hindricks G., Sommer P. et al. Circumferential pulmonary vein isolation and linear left atrial ablation as a single-catheter technique to achieve bidirectional conduction block: the pace-and-ablate approach. *Heart Rhythm.* 2010; 7 (2): 157–64. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.10.003.

Поступила 18.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г.

Рубрика: неинвазивная аритмология

© И.В. НЕЙФЕЛЬД, А.Р. КИСЕЛЕВ, А.С. КАРАВАЕВ, М.Д. ПРОХОРОВ,
И.В. БОБЫЛЕВА, В.И. ГРИДНЕВ, В.Ф. КИРИЧУК, И.Е. РОГОЖИНА, 2014
© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 618.173:612.172.2

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.4

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЖЕНЩИН В ПЕРИМЕНОПАУЗЕ

Тип статьи: оригинальная статья

И.В. Нейфельд¹, А.Р. Киселев², А.С. Караваев³, М.Д. Прохоров⁴, И.В. Бобылева¹, В.И. Гриднев², В.Ф. Киричук¹, И.Е. Рогожина¹

¹ ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава РФ; ул. Большая Казачья, 112, г. Саратов, 410012, Российская Федерация;

² ФГБУ «Саратовский научно-исследовательский институт кардиологии» Минздрава РФ; ул. Чернышевского, 141, г. Саратов, 410028, Российская Федерация;

³ ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» Минобрнауки РФ; ул. Астраханская, 83, г. Саратов, 410012, Российская Федерация;

⁴ Саратовский филиал ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН; ул. Зеленая, 38, г. Саратов, 410019, Российская Федерация

Нейфельд Ирина Вольдемаровна, канд. мед. наук, доцент;

Киселев Антон Робертович, доктор мед. наук, вед. научн. сотр., e-mail: kiselev@cardio-it.ru;

Караваев Анатолий Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр., доцент;

Прохоров Михаил Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, вед. научн. сотр.;

Бобылева Ирина Владимировна, аспирант;

Гриднев Владимир Иванович, доктор мед. наук, руководитель Центра продвижения новых кардиологических информационных технологий;

Киричук Вячеслав Федорович, доктор мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой;

Рогожина Ирина Евгеньевна, доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой

Цель. Изучение особенностей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у женщин в перименопаузе с учетом различий их клинического статуса.

Материал и методы. В одномоментное исследование были включены 185 женщин в постменопаузе ($59,3 \pm 8,5$ года) и 104 женщины с сохраненным менструальным циклом ($45,1 \pm 5,8$ года). Был оценен общий клинический статус, наличие приливов, тяжесть климактерического синдрома (индекс Купермана), уровни половых гормонов (эстрадиол, фолликулостимулирующий гормон, дегидроэпиандростерон сульфат и тестостерон), показатели вариабельности сердечного ритма (средняя частота сердечных сокращений, SDNN, RMSSD, PNN50, коэффициент вариации, а также спектральные мощности низко- и высокочастотного спектральных диапазонов, выраженные в абсолютных единицах и в процентах от общей мощности спектра) и синхронизованности низкочастотных (около 0,1 Гц) колебаний в вариабельности сердечного ритма и фотоплетизмограмме (показатель S).

Результаты. Не было выявлено статистически значимых различий между группами женщин с сохраненным менструальным циклом и в менопаузе по большинству показателей вегетативной регуляции кровообращения (кроме среднего уровня частоты сердечных сокращений). Большинство оцененных показателей вариабельности сердечного ритма коррелировали (коэффициент корреляции r составлял 0,17–0,24) со сроком естественной менопаузы. С давностью наступления хирургической менопаузы коррелировал только показатель синхронизованности колебаний с частотой около 0,1 Гц – S ($r = -0,41$, $p = 0,039$). Также выявлены статистически (но не клинически) значимые корреляции между некоторыми показателями вегетативной регуляции и уровнями половых гормонов.

Заключение. Не было выявлено клинически значимых ассоциаций показателей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и характеристик менопаузального статуса женщины (уровни половых гормонов, приливы, индекс Купермана). Однако были показаны статистически (но

не клинически) значимые корреляции ряда показателей вегетативной регуляции с давностью наступления менопаузы (с естественной менопаузой: SDNN, коэффициент вариации, RMSSD, PNN50, мощности низко- и высокочастотного спектрального диапазона, выраженные в абсолютных значениях; с хирургической менопаузой: показатель S) и уровнями половых гормонов. Ключевые слова: менопауза; половые гормоны; вариабельность сердечного ритма; колебания с частотой около 0,1 Гц; синхронизация; вегетативная дисфункция.

PECULIARITIES OF INDEXES OF AUTONOMIC REGULATION OF BLOOD CIRCULATION AND HEART RATE VARIABILITY IN PERIMENOPAUSAL WOMEN

I.V. Neyfel'd¹, A.R. Kiselev², A.S. Karavaev³, M.D. Prokhorov⁴, I.V. Bobyleva¹, V.I. Gridnev², V.F. Kirichuk¹, I.E. Rogozhina¹

¹ Saratov State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation;

ulitsa Bol'shaya Kazach'ya, 112, Saratov, 410012, Russian Federation;

² Saratov Research Institute of Cardiology of Ministry of Health of the Russian Federation;

ulitsa Chernyshevskogo, 141, Saratov, 410028, Russian Federation;

³ Saratov State University Ministry of Education and Science of the Russian Federation;

ulitsa Astrakhanskaya, 83, Saratov, 410012, Russian Federation;

⁴ Saratov Branch of the Institute of Radio Engineering and Electronics of Russian Academy of Sciences;

ulitsa Zelenaya, 38, Saratov, 410019, Russian Federation

Neyfel'd Irina Vol'demarovna, MD, PhD, Associate Professor;

Kiselev Anton Robertovich, MD, DM, Leading Research Associate, e-mail: kiselev@cardio-it.ru;

Karavaev Anatoliy Sergeevich, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Research Associate, Associate Professor;

Prokhorov Mikhail Dmitrievich, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Leading Research Associate;

Bobyleva Irina Vladimirovna, Postgraduate;

Gridnev Vladimir Ivanovich, MD, DM, Head of Centre of New Cardiological Informational Technologies;

Kirichuk Vyacheslav Fedorovich, MD, DM, Professor, Honored Scientist of Russian Federation, Chief of Chair;

Rogozhina Irina Evgen'evna, MD, DM, Professor, Chief of Chair

Objective. This study deals with investigation of cardiovascular system autonomic control in perimenopausal women taking into account the differences in their clinical status.

Material and methods. We studied 185 perimenopausal women (59.3 ± 8.5 years) and 104 women with conserved menstrual cycle (45.1 ± 5.8 years). We estimated the general clinical status, presence of hot flushes, heaviness of climacteric syndrome (Kupperman index), sex hormone levels (estradiol, follicle stimulating hormone, dehydroepiandrosterone sulfate, and testosterone), indexes of heart rate variability (heart rate, SDNN, CV, RMSSD, PNN50, power of low and high frequency bands in ms² and percents), and index S of synchronization between low-frequency (about 0.1 Hz) oscillations in heart rate variability and photoplethysmograph.

Results. We have not revealed statistically significant differences in the most of indexes of autonomic regulation of blood circulation (except heart rate) between the women groups with conserved menstrual cycle and in menopause. The majority of heart rate variability indexes correlated with the term of natural menopause (correlation coefficient r took values from 0.17 to 0.24). Remoteness of surgical menopause beginning correlated only with index S of synchronization between 0.1 Hz oscillations ($r = -0.41$, $p = 0.039$). Statistically (not clinically) significant correlations were revealed between several indexes of autonomic regulation and sex hormone levels.

Conclusion. We have not revealed clinically significant correlations between the indexes of cardiovascular system autonomic regulation and characteristics of menopausal status in women (sex hormone levels, hot flushes, and Kupperman index). However, we have shown statistically (not clinically) significant correlations between several indexes of autonomic regulation and remoteness of menopause beginning (SDNN, CV, RMSSD, PNN50, power of low and high frequency bands correlated with natural menopause while index S correlated with surgical menopause) and sex hormone levels.

Key words: menopause; sex hormone; heart rate variability; 0.1 Hz oscillations; synchronization; autonomic dysfunction.

Введение

Известно, что клинические проявления климактерического синдрома у женщин ассоциированы с различными вегетативными нарушениями, в том числе на уровне сердечно-сосудистой системы [1]. В частности, приливы и нарушения сна тесно связаны с гиперсимпати-

котонией и снижением парасимпатических влияний на сердце [1, 2].

Изучение вариабельности сердечного ритма (ВСР) является в настоящее время наиболее распространенным подходом к оценке вегетативной дисфункции в системе кровообращения, являющейся доказанным фактором риска раз-

вития неблагоприятных событий у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [3–5]. Помимо изучения общепринятых показателей ВСП, оценивающих состояние механизмов вегетативной регуляции преимущественно на уровне функции сердца, в последнее время развиваются новые подходы системного анализа статуса вегетативной регуляции кровообращения. Наша научная группа ранее предложила метод выявления системной дисфункции вегетативной регуляции кровообращения на основе изучения синхронизованности низкочастотных (около 0,1 Гц) колебаний, выявляемых в ритме сердца и фотоплетизмограмме (ФПГ) [3, 4, 6]. В ряде работ показана целесообразность клинического применения предложенного подхода у пациентов с острым коронарным синдромом, перенесенным инфарктом миокарда, а также артериальной гипертонией [7–9].

Различия между женщинами до и после менопаузы по показателям ВСП выявлялись ранее рядом авторов [10, 11]. При этом вегетативный статус женщин может зависеть от различных факторов: возраста, репродуктивного статуса, наличия сердечно-сосудистых заболеваний, проводимой заместительной гормональной терапии и т. д. [4, 12–15]. Однако остается множество нерешенных вопросов в области изучения особенностей вегетативной дисфункции у женщин в постменопаузе. В частности, в доступной литературе имеются противоречивые данные о связи уровня половых гормонов, который может корректироваться у данных женщин при помощи заместительной гормональной терапии, и выраженности вегетативных нарушений, оцениваемых по показателям ВСП [11, 14–16]. Также не уточнено значение других вышеупомянутых факторов в развитии (или коррекции) вегетативной дисфункции у женщин в постменопаузе.

Цель исследования – изучение особенностей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у женщин в перименопаузальный период, с учетом различий их клинического статуса.

Материал и методы

Объект исследования

В одномоментное исследование было включено 185 женщин с отсутствием менструальной функции – группа *mensis* (–), в возрасте $59,3 \pm 8,5$ года ($M \pm \sigma$), и 104 женщины с сохраненным менструальным циклом – группа *mensis* (+), в возрасте $45,1 \pm 5,8$ года ($M \pm \sigma$). Обе

группы пациенток проходили полное обследование и при необходимости – лечение в клинике Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского. Оценивали уровни следующих половых гормонов: эстрадиола, фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), дегидроэпиандростерона сульфата (ДГА-С) и тестостерона.

Критерий включения в исследование: возраст 35–70 лет.

Критерии исключения:

- нарушения сердечного ритма и проводимости, препятствующие анализу ВСП;
- врожденные и приобретенные пороки сердца;
- эндокринные заболевания, кроме сахарного диабета в стадии компенсации;
- прочие хронические заболевания в стадии обострения.

Клиническая характеристика пациенток, включенных в исследование, представлена в таблице 1. Показано, что пациентки группы *mensis* (–) старше группы *mensis* (+), они имеют статистически значимо более высокую частоту встречаемости приливов, стенокардии, артериальной гипертонии и сахарного диабета, а также характерные для менопаузы изменения профиля половых гормонов. Важно отметить, что гипертония, представляющая собой один из ключевых факторов сердечно-сосудистого риска, в два раза чаще встречается у женщин в группе *mensis* (–). Данный факт подтверждается существующими исследованиями [17, 18]. Сахарный диабет, не выявленный ни у одной из пациенток в группе *mensis* (+), встречается примерно у 8% женщин в группе *mensis* (–); другие авторы также отмечали повышенную частоту встречаемости нарушений углеводного обмена у пациенток после менопаузы [19].

В группе *mensis* (–) у 161 женщины мы имели дело с менопаузой естественного течения, а у 26 пациенток – с хирургической. Сравнительная клиническая характеристика данных двух подгрупп представлена в таблице 2. Выявлено, что женщины с хирургической менопаузой моложе. Они имели большую частоту встречаемости приливов, а также ряд отличий в профиле половых гормонов (более низкие значения уровня эстрадиола и тестостерона, более высокие – ФСГ и ДГА-С).

Регистрация биосигналов

Синхронную регистрацию сигналов электрокардиограммы (ЭКГ), ФПГ и механической записи дыхания производили в состоянии покоя

Таблица 1

Клиническая характеристика групп женщин с сохраненным менструальным циклом и менопаузой

Показатель	Mensis (+) (n = 104)	Mensis (-) (n = 187)	p
Возраст, лет	46 (41; 49)	60 (53; 65)	<0,001
<i>Гинекологический статус</i>			
Приливы, %	13,6	57,8	<0,001
Эстрадиол, пмоль/л	133 (121; 146)	74 (68; 84)	<0,001
ФСГ, МЕ/л	27 (24; 37)	80 (73; 85)	<0,001
Тестостерон, нмоль/л	1,7 (1,3; 2,0)	1,3 (1,1; 1,5)	<0,001
ДГА-С, нмоль/л	2,0 (1,2; 2,1)	5,7 (4,8; 5,9)	<0,001
ЗГТ, %	1,9	4,9	0,208
<i>Антропометрические показатели</i>			
Рост, см	164 (160; 167)	163 (159; 165)	0,096
Вес, кг	73 (64; 86)	72 (66; 84)	0,452
ИМТ, кг/м ²	26,5 (24,2; 31,4)	27,1 (25,1; 31,6)	0,155
<i>Сердечно-сосудистый статус</i>			
САД, мм рт. ст.	120 (110; 135)	135 (120; 140)	0,021
ДАД, мм рт. ст.	80 (70; 100)	90 (80; 100)	0,035
ИБС, стенокардия, %	6,7	29,9	<0,001
Перенесенный инфаркт миокарда, %	0	2,7	0,089
Артериальная гипертония, %	26,9	55,4	<0,001
Перенесенный мозговой инсульт, %	0	2,2	0,131
Сахарный диабет, %	0	8,2	0,032
<i>Образ жизни</i>			
Курение, %	8,7	6,0	0,392

Примечание. Количественные данные представлены в виде Ме (25%; 75%), качественные – в виде частоты встречаемости (%).

ЗГТ – заместительная гормональная терапия; ИМТ – индекс массы тела; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ИБС – ишемическая болезнь сердца.

Таблица 2

Клиническая характеристика групп женщин с естественной и хирургической менопаузой

Показатель	Естественная менопауза (n = 161)	Хирургическая менопауза (n = 26)	p
Возраст, лет	60 (54; 65)	48 (45; 60)	<0,001
<i>Гинекологический статус</i>			
Приливы, %	52,8	92,3	0,001
Эстрадиол, пмоль/л	74 (68; 85)	68 (57; 74)	<0,001
ФСГ, МЕ/л	78 (70; 83)	87 (83; 88)	<0,001
Тестостерон, нмоль/л	1,3 (1,1; 1,6)	1,1 (0,9; 1,2)	<0,001
ДГА-С, нмоль/л	5,5 (4,4; 5,8)	5,9 (5,8; 6,1)	<0,001
ЗГТ, %	4,4	7,7	0,789
<i>Антропометрические показатели</i>			
Рост, см	163 (160; 165)	164 (158; 165)	0,128
Вес, кг	73 (66; 84)	67 (64; 86)	0,191
ИМТ, кг/м ²	27,3 (25,7; 31,6)	25,8 (24,2; 32,0)	0,233
<i>Сердечно-сосудистый статус</i>			
САД, мм рт. ст.	140 (120; 150)	120 (115; 160)	0,054
ДАД, мм рт. ст.	90 (80; 100)	80 (75; 100)	0,526
ИБС, стенокардия, %	30,6	26,9	0,765
Перенесенный инфаркт миокарда, %	3,2	0	0,799
Артериальная гипертония, %	56,2	53,8	0,847
Перенесенный мозговой инсульт, %	2,5	0	0,841
Сахарный диабет, %	6,9	19,2	0,316
<i>Образ жизни</i>			
Курение, %	3,8	23,1	0,115

(горизонтальное положение тела) с частотой 250 Гц при 12-разрядном разрешении в течение 10 мин. Подготовительный этап перед началом регистрации биосигналов составлял 5 мин, в течение которых испытуемые находились в состоянии покоя в положении лежа. Запись ФПГ, характеризующую кровенаполнение дистального сосудистого русла, выполняли с использованием пульсоксиметрического датчика с дистальной фаланги указательного пальца руки. Все исследования проводили в относительно стандартных условиях спонтанного дыхания (что контролировалось при помощи записи дыхания) в утренние часы (9.00–10.00).

Для дальнейшего анализа отбирали записи ЭКГ и ФПГ без помех, экстрасистол, выраженного линейного тренда и переходных процессов.

Оценка параметров ВСР

При помощи программы «Кардиостат» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008613910 от 15.08.2008) оценивали следующие временные и спектральные показатели ВСР: средняя частота сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение интервалов NN (SDNN), коэффициент вариации (CV), квадратный корень средних квадратов разницы между смежными интервалами NN (RMSSD), пропорция интервалов между смежными интервалами NN, превосходящими 50 мс, к общему количеству интервалов NN в записи (PNN50), спектральные мощности в низкочастотных диапазонах спектра (LF) и высокочастотных (HF), выраженные в абсолютных значениях (мс²) и в процентах от суммарной мощности спектра во всех диапазонах [3, 4].

Оценка синхронизованности колебаний с частотой около 0,1 Гц в сердце и дистальном сосудистом русле

Использовали ранее разработанный метод изучения функционального состояния сердечно-сосудистой системы на основе анализа синхронизованности колебаний с частотой около 0,1 Гц (патент на изобретение № 2374986 от 10.12.2008).

С целью выделения колебаний с частотой около 0,1 Гц из ВСР проводили полосовую фильтрацию последовательности интервалов R–R ЭКГ: удаляли высокочастотные (HF; > 0,15 Гц) и очень низкочастотные (ULF; < 0,05 Гц). Затем вычисляли фазу φ_1 колебаний с частотой около 0,1 Гц в ВСР, используя преоб-

разование Гильберта. Колебания с частотой около 0,1 Гц из сигнала ФПГ выделяли аналогичным образом, вычисляя фазу φ_2 колебаний с частотой около 0,1 Гц в ФПГ. Отметим, что ФПГ мы анализировали как периодический волновой процесс, без изучения отдельных показателей кривой сигнала.

Синхронизацию между колебаниями с частотой около 0,1 Гц, выделенными из последовательности интервалов R–R и из ФПГ, определяли, вычисляя разность фаз:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

где φ – относительная фаза. При этом на графике зависимости относительной фазы от времени имеется участок, на котором φ колеблется около некоторого постоянного значения, то есть можно считать, что имеет место фазовая синхронизация. Затем подсчитывали общую длительность всех подобных участков и выражали в процентах от длительности всей записи – определяли суммарный процент синхронизации S . С помощью такого показателя мы характеризовали относительное время синхронизации между колебаниями с частотой около 0,1 Гц в ФПГ и ВСР. Вычисление значений S выполнялось при помощи «Программы для исследования синхронизованности между ритмами сердечно-сосудистой системы человека с контролем статистической значимости результатов (Синхрокард)» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008613908 от 15.08.2008).

Методы статистического анализа

Предварительно была произведена проверка соответствия изучаемых показателей закону нормального распределения на основе вычисления W-критерия Шапиро–Уилка. Выявлено, что не все показатели имеют нормальное распределение, поэтому дальнейший анализ производили методами непараметрической статистики. Переменные сравнивали на основе критерия Вилкоксона, группы – U-критерия Манна–Уитни. Зависимости между показателями изучали при помощи корреляционного анализа Спирмена и множественного регрессионного анализа (с включением количественных и качественных показателей).

Количественные данные представлены в виде медианы и интерквартильного диапазона – Me (25%; 75%). Качественные показатели (типа «да/нет») оформлены в виде частот встречаемости, выраженных в процентах.

Таблица 3

**Показатели вегетативной регуляции системы кровообращения
у женщин с сохраненным менструальным циклом и менопаузой**

Показатель	Mensis (+) (n=104)	Mensis (-) (n=187)	p
<i>Временные показатели ВСР</i>			
ЧСС, уд/мин	75 (69; 82)	72 (65; 80)	0,012
SDNN	32,8 (24,0; 48,9)	33,7 (24,9; 53,9)	0,371
CV	4,0 (2,8; 6,0)	4,1 (2,9; 6,6)	0,604
RMSSD	23,1 (13,3; 42,9)	27,3 (16,4; 58,0)	0,080
PNN50	1,5 (0,2; 6,2)	2,3 (0,3; 9,5)	0,159
<i>Спектральные показатели ВСР</i>			
HF, мс ²	75,2 (29,7; 204,2)	102,1 (33,4; 434,5)	0,055
LF, мс ²	106,9 (54,8; 225,7)	116,3 (57,8; 456,8)	0,277
HF, %	23,7 (10,2; 40,7)	26,8 (14,6; 41,0)	0,091
LF, %	27,9 (20,9; 35,1)	28,0 (18,2; 40,9)	0,793
<i>Показатель синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в сердце и дистальном сосудистом русле</i>			
S, %	46,9 (40,3; 55,9)	43,6 (34,1; 55,3)	0,087

Статистические расчеты проводились при помощи программного пакета «Statistica» 6,1. Надежность используемых статистических оценок принималась равной не менее 95%.

Результаты

Сравнение групповых значений показателей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у женщин с сохраненным менструальным циклом в периоде менопаузального перехода

Изучение групповых особенностей характеристик вегетативной регуляции системы кровообращения в группах *mensis (+)* и *mensis (-)* не выявило статистически значимых различий по большинству показателей (табл. 3). Исключение составил только средний уровень ЧСС, имевший несколько более высокие значения у пациенток группы *mensis (+)*.

Также не было выявлено статистически значимых различий по показателям вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы между подгруппами женщин с естественной и хирургической менопаузой.

Корреляционный анализ показателей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы со сроком менопаузы

При использовании корреляции Спирмена изучена зависимость показателей ВСР и синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в ВСР и ФПГ от длительности постменопаузаль-

ного периода среди женщин с естественной и хирургической менопаузой (табл. 4).

Выявлена слабая, но статистически значимая положительная корреляция большинства временных и спектральных показателей ВСР со сроком естественной менопаузы у женщин. Показатель синхронизации *S* не был ассоциирован со сроком менопаузы у данных пациенток.

В подгруппе женщин с хирургической менопаузой значимо отрицательно коррелировал (средняя сила связи) с продолжительностью постменопаузы только показатель синхронизации *S*. Коэффициенты корреляции для других вегетативных показателей не достигли уровня статистической значимости. И если для временных показателей ВСР абсолютные значения данных коэффициентов сопоставимы с таковыми у женщин с естественной менопаузой, при этом их статистическая незначимость может объясняться небольшой численностью подгруппы, то применительно к спектральным оценкам вероятность наличия связи со сроком менопаузы практически равна нулю.

Корреляционный анализ ассоциации показателей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы с уровнем половых гормонов

В ходе изучения корреляционных взаимосвязей показателей вегетативной регуляции с уровнями половых гормонов у женщин до и после менопаузы был выявлен ряд статистически значимых, но слабых связей (табл. 5). Коэффици-

Таблица 4

Коэффициенты корреляции показателей вегетативной регуляции системы кровообращения со сроком менопаузы

Показатель	Естественная менопауза (n=161)	p	Хирургическая менопауза (n=26)	p
<i>Временные показатели ВСП</i>				
ЧСС, уд/мин	-0,03	0,717	-0,20	0,347
SDNN	0,21	0,006	0,15	0,464
CV	0,22	0,005	0,11	0,609
RMSSD	0,23	0,004	0,20	0,336
PNN50	0,24	0,002	0,06	0,791
<i>Спектральные показатели ВСП</i>				
HF, мс ²	0,22	0,005	-0,01	0,978
LF, мс ²	0,17	0,033	0,06	0,790
HF, %	0,18	0,023	-0,07	0,752
LF, %	-0,07	0,405	-0,09	0,671
<i>Показатели синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в сердце и дистальном сосудистом русле</i>				
S, %	-0,08	0,338	-0,41	0,039

Таблица 5

Коэффициенты корреляции показателей вегетативной регуляции системы кровообращения с уровнями половых гормонов в общей группе, а также среди женщин с менопаузой и сохраненным менструальным циклом

Показатель	Группа	Эстрадиол	p	ФСГ	p	Тестостерон	p	ДГА-С	p
ЧСС, уд/мин	1	0,14	0,016	-0,13	0,030	0,14	0,014	-0,12	0,034
SDNN	1								
	2	-	-	-	-	-0,19	0,011	-	-
CV	1								
	2	-	-	0,15	0,036	-0,19	0,008	-	-
RMSSD	1			0,14	0,015	-0,16	0,006	0,14	0,020
	2	-	-	0,15	0,037	-0,20	0,005	-	-
PNN50	1			0,12	0,036	-0,13	0,031	0,12	0,042
	2	-	-	0,15	0,045	-0,20	0,006	-	-
HF, мс ²	1			0,15	0,009	-0,15	0,013	0,13	0,026
	2	-	-	-	-	-0,17	0,023	-	-
LF, мс ²		-	-	-	-	-	-	-	-
HF, %	1	-	-	0,13	0,028	-	-	0,12	0,033
LF, %		-	-	-	-	-	-	-	-
S, %	1	0,16	0,005	-0,17	0,003	0,16	0,006	-0,13	0,032
	2	-	-	-0,18	0,016	-	-	-	-
	3	-	-	0,22	0,028	-	-	0,20	0,039

Примечание. 1 – общая группа; 2 – женщины с менопаузой; 3 – женщины с сохраненным менструальным циклом.

«-» – нет статистически значимой корреляции ($p > 0,05$).

енты корреляции определялись как отдельно для женщин с сохраненным менструальным циклом, так и в общей группе в целом.

Частота сердечных сокращений коррелировала с половыми гормонами только в общей группе, подтверждая ассоциированность различий, приведенных в таблице 1 для гормонов и в таблице 3 для ЧСС.

Отметим, что статистически значимые коэффициенты корреляции получены для ряда вегетативных показателей (RMSSD, PNN50 и др.) в группе *menstris* (–) и/или общей группе, не достигая в группе *menstris* (+) даже уровня статистической значимости. Исключение для группы *menstris* (+) составила корреляция показателя *S* с ФСГ и ДГА-С.

Не коррелировали с уровнями половых гормонов у женщин показатели низкочастотного диапазона спектра ВСП (LF и LF %).

Чаще статистически значимая корреляция (пусть и слабая) с вегетативными показателями выявлялась для ФСГ и тестостерона (см. табл. 5).

Отметим, что у женщин с хирургической менопаузой показатель *S* статистически значимо коррелировал с ФСГ и ДГА-С: $-0,44$ ($p=0,028$) и $-0,47$ ($p=0,017$) соответственно. Других значимых коэффициентов корреляции в указанной подгруппе получено не было. В то же время среди пациенток с естественной менопаузой отмечались значения коэффициентов корреляции и их статистическая значимость, аналогичные таковым в группе *menstris* (–), основной частью которой они и являлись.

Отметим, что в нашем исследовании не выявлено ассоциаций вегетативных показателей с наличием приливов и тяжестью климактерического синдрома, оцениваемого по индексу Купермана.

Многомерный анализ зависимости показателя синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в ритме сердца и кровенаполнения дистального сосудистого русла от клинического статуса женщин в пре- и постменопаузе

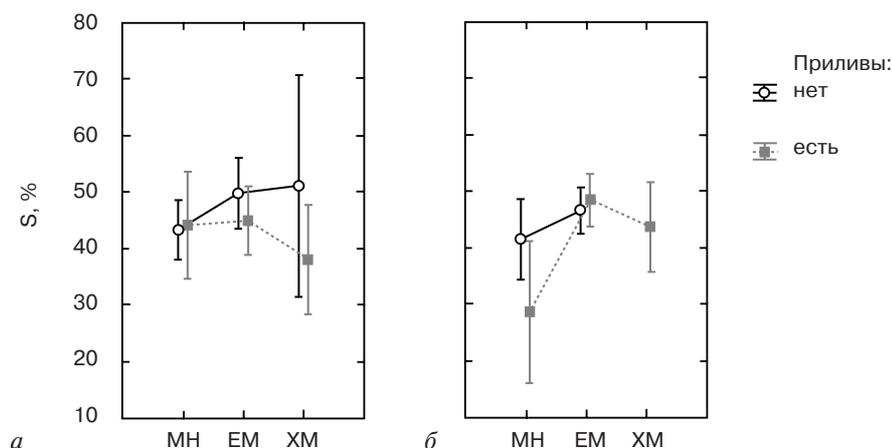
Для изучения множественных ассоциативных связей между показателем синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в сердце и дистальном сосудистом русле с другими используемыми в данной работе вегетативными критериями и характеристиками общего клинического статуса у женщин до и после менопаузы использовался множественный регрессионный анализ.

Было выявлено, что основными независимыми монопредикторами уровня показателя *S* (из числа включенных в исследование) являются:

- эстрадиол или ФСГ, при этом значительно коррелируя между собой ($r=-0,77$, $p<0,001$);
- HF % (парная корреляция с *S*: $r=-0,38$, $p<0,001$).

А также были выявлены факторы, значимость которых достигает необходимого уровня только при их рассмотрении в качестве единого показателя (комбинированный предиктор) (см. рисунок):

- приливы (да/нет);
- менопаузальная категория (менопаузы нет, естественная или хирургическая менопауза);



Ассоциация комбинированного предиктора (приливы + менопаузальный статус + сердечно-сосудистые заболевания) с показателем синхронизованности колебаний с частотой около 0,1 Гц в сердце и дистальном сосудистом русле ($F=4,27$, $p=0,039$; данные представлены в виде среднего и 95% доверительного интервала):

a – ССЗ отсутствуют; *б* – ССЗ имеются.

S – показатель синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц (измеряется в процентах); ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания; МН – менопаузы нет; ЕМ – естественная менопауза; ХМ – хирургическая менопауза

— наличие хотя бы одного сердечно-сосудистого заболевания: ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, сахарный диабет (да/нет).

По результатам регрессионного анализа вышеуказанные три показателя (эстрадиол/ФСГ, HF % и комбинированный предиктор) статистически значимо ассоциированы с качеством синхронизации колебаний с частотой около 0,1 Гц в ВСР и ФПГ (показатель S): $r=0,44$, $R^2=0,19$, $p<0,001$.

Обсуждение

В целом мы не выявили клинически значимых ассоциаций между изучаемыми показателями вегетативной регуляции кровообращения и менопаузой у женщин (статистически значимые корреляции слабой силы не имеют существенного значения для клинической практики). Полученные данные отличаются от результатов исследований других авторов, свидетельствующих о значимых различиях характеристик ВСР у женщин до и после наступления менопаузы, а также их связи с уровнем половых гормонов [20–24]. Также мы не выявили значимых ассоциаций параметров ВСР с наличием приливов и тяжестью климактерического синдрома (индекс Купермана), что согласуется с данными других авторов [23, 24]. Более того, Н. Nautamäki и соавт. в своем исследовании отметили отсутствие значимых связей заместительной гормональной терапии с какими-либо изменениями в ВСР, что в целом согласуется с нашими результатами изучения корреляций уровней половых гормонов и параметров ВСР (выявлены только корреляции слабой силы). Единственными в нашем исследовании очевидными признаками симпатикотонии, характерной для постменопаузы, было повышение уровня ЧСС и артериального давления [1, 25].

Дополнительно было показано, что качество функционального взаимодействия механизмов вегетативной регуляции разных отделов сердечно-сосудистой системы (в частности, ритма сердца и кровенаполнения дистального сосудистого русла), оцениваемое в данном исследовании по показателю синхронизованности колебаний с частотой около 0,1 Гц в ВСР и ФПГ, в значительной мере ассоциировано с уровнем эстрадиола (или ФСГ), доли мощности HF-диапазона спектра ВСР от суммарной мощности спектра во всех диапазонах (выраженной в процентах: HF %), наличия приливов, типа менопаузы

и наличия сердечно-сосудистых заболеваний. Это имеет потенциально важное значение, учитывая, что синхронизация колебаний с частотой около 0,1 Гц в ВСР и ФПГ может быть использована для оценки риска и контроля медикаментозной терапии у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [7–9].

Ограничением нашего исследования является его одномоментный дизайн, который не подразумевает возможности изучения индивидуальных особенностей взаимосвязи свойств вегетативной регуляции системы кровообращения и профиля половых гормонов женщин, например, на основе их динамики до и после менопаузы. Тем не менее полученные результаты могут рассматриваться как свидетельство наличия определенных изменений в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, характерных для перименопаузального периода у женщин и ассоциированных с динамикой уровня половых гормонов и сроком менопаузы. Дальнейшие исследования, учитывающие ограничения представленного, могут позволить лучше понять основы влияния менопаузальных функциональных перестроек в организме женщины на вегетативную дисфункцию.

Полученные результаты также подтверждают данные других авторов о более высокой распространенности у женщин после менопаузы артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца и сахарного диабета [17–19, 26, 27]. Интересно отметить, что в исследовании С.А. Максимова, Г.В. Артамоновой приводятся данные о том, что женский пол может рассматриваться как предрасполагающий фактор к развитию артериальной гипертензии только для старших возрастных групп [28]. Это также согласуется с нашими результатами, учитывая существование прямой связи между старением и наступлением менопаузы.

Заключение

В представленном исследовании мы не выявили клинически значимых ассоциаций изменений в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и менопаузальных изменений в организме женщины (в частности, динамика уровня половых гормонов, приливы, тяжесть климактерического синдрома). Тем не менее в исследовании были показаны статистически (но не клинически) значимые корреляции некоторых показателей вегетативной регуляции с давностью наступления менопаузы (со сроком

естественной менопаузой коррелировали SDNN, CV, RMSSD, PNN50, HF, LF, HF %, с хирургической – только показатель синхронизации S) и уровнями половых гормонов.

Основы взаимоотношений между механизмами вегетативной регуляции кровообращения и менопаузальным статусом женщины требуют дополнительных исследований.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

- Lee J.O., Kang S.G., Kim S.H. et al. The relationship between menopausal symptoms and heart rate variability in middle aged women. *Korean. J. Fam. Med.* 2011; 32 (5): 299–305.
- Thurston R.C., Christie I.C., Matthews K.A. Hot flashes and cardiac vagal control: a link to cardiovascular risk? *Menopause.* 2010; 17 (3): 456–61.
- Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. *Вестник аритмологии.* 2001; 24: 65–87.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043–65.
- Wichterle D., Simek J., La Rovere M.T. et al. Prevalent low-frequency oscillation of heart rate: Novel predictor of mortality after myocardial infarction. *Circulation.* 2004; 110: 1183–90.
- Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Ponomarenko V.I. et al. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system. *Chaos.* 2009; 19: 033112.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Посненкова О.М. и др. Оценка на основе определения синхронизации низкочастотных ритмов динамики вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при применении метопролола у больных ИБС, перенесших инфаркт миокарда. *Терапевтический архив.* 2007; 79 (4): 23–31.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Караваев А.С. и др. Оценка пятилетнего риска летального исхода и развития сердечно-сосудистых событий у пациентов с острым инфарктом миокарда на основе синхронизации 0,1 Гц-ритмов в сердечно-сосудистой системе. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2010; 6 (2): 328–38.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Караваев А.С. и др. Персонализация подхода к назначению гипотензивной терапии у больных артериальной гипертензией на основе индивидуальных особенностей вегетативной дисфункции сердечно-сосудистой системы. *Артериальная гипертензия.* 2011; 17 (4): 354–60.
- Brockbank C.L., Chatterjee F., Bruce S.A., Woledge R.C. Heart rate and its variability change after the menopause. *Exp. Physiol.* 2000; 85: 327–30.
- Liu C.C., Kuo T.B., Yang C.C. Effects of estrogen on gender-related autonomic differences in humans. *Am J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2003; 285: H2188–93.
- Acharya U.R., Kannathal N., Sing O.W. et al. Heart rate analysis in normal subjects of various age groups. *Biomed. Eng. Online.* 2004; 3: 24.
- Ribeiro T.F., Azevedo G.D., Crescencio J.C. et al. Heart rate variability under resting conditions in postmenopausal and young women. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 2001; 34: 871–7.
- Rosa Brito-Zurita O., Posadas-Romero C., Hermsillo A.G. et al. Estrogen effect on heart rate variability in hypertensive postmenopausal women. *Maturitas.* 2003; 44: 39–48.
- Neves V.F., Silva de Sá M.F., Gallo L., Jr et al. Autonomic modulation of heart rate of young and postmenopausal women undergoing estrogen therapy. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 2007; 40 (4): 491–9.
- Christ M., Seyffart K., Tillmann H.C., Wöhling M. Hormone replacement in postmenopausal women: impact of progestogens on autonomic tone and blood pressure regulation. *Menopause.* 2002; 9: 127–36.
- Wassertheil-Smoller S., Anderson G., Psaty B.M. et al. Hypertension and its treatment in postmenopausal women: baseline data from Women's Health Initiative. *Hypertension.* 2000; 36: 780–9.
- Abramson B.L., Melvin R.G. Cardiovascular risk in women: focus on hypertension. *Can. J. Cardiol.* 2014; 30 (5): 553–9.
- Martínez J.A., Palacios S., Chavida F., Pérez M. Urban-rural differences in Spanish menopausal women. *Rural. Remote. Health.* 2013; 13: 1865.
- Ryś A., Ryś A., Kogut P., Thor P.J. Menopausal changes in circadian heart rate variability. *Folia Med. Cracov.* 2006; 47 (1–4): 69–78.
- Moodithaya S.S., Avadhany S.T. Comparison of cardiac autonomic activity between pre and post menopausal women using heart rate variability. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 2009; 53 (3): 227–34.
- Chaudhuri A., Borade N.G., Hazra S.K. A study of heart rate variability tests and lipid profile in postmenopausal women. *J. Indian Med. Assoc.* 2012; 110 (4): 228, 230–2.
- Lantto H., Haapalahti P., Tuomikoski P. et al. Vasomotor hot flashes and heart rate variability: a placebo-controlled trial of postmenopausal hormone therapy. *Menopause.* 2012; 19 (1): 82–8.
- Hautamäki H., Haapalahti P., Piirilä P. et al. Effect of hot flashes on cardiovascular autonomic responsiveness: a randomized controlled trial on hormone therapy. *Maturitas.* 2012; 72 (3): 243–8.
- Vongpatanasin W. Autonomic regulation of blood pressure in menopause. *Semin. Reprod. Med.* 2009; 27 (4): 338–45.
- Асымбекова Э.У., Катаева К.Б., Ахмедярова Н.К. и др. Особенности течения ишемической болезни сердца у женщин в зависимости от уровня женских половых гормонов. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2014; 15 (1): 39–46.
- Чазова И.Е., Сметник В.П., Балан В.Е. и др. Ведение женщин с сердечно-сосудистым риском в пери- и постменопаузе: консенсус российских кардиологов и гинекологов. *Consilium Medicum.* 2008; 10 (6): 5–18.
- Maksimov S.A., Artamonova G.V. Modeling of arterial hypertension's risk in occupational groups. *RusOMJ.* 2013; 2: 0104.

References

- Lee J.O., Kang S.G., Kim S.H. et al. The relationship between menopausal symptoms and heart rate variability in middle aged women. *Korean. J. Fam. Med.* 2011; 32 (5): 299–305.
- Thurston R.C., Christie I.C., Matthews K.A. Hot flashes and cardiac vagal control: a link to cardiovascular risk? *Menopause.* 2010; 17 (3): 456–61.
- Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V. et al. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems. *Vestnik Aritmologii.* 2001; 24: 65–87 (in Russian).
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043–65.
- Wichterle D., Simek J., La Rovere M.T. et al. Prevalent low-frequency oscillation of heart rate: Novel predictor of mortality after myocardial infarction. *Circulation.* 2004; 110: 1183–90.
- Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Ponomarenko V.I. et al. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system. *Chaos.* 2009; 19: 033112.
- Kiselev A.R., Gridnev V.I., Posnenkova O.M. et al. Assessment of dynamics of the autonomic cardiovascular system regulation based on low-frequency rhythm synchronization in patients with ischemic heart diseases complicated by myocardial infarction treated with metoprolol. *Terapevticheskiy Arkhiv.* 2007; 79 (4): 23–31 (in Russian).
- Kiselev A.R., Gridnev V.I., Karavaev A.S. et al. Evaluation of five-year risk of lethal outcome and development of cardiovas-

- cular disorders in patients with acute myocardial infarction on basis of 0.1-Hz rhythms synchronization in cardiovascular system. *Saratovskiy Nauchno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2010; 6 (2): 328–38 (in Russian).
9. Kiselev A.R., Gridnev V.I., Karavaev A.S. et al. Individual approach to antihypertensive drug selection in hypertensive patients based on individual features of autonomic cardiovascular dysfunction. *Arterial'naya Gipertenziya*. 2011; 17 (4): 354–60 (in Russian).
 10. Brockbank C.L., Chatterjee F., Bruce S.A., Woledge R.C. Heart rate and its variability change after the menopause. *Exp. Physiol*. 2000; 85: 327–30.
 11. Liu C.C., Kuo T.B., Yang C.C. Effects of estrogen on gender-related autonomic differences in humans. *Am J. Physiol. Heart Circ. Physiol*. 2003; 285: H2188–93.
 12. Acharya U.R., Kannathal N., Sing O.W. et al. Heart rate analysis in normal subjects of various age groups. *Biomed. Eng. Online*. 2004; 3: 24.
 13. Ribeiro T.F., Azevedo G.D., Crescencio J.C. et al. Heart rate variability under resting conditions in postmenopausal and young women. *Braz. J. Med. Biol. Res*. 2001; 34: 871–7.
 14. Rosa Brito-Zurita O., Posadas-Romero C., Hermsillo A.G. et al. Estrogen effect on heart rate variability in hypertensive postmenopausal women. *Maturitas*. 2003; 44: 39–48.
 15. Neves V.F., Silva de Sá M.F., Gallo L., Jr et al. Autonomic modulation of heart rate of young and postmenopausal women undergoing estrogen therapy. *Braz. J. Med. Biol. Res*. 2007; 40 (4): 491–9.
 16. Christ M., Seyffart K., Tillmann H.C., Wöhling M. Hormone replacement in postmenopausal women: impact of progestogens on autonomic tone and blood pressure regulation. *Menopause*. 2002; 9: 127–36.
 17. Wassertheil-Smoller S., Anderson G., Psaty B.M. et al. Hypertension and its treatment in postmenopausal women: baseline data from Women's Health Initiative. *Hypertension*. 2000; 36: 780–9.
 18. Abramson B.L., Melvin R.G. Cardiovascular risk in women: focus on hypertension. *Can. J. Cardiol*. 2014; 30 (5): 553–9.
 19. Martínez J.A., Palacios S., Chavida F., Pérez M. Urban-rural differences in Spanish menopausal women. *Rural. Remote. Health*. 2013; 13: 1865.
 20. Rys' A., Rys' A., Kogut P., Thor P.J. Menopausal changes in circadian heart rate variability. *Folia Med. Cracov*. 2006; 47 (1–4): 69–78.
 21. Moodithaya S.S., Avadhany S.T. Comparison of cardiac autonomic activity between pre and post menopausal women using heart rate variability. *Indian J. Physiol. Pharmacol*. 2009; 53 (3): 227–34.
 22. Chaudhuri A., Borade N.G., Hazra S.K. A study of heart rate variability tests and lipid profile in postmenopausal women. *J. Indian Med. Assoc*. 2012; 110 (4): 228, 230–2.
 23. Lantto H., Haapalahti P., Tuomikoski P. et al. Vasomotor hot flashes and heart rate variability: a placebo-controlled trial of postmenopausal hormone therapy. *Menopause*. 2012; 19 (1): 82–8.
 24. Hautamäki H., Haapalahti P., Piirilä P. et al. Effect of hot flushes on cardiovascular autonomic responsiveness: a randomized controlled trial on hormone therapy. *Maturitas*. 2012; 72 (3): 243–8.
 25. Vongpatanasin W. Autonomic regulation of blood pressure in menopause. *Semin. Reprod. Med*. 2009; 27 (4): 338–45.
 26. Asymbekova E.U., Kataeva K.B., Akhmedyarova N.K. et al. The course of coronary artery disease in women: the relationship between sex hormone levels and cad. *Bulleten' Nauchnogo Tsentra Serdechno-Sosudistoy Khirurgii imeni A.N. Bakuleva Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2014; 15 (1): 39–45 (in Russian).
 27. Chazova I.E., Smetnik V.P., Balan V.E. et al. Keeping women with cardiovascular risk in the peri- and postmenopausal women: consensus Russian cardiologists and gynecologists. *Consilium Medicum*. 2008; 10 (6): 5–18 (in Russian).
 28. Maksimov S.A., Artamonova G.V. Modeling of arterial hypertension's risk in occupational groups. *RusOMJ*. 2013; 2: 0104.

Поступила 29.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г

Рубрика: клиническая электрофизиология

© Н.Н. ИЛОВ, А.А. НЕЧЕПУРЕНКО, А.М. АБДУЛКАДЫРОВ, Д.Р. ПАСКЕЕВ, Д.Г. ТАРАСОВ, 2014
© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 616.126.4-089.87:615.84

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.5

ВЫБОР ВИДА АБЛАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПРОЦЕДУРЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ КАВОТРИКУСПИДАЛЬНОГО ПЕРЕШЕЙКА. РЕЗУЛЬТАТЫ ОДНОЦЕНТРОВОГО ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Тип статьи: оригинальная статья

Н.Н. Илов, А.А. Нечепуренко, А.М. Абдулкадыров, Д.Р. Паскеев, Д.Г. Тарасов

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава РФ; ул. Покровская роща, 4, г. Астрахань, 414011, Российская Федерация

Илов Николай Николаевич, канд. мед. наук, кардиолог, e-mail: nikolay.ilov@gmail.com;
 Нечепуренко Анатолий Анатольевич, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург,
 заведующий отделением;
 Абдулкадыров Альберт Мурасбикович, кардиолог;
 Паскеев Дамир Равильевич, кардиолог;
 Тарасов Дмитрий Георгиевич, канд. мед. наук, главный врач

Цель. Сравнить клиническую эффективность катетеров с открытым орошением и катетеров с большой длиной дистального кончика (8 мм) при проведении первой процедуры радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 85 пациентов (57 мужчин, 28 женщин) в возрасте 17–78 лет, имевшие документированный пароксизм суправентрикулярной тахикардии с ЭКГ-паттерном типичного трепетания предсердий. Критериями исключения считались декомпенсация хронической сердечной недостаточности, отсутствие венозного феморального доступа, повторная процедура радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка. Пациенты были рандомизированы в две группы. В основу распределения легло использование в рамках процедуры радиочастотной абляции катетеров различного вида: с открытым орошением (1-я группа) и с большой контактной площадью (2-я группа). Процедура проводилась после получения у пациентов письменного согласия под контролем флюороскопии в соответствии с рекомендациями ведущих зарубежных специалистов. Дизайн исследования подразумевал пошаговое изменение параметров абляции и возможность перехода на другой ее вид. Процедура прекращалась в случае достижения лимита продолжительности операции, принятого равным 3 ч. Учитывались достижение двунаправленного истмус-блока в течение 30 мин абляции (первичная конечная точка) и после 30 мин абляции, время абляции, продолжительность процедуры, время флюороскопии, осложнения, связанные с проведением процедуры (вторичные конечные точки). Для обработки полученного материала и проведения статистического анализа в исследованных группах использовался пакет программ «Statistica» 7,0 (Statsoft).

Результаты. Двунаправленный истмус-блок во время первой процедуры радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка был верифицирован у 87% больных. Первичная конечная точка была достигнута у 55 (65%) пациентов: у 73% больных в 1-й группе и у 58% – во 2-й ($p=0,002$). Была выявлена низкая частота интраоперационных осложнений, сопоставимая в обеих группах.

Заключение. Применение орошаемых катетеров для первой процедуры радиочастотной абляции кавотрикуспидального перешейка позволило получить критерии эффективности процедуры у достоверно большего числа больных. В исследованных группах не было выявлено достоверной разницы в продолжительности процедуры, времени флюороскопии или частоте осложнений, связанных с операцией.

Ключевые слова: кавотрикуспидальный перешеек; орошаемый катетер; катетер с большой контактной площадью.

TYPE OF PROCEDURE SELECTION IN PRIMARY RADIOFREQUENCY ABLATION OF CAVA-TRICUSPID ISTHMUS. THE RESULTS OF A SINGLE-CENTER PROSPECTIVE RANDOMIZED STUDY

N.N. Ilov, A.A. Nepochurenko, A.M. Abdulkadyrov, D.R. Paskeev, D.G. Tarasov

Federal Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation;
 ulitsa Pokrovskaya Roshcha, 4, Astrakhan', 414011, Russian Federation

Ilov Nikolay Nikolaevich, MD, PhD, Cardiologist, e-mail: nikolay.ilov@gmail.com;
 Nepochurenko Anatoliy Anatol'evich, MD, PhD, Cardiovascular Surgeon, Chief of Department;
 Abdulkadyrov Al'bert Murasbikovich, Cardiologist;
 Paskeev Damir Ravil'evich, Cardiologist;
 Tarasov Dmitriy Georgievich, MD, PhD, Head Physician

Objective. To compare the clinical efficacy of the catheters with open irrigation and the large-tip catheters (8 mm) during the first procedure of radiofrequency ablation of the cava-tricuspid isthmus.

Material and methods. The study involved 85 patients (57 men, 28 women) aged from 17 to 78 years who had a documented paroxysm of supraventricular tachycardia with ECG pattern of a typical atrial flutter. Exclusion criteria considered decompensated heart failure, lack of femoral venous access, a second procedure of radiofrequency ablation of the cava-tricuspid isthmus. Patients were randomized into two groups. The basis of allocation was formed by the implementation in the procedure of radiofrequency ablation catheters of various types: open irrigation catheters (first group) and catheters with a large contact area (second group). The procedure was carried out after obtaining of a written consent from the patients, under fluoroscopic control in accordance with the recommendations of leading international experts. The study design meant a step changing of the ablation parameters and switching to the other kinds of them. The procedure was stopped after

achieving the limit of the duration of the operation, which was equal to three hours. Achievement of bidirectional isthmus block during 30 minutes of the ablation (primary endpoint) and 30 minutes after the ablation, ablation time, duration of the procedure, fluoroscopy time, complications, associated with the procedure, (secondary endpoints) were taken into account. For the processing of the resulting material and statistical analysis in study groups the "Statistics" 7,0 (Statsoft) software package was used.

Results. Bidirectional isthmus block during the first procedure of radiofrequency ablation of the cava-tricuspid isthmus was verified in 87% of patients. The primary endpoint was achieved in 55 patients (65%): 73% of the patients in the first group and 58% – in the second ($p=0.002$). A low frequency of intraoperative complications, comparable in both groups was found.

Conclusion. The use of the irrigated catheters for the first procedure of radiofrequency ablation of cava-tricuspid isthmus allowed to obtain criteria of the procedures efficiency on a large number of patients. In the studied groups there were no significant differences in the duration of the procedure, fluoroscopy time or the frequency of the complications associated with the surgery.

Key words: cava-tricuspid isthmus; irrigated catheter; large-tip catheter.

Введение

Типичное трепетание предсердий (ТП) – достаточно распространенный вид аритмии, патогенез которой сводится к классическому представлению о механизме макрориентри. Областью критического замедления проведения возбуждения при типичном ТП является cavo-трикуспидальный перешеек (КТП). Конечной целью процедуры радиочастотной абляции (РЧА) считается достижение двунаправленной блокады проведения в указанной анатомической области, верифицированной электрофизиологически [1]. Согласно данным ведущих электрофизиологических лабораторий, процент создания истмус-блока (ИБ) после первой РЧА колеблется от 89 до 95, достигая 100 при проведении повторных процедур.

С момента появления новых видов РЧА представители разных центров стали предпринимать попытки выявить преимущества и возможные недостатки использования разных абляционных катетеров, а в качестве экспериментальной модели традиционно служила РЧА КТП. Полученные независимо друг от друга данные однозначно указывают на превосходство орошаемых катетеров, особенно катетеров с открытым орошением (КОО), а также катетеров с большой длиной дистального кончика (КБК) над традиционными 4-миллиметровыми абляционными электродами [2]. Доказанными преимуществами орошаемой РЧА и РЧА с использованием КБК являются обширная площадь и глубина повреждения тканей [3, 4]. Между тем при их использовании необходим оптимальный контакт электрода с тканью для постоянной подачи необходимой энергии. Катетеры с открытым орошением позволяют подавать энергию более постоянно и устойчиво, охлаждение кончика электрода физиологическим раствором предотвращает его перегревание, сокращая

риск формирования тромба и/или обугливания и создавая более глубокие, обширные повреждения [5].

Имеющиеся данные о сравнении разных видов РЧА при проведении РЧА КТП бывают противоречивы. Проведенные исследования тяжело сопоставлять ввиду различия в протоколах и неоднозначного методологического подхода при проведении процедуры. Принимая во внимание высокую частоту ТП, имеющуюся разницу в стоимости катетеров, необходимость наличия дополнительного оборудования для использования разных катетеров, можно констатировать, что вопрос выбора оптимального катетера является актуальным и по сей день. Данное проспективное рандомизированное исследование ставит своей целью сравнить клиническую эффективность КБК (8 мм) и КОО при проведении первой процедуры РЧА КТП.

Материал и методы

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Характеристика пациентов

В исследовании приняло участие 85 пациентов (57 мужчин, 28 женщин) в возрасте 17–78 лет, имевшие документированный пароксизм суправентрикулярной тахикардии с ЭКГ-паттерном типичного ТП. Критериями исключения были декомпенсация хронической сердечной недостаточности, отсутствие венозного феморального доступа, повторная процедура РЧА КТП. Перед операцией проводилась эхокардиоскопия. Пациенты были рандомизированы в две группы: 1-я – РЧА с использованием КОО,

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика пациентов

Признак	1-я группа (n=40)	2-я группа (n=45)	p
Пол (муж/жен), n (%)	26/14 (65/35)	31/14 (76/24)	>0,1
Средний возраст, лет*	57 (51; 62)	58 (51; 62)	>0,1
Структурная патология сердца n (%)	8 (20)	6 (13)	>0,1
Артериальная гипертензия, n (%)	23 (58)	23 (51)	>0,1
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	10 (25)	10 (22)	>0,1
Фракция выброса по Simpson, %*	55 (52,5; 63)	55 (50; 60)	>0,1
ЛП, см*	4 (3,7; 4,5)	4 (3,6; 4,5)	>0,1
ЛП _{дл} , см*	5 (4,9; 5,8)	5 (4,9; 5,8)	>0,1
ЛП _{шир} , см*	4 (3,9; 4,6)	4 (3,7; 4,5)	>0,1
Объем ЛП, мл*	69 (56; 85)	74 (64,5; 85,5)	>0,1
ПП _{дл} , см*	5 (4,6; 5,6)	5 (4,7; 5,7)	>0,1
ПП _{шир} , см*	4 (3,4; 4,1)	4 (3,3; 4,1)	>0,1
Пароксизмальное ТП, n (%)	22 (55)	25 (56)	>0,1

Примечание. ЛП – левое предсердие; ПП – правое предсердие; дл – длина, шир – ширина.

* Данные представлены в виде Ме (25%; 75%).

2-я – с использованием КБК. Группы оказались сопоставимыми по основным клинико-демографическим показателям (табл. 1). Для рандомизации применялся макрос Microsoft Excel, использующий генератор случайных чисел.

Внутрисердечное электрофизиологическое исследование и техника РЧА

Радиочастотную абляцию выполняли натощак, после предварительной отмены антиаритмических препаратов (на 3–5-й день, а в случае приема амиодарона – через 1 мес). Через бедренные вены в сердце доставлялись два диагностических электрода, один из которых (4- или 10-полюсный электрод «MultiCath» («Biotronic», Германия) устанавливался в коронарный синус, другой (20-полюсный электрод «IsmusCath» («Biosense Webster», США) или «StableMap» («Medtronic», США) располагался вдоль кольца трикуспидального клапана.

Об эффективности процедуры судили по достижению двунаправленной блокады проведения импульса через КТП, которая верифицировалась при последовательной стимуляции из области нижней боковой стенки правого предсердия и устья коронарного синуса.

Методика проведения РЧА соответствовала рекомендациям ведущих зарубежных специалистов. Процедуру проводили под контролем флюороскопии. Абляционный катетер позиционировался на кольце трикуспидального клапана на 4–6 ч в рентгенологической проекции

ЛАО-40°, после чего наносили линейные радиочастотные воздействия в направлении нижней полой вены. В зависимости от результатов рандомизации применяли неорошаемые 8-миллиметровые катетеры «Blazer II» («Boston Scientific», США) либо орошаемые катетеры «EzSteer» или «Celsius Thermocool» («Biosense Webster», США). Использовался генератор «Stockert EP-shuttle» («Stockert», Германия). Время одной аппликации не превышало 300 с. Радиочастотную абляцию проводили при температурном контроле. При использовании КБК доставка РЧ-энергии происходила при лимите температуры в 60 °С, верхний предел мощности составлял 70 Вт. При использовании КОО доставка РЧ-энергии происходила при лимите температуры в 43 °С, верхний предел мощности составлял 40 Вт, скорость орошения изотоническим раствором была равна 22 мл/мин. Между аппликациями скорость инфузии снижалась до 2 мл/мин для исключения тромбирования внутреннего просвета катетера. Орошение осуществлялось с помощью насоса «Cool Flow» («Biosense Webster», США). Во всех случаях во время РЧ-аппликации проводился мониторинг импеданса на абляционном электроде. В случае повышения сопротивления более чем на 25 Ом поставка РЧ-энергии прекращалась. Антикоагулянты во время процедуры не применялись.

При отсутствии эффекта и сохранении на локальной электрограмме (ЭГМ) по линии абляции предсердной активности допускалось увеличение

мощности до 90 Вт для 2-й группы либо до 45 Вт с контролем по мощности для 1-й группы. По истечении 30 мин процедуру абляции по решению оператора прекращали, продолжали РЧА с использованием того же катетера либо проводили переход на другой вид РЧА. Время абляции рассчитывали как математическую сумму продолжительности всех проведенных РЧ-воздействий.

Операцию прекращали в случае достижения лимита продолжительности, принятого равным 3 ч. Ее продолжительность соответствовала времени от пункции бедренных вен до момента удаления венозных катетеров.

Первичная конечная точка: достижение двунаправленного ИБ в течение 30 мин абляции. Вторичные конечные точки: достижение двунаправленного ИБ после 30 мин абляции, время абляции, продолжительность процедуры, время флюороскопии, осложнения, связанные с проведением процедуры.

Послеоперационное наблюдение

Пациенты были выписаны из стационара на 2-й день после процедуры. Послеоперационное наблюдение проводилось бессрочно. Оно заключалось в амбулаторной регистрации ЭКГ, а при появлении жалоб на сердцебиение было рекомендовано проведение холтеровского мониторинга по месту жительства. В случае верифицированного рецидива ТП пациента приглашали на проведение повторной процедуры. Период наблюдения составил 2–7 мес.

После проведения процедуры антиаритмические препараты отменялись, за исключением

тех случаев, когда типичное ТП было ассоциировано с ФП. Назначение антикоагулянтов проводилось в соответствии со шкалами CHA₂DS₂-VASc и HAS-BLED.

Статистический анализ

Для обработки полученного материала и проведения статистического анализа в исследованных группах использовался пакет программ «Statistica» 7,0 (Statsoft). Центральные тенденции и дисперсия количественных признаков описаны в виде медианы (интерквартильный размах 25-й и 75-й процентиля). Сравнение в исследуемых группах и анализ связи проводили при помощи непараметрических методов (Колмагорова–Смирнова и Спирмена соответственно). Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы об отсутствии различий был принят равным 0,05.

Результаты

Первичная конечная точка

Радиочастотную абляцию проводили во время пароксизма ТП у 50 (59%) больных и на синусовом ритме – у 35 (41%) пациентов. Различий между группами по этому параметру выявлено не было. К 10-й минуте РЧА процент пациентов с верифицированным ИБ был примерно одинаковым в обеих группах (около 23%, $p > 0,1$). Данный параметр активно прирастал до 25-й минуты абляции ($p < 0,05$), после этого временного отрезка эффективность операции в группах фактически не изменялась, достигнув своих максимальных значений (рис. 1).

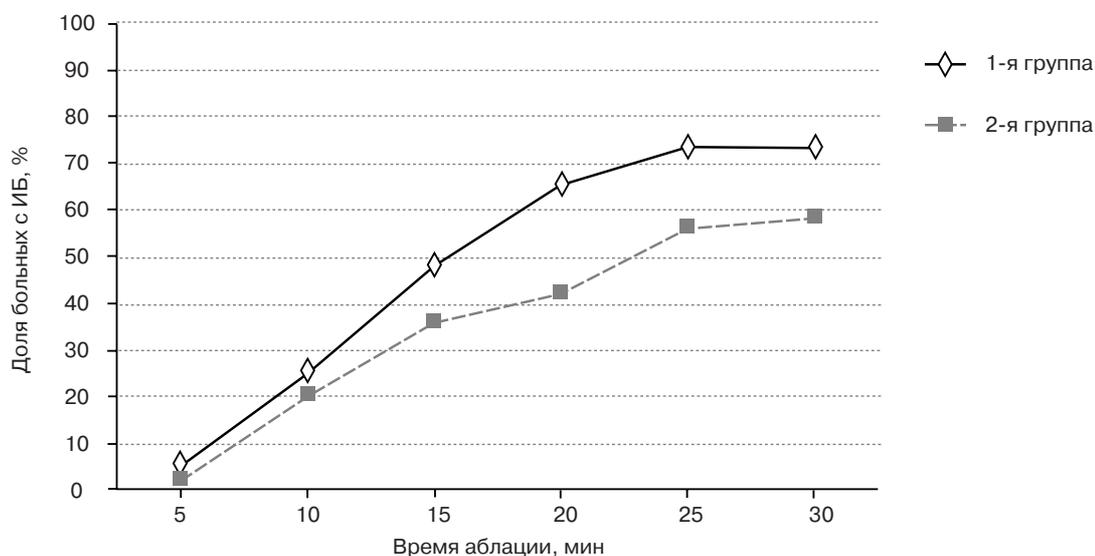


Рис. 1. Взаимосвязь эффективности РЧА и времени абляции

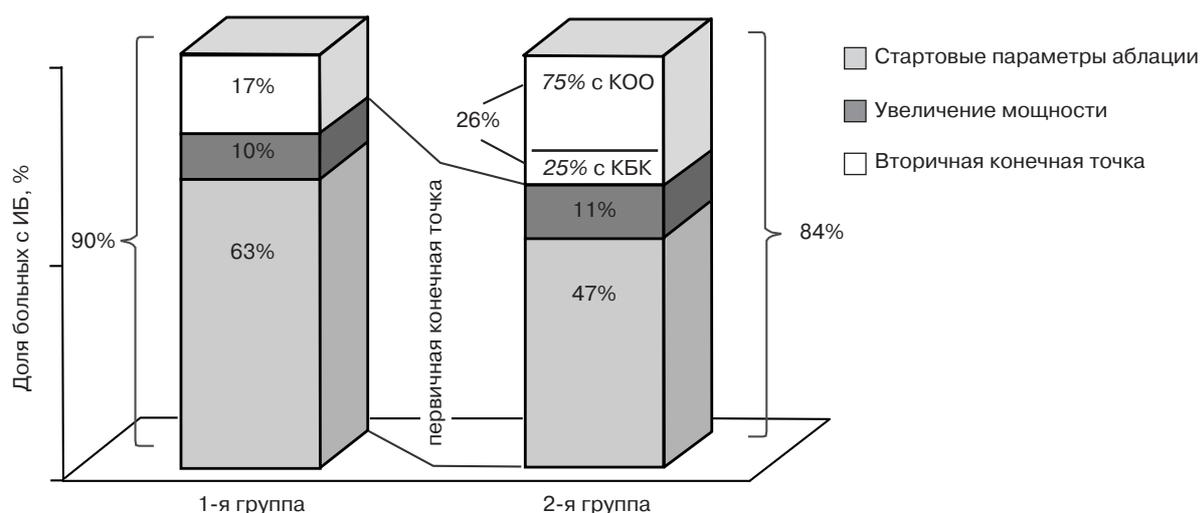


Рис. 2. Процент пациентов с ИБ на разных этапах протокола исследования

Первичная конечная точка была достигнута у 55 (65%) пациентов: у 73% больных в 1-й группе и у 58% – во 2-й ($p=0,002$). Для этого в 16% случаев требовалось перейти на более «жесткий» протокол аблации, прибегнув к контролю по мощности (45 Вт) в 1-й группе (4 пациента) и к увеличению мощности до 90 Вт во 2-й (5 больных).

Вторичные конечные точки

Согласно протоколу исследования, по истечении 30 мин аблации оператор по своему выбору мог либо продолжить РЧА с применением того же катетера, либо перейти на другой вид РЧА, не превышая установленной общей продолжительности процедуры (3 ч). При использовании исходного катетера критерии ИБ были достигнуты еще у 7 (17%) больных в 1-й группе и у 3 (6%) пациентов – во 2-й.

Перехода с орошаемой на традиционную РЧА не проводилось. При изменении вида аблации на орошаемую ИБ удалось верифицировать еще у 20% больных, доведя суммарный процент успешной аблации во 2-й группе до 84 (рис. 2). Таким образом, по окончании процедур ИБ был верифицирован у 74 пациентов (87% всех исследуемых больных): у 36 (90%) больных в 1-й группе и у 38 (84%) – во 2-й.

Время аблации в группах достоверно не различалось: 13,3 (7,9; 16,5) мин в 1-й группе и 13,4 (8,9; 20) мин – во 2-й ($p>0,1$). При анализе показателей в конце процедуры не было выявлено статистически достоверной разницы ни в общей продолжительности процедуры, ни во времени флюороскопии (табл. 2). Не различались они и по истечении 30 мин РЧА: общая продолжительность операции составила 50 (35; 63)

Таблица 2

Особенности радиочастотной аблации в исследуемых группах

Признак	1-я группа (n=40)	2-я группа (n=45)	p
Восстановление СР на воздействии, n (%)	11 (28)	16 (35)	>0,1
Восстановление СР сверхчастой стимуляцией, n (%)	2 (5)	4 (9)	>0,1
Восстановление СР после ЭИТ, n (%)	8 (20)	3 (7)	>0,1
Продолжительность процедуры, мин*	56 (39; 82,5)	65 (43; 85)	>0,1
Время флюороскопии, мин*	17 (10; 24)	16 (10; 35)	>0,1
Общая доза, мГр*	292 (136; 475,5)	283 (160; 478)	>0,1
Кожная доза, мГр*	3323 (1445,5; 4811)	3042 (1600; 5914)	>0,1
Количество РЧ-воздействий*	8 (5; 13)	8 (5; 19)	>0,1
Количество РЧ-воздействий до восстановления СР*	8 (4; 10)	5 (3; 8)	>0,1

Примечание. СР – синусовый ритм; ЭИТ – электроимпульсная терапия.

* Данные представлены в виде Ме (25%; 75%).

и 45 (40; 63,8) мин, время флюороскопии – 14 (9; 19) и 12 (8; 6) мин в 1-й и во 2-й группах соответственно (во всех случаях $p > 0,1$).

В нашем исследовании звуковой феномен «steam pop» был зарегистрирован у 8 пациентов (у 6 больных в 1-й группе и у 2 – во 2-й). У 2 пациентов (по одному в каждой из групп) была диагностирована атриовентрикулярная блокада (АВ-блокада), что потребовало имплантации двухкамерного электрокардиостимулятора. Других осложнений, связанных с проведением процедуры, зарегистрировано не было.

Обсуждение

Эффективность процедуры

Возникающие во время абляции острая ишемия и отек ткани могут маскировать жизнеспособный миокард КТП. Через некоторое время после острого повреждения этот участок миокарда может восстановить способность проведения. В 19% случаев во время процедуры регистрировался транзиторный ИБ, восстановление проведения по правому истмусу наступало через 1,5–10 мин после прекращения РЧА. Рецидив проведения по КТП требовал увеличения мощности (37%), либо перехода на КОО (56%). R. Ventura и соавт. провели похожее по дизайну исследование. При использовании 8-миллиметровых катетеров (65 °С, 70 Вт) и КОО (65 °С, 50 Вт, 17 мл/мин) у 34% пациентов интраоперационно регистрировался транзиторный ИБ. Была доказана более высокая эффективность РЧА с КОО именно у данной категории пациентов [6].

В последнее время все чаще появляются публикации, авторы которых подчеркивают важность анатомии КТП при выборе оптимального абляционного катетера [7]. Большинство из них склоняются к мнению, что при «плоском» КТП можно быстрее всего достигнуть ИБ при помощи КБК, в то время как при сложных анатомических вариантах КТП намного предпочтительнее КОО [8]. Предложенные методики визуализации КТП (компьютерная томография, ангиография, 3D-реконструкция, внутрисердечная эхокардиоскопия) ассоциируются с дополнительной лучевой нагрузкой и/или удорожанием стоимости и увеличением времени процедуры [5, 8]. Вероятно, сложность архитектуры КТП может быть определена интраоперационно по невозможности осуществления линейного воздействия. При проведении РЧА

с КБК в 22% случаев мы столкнулись с наличием в области КТП зон, в которых мощность воздействия резко снижалась, а температура в свою очередь повышалась. Такие дискордантные изменения связаны с нанесением РЧ-воздействий в областях со сниженным кровотоком [9], которые не выявляются при «плоском» варианте строения КТП. На наш взгляд, применение конвенционной РЧА в таких случаях оказывается малоперспективным и требует проведения дополнительных абляционных линий в обход таких анатомических регионов либо перехода на орошаемую РЧА.

Безопасность процедуры

Известно, что при перегреве тканей во время орошаемой абляции возможна регистрация явления «steam pop» [10]. Однако при этом не увеличивается количество осложнений в рамках данной процедуры [11]. В нашем исследовании звуковой феномен «steam pop» был зарегистрирован у 8 пациентов (у 6 больных в 1-й группе и у 2 – во 2-й), в то время как, по данным M. Tokuda и соавт., реальное количество эпизодов такого повреждения можно выявить лишь при использовании внутрисердечного ультразвука [12]. Ни в одном из случаев не было выявлено значимого выпота в перикард и процедура не прекращалась. Нам не удалось обнаружить достоверной связи ни с длительностью процедуры, ни со временем флюороскопии ($p > 0,1$). У одного пациента после регистрации «steam pop» был верифицирован двунаправленный ИБ.

Увеличение площади повреждения тканей во время орошаемой абляции КТП теоретически увеличивает риск повреждения прилегающих к зоне абляции элементов проводящей системы сердца. В эксперименте было показано, что температурный контроль значительно повышает безопасность орошаемой абляции, но достигается это ценой уменьшения площади повреждения, которая значительно выше при фиксированной мощности [13]. Группа авторов из Тель-Авива, проанализировав 845 подобных процедур с использованием как орошаемой, так и конвенционной РЧА, описали возникновение АВ-блокады в 1,9% случаев, связав это с действием радиочастотной энергии либо с механическим воздействием катетеров во время процедуры. При этом лишь 0,6% пациентов, большая часть из которых имела полную блокаду левой ножки пучка Гиса, потребовалась имплантация постоянного электрокардиостимулятора [14]. В соот-

ветствии с полученными нами данными АВ-блокада — редкое осложнение РЧА КТП, которое было диагностировано интраоперационно и по результатам последующего холтеровского мониторирования ЭКГ только у 2 пациентов (по одному в каждой из групп). Больному из 1-й группы (1%) вследствие развившейся постоянной АВ-блокады II ст. (Мобитц II) был имплантирован двухкамерный электрокардиостимулятор. При проведении суточного мониторирования ЭКГ у пациента из 2-й группы была зарегистрирована АВ-блокада I ст., эпизоды транзиторной АВ-блокады II ст. (Мобитц I) преимущественно в ночные часы. По этой причине было принято решение отказаться от имплантации электрокардиостимулятора. Пациенту рекомендовали динамическое наблюдение по месту жительства.

Применение КОО у больных с сердечной недостаточностью

Проведение орошаемой аблации ассоциируется с введением дополнительного объема физиологического раствора, который, по мнению К.Д. Пг и соавт., составляет около 500 мл за одну процедуру [15]. Согласно нашим данным, для орошения аблационного катетера использовалось в среднем 450 мл физиологического раствора. По причине того, что 20 больных, принявших участие в исследовании, имели сниженную фракцию выброса левого желудочка, излишняя волемическая нагрузка в сочетании с необходимостью длительного горизонтального положения во время операции (продолжительность процедуры составила 60 (41; 85) мин) могла привести к декомпенсации сердечной недостаточности [16]. Обозначенную проблему можно решать либо использованием катетеров с закрытым контуром орошения, либо проведением тщательной медикаментозной подготовки этой категории больных перед процедурой. Определенной альтернативой также может стать использование РЧА с низкой скоростью орошения (10 мл/мин), показавшей высокую эффективность лечения типичного ТП и низкий риск развития осложнений [17].

Предшествовавшие исследования

Коллектив авторов из Германии в 2002 г. изучил использование 8-миллиметровых катетеров и катетеров с закрытым контуром орошения с параметрами аблации 60–70 °С (контроль по температуре) и 40–50 Вт соответственно. Про-

анализировав 100 процедур РЧА КТП, они не выявили значимой разницы в эффективности этих видов аблации, достигнув двунаправленного ИБ в 99% случаев [18].

Схожие результаты были достигнуты при сравнении РЧА с 10-миллиметровыми катетерами и КОО [15]. Истмус-блок был верифицирован в 83% в группе орошаемой РЧА и в 87% при использовании 10-миллиметровых катетеров. После смены катетеров эти показатели выросли до 90 и 100% соответственно. Не выявив значимой разницы в клинической эффективности, исследователи подчеркнули меньшую продолжительность процедуры при использовании КБК. На наш взгляд, повлиять на такой вывод мог дизайн исследования, подразумевавший применение орошаемой аблации в сочетании с навигационной системой CARTO.

Практически равная эффективность РЧА с КБК (8 мм) и КОО, составившая 73,8 и 74,2% соответственно, была показана и другими авторами [19]. В сравниваемых группах проводилась аблация с мощностью 50 Вт, в то время как для достижения главной цели РЧА с КБК — нанесения больших по площади участков повреждения — требуется энергия большей мощности [20], что не дает оснований рекомендовать полученные результаты для повседневной практики большинства аритмологических центров.

Группа французских исследователей провела метаанализ, охвативший 603 пациента с ТП. Результаты указывали на равнозначный относительный риск достижения ИБ (отношение шансов 0,96, 95% доверительный интервал: 0,92–1,01, $p=0,13$), сопоставимое время РЧА, время флюороскопии и продолжительность процедуры при применении как КБК, так и КОО [21].

Электрофизиологи из г. Бордо (Франция), проводя конвенционную РЧА (8-миллиметровые катетеры с одним и двумя сенсорами, 60 °С, 70 Вт) и орошаемую РЧА (с открытым и закрытым контурами орошения, 50 °С, 50 Вт), обнаружили достоверную разницу в конечной точке процедуры. Двунаправленный ИБ был верифицирован в течение 12 мин РЧА у 80% пациентов, успех операции в группе орошения составил 100%, в группе с 8-миллиметровыми катетерами — 80%. В отличие от нашего исследования, было подчеркнуто, что использование КОО ассоциировалось с меньшим количеством РЧ-воздействий и коротким временем флюороскопии [22].

Ограничения исследования

Несмотря на то что исследование было рандомизированным, визуальный и тактильный контакт оператора с аблационным катетером не позволял сделать его слепым.

Одним из главных ограничений большинства проведенных ранее похожих исследований было применение РЧА с небольшими параметрами мощности. Используемый нами протокол аблации давал возможность задействовать субмаксимальные параметры РЧА и достигнуть большей степени повреждения морфологического субстрата аритмии.

При отсутствии эффекта через 30 мин аблации не проводился переход на КБК. Это было связано с необходимостью картировать и проводить РЧ-воздействия преимущественно в областях со сниженным кровотоком, что эффективнее осуществлять с помощью 4-миллиметровых КОО.

Анализ стоимости процедуры в исследуемых группах не проводился, поскольку цена на расходные материалы сильно варьирует в разных регионах. Для проведения аблации как с КБК, так и с КОО требуется дополнительное оборудование (генератор, способный вырабатывать высокую мощность, насос для подачи орошающего раствора, расходные материалы и прочее). Как бы то ни было, стоимость процедуры явно возрастает при изменении вида аблации, что стоит принимать во внимание при использовании такой тактики.

Заключение

Использование КОО и КБК позволяет в подавляющем большинстве случаев достигнуть электрофизиологически верифицированного двунаправленного ИБ во время первой процедуры РЧА КТП (в нашем исследовании – у 87% больных). Полученные результаты указывают на преимущество орошаемой аблации, позволившей получить критерии эффективности процедуры у большего числа прооперированных больных. На наш взгляд, в основе такого явления лежит возможность КОО доставлять эффективное количество энергии в области со сниженным кровотоком, в которых часто локализуются места «прорыва» электрического возбуждения на КТП. При применении КОО и КБК не было выявлено достоверной разницы в продолжительности процедуры, времени флюороскопии или частоте осложнений, связанных с операцией.

Конфликт интересов

Во время процедуры использовались диагностические электроды фирм «Biotronic» (Германия), «Biosense Webster» (США) и «Medtronic» (США), аблационные электроды фирм «Boston Scientific» (США) и «Biosense Webster» (США). Исследование было абсолютно независимым и не подразумевало оказание материальной помощи для его проведения ни со стороны фирм-производителей, ни со стороны пациентов. Госпитализация и оперативное вмешательство финансировались из федерального бюджета Российской Федерации.

Библиографический список

1. Takahashi A., Shah D.C., Jaïs P. et al. How to ablate typical atrial flutter. *Europace*. 1999; 1 (3): 151–5.
2. Tsai C.-F., Tai C.-T., Yu W.-C. et al. Is 8-mm more effective than 4-mm tip electrode catheter for ablation of typical atrial flutter? *Circulation*. 1999; 100 (7): 768–71.
3. Pérez G.P., Madrid A.H., Rebollo J.M.G. et al. Radiofrequency ablation of the cavotricuspid isthmus in typical atrial flutter: Standard catheter versus irrigated-tip catheter. A Randomized prospective study. *Rev. Esp. Cardiol*. 2002; 55 (1): 37–44.
4. Cabezaa P., Madrida A.H., Palmeirob A. Lesions produced by radiofrequency ablation of the cavotricuspid isthmus in an experimental model. *Rev. Esp. Cardiol*. 2003; 56 (10): 963–70.
5. Макарова Н.В., Дурманов С.С., Козлов А.В. и др. Трепетание предсердий: причины неэффективного лечения методом радиочастотной катетерной аблации. *Вестник аритмологии*. 2012; 69: 57–63.
6. Ventura R., Klemm H., Lutomsky B. et al. Pattern of isthmus conduction recovery using open cooled and solid large-tip catheters for radiofrequency ablation of typical atrial flutter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2004; 15 (10): 1126–30.
7. Da Costa A., Romeyer-Bouchard C., Jamon Y. et al. Radiofrequency catheter selection based on cavotricuspid angiography compared with a control group with an externally cooled-tip catheter: A randomized pilot study. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2009; 20 (5): 492–8.
8. Koektuerk B., Chun J.K., Wissner E. et al. Cavotricuspid isthmus anatomy determines the success of remote controlled magnetic bidirectional block: A Comparison between magnetic 8-mm solid tip and 3.5-mm magnetic irrigated tip catheter. *Indian Pacing Electrophysiol. J*. 2011; 11 (4): 103–14.
9. Hoffmann E., Dorwarth U., Pulter R. et al. Importance of physical parameters for the effectiveness of radiofrequency catheter ablation. *Biomed. Tech. (Berl.)*. 1992; 37 (4): 62–8.
10. Huang S.K.S., Wood M.A. Biophysics of Radiofrequency Lesion Formation. In: *Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias*. 2nd ed. Elsevier; 2010: 6.
11. Покушалов Е.А. Радиочастотная катетерная аблация трепетания предсердий: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск; 2004.
12. Tokuda M., Tedrow U.B., Stevenson W.G. Silent steam pop detected by intracardiac echocardiography. *Heart Rhythm*. 2013; 10 (10): 1558–9.
13. Thiagalingam A., D'Avila A., McPherson C. et al. Impedance and temperature monitoring improve the safety of closed-loop irrigated-tip radiofrequency ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2007; 18 (3): 318–25.
14. Belhassen B., Glick A., Rosso R. et al. Atrioventricular block during radiofrequency catheter ablation of atrial flutter: incidence, mechanism, and clinical implications. *Europace*. 2011; 13 (7): 1009–14.
15. Ilg K.J., Kühne M., Crawford T. et al. Randomized comparison of cavotricuspid isthmus ablation for atrial flutter using an open irrigation-tip versus a large-tip radiofrequency ablation catheter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2011; 22 (9): 1007–12.

16. Akca F., Zima E., Végh E.M. Radiofrequency ablation at low irrigation flow rates using a novel 12-hole gold open-irrigation catheter. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2013; 36 (11): 1373–81.
17. Новичков С.А. Отдаленные результаты ирригационной радиочастотной катетерной абляции кавотрикуспидального перешейка у больных с типичным трепетанием предсердий: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2005.
18. Schreieck J., Zrenner B., Kumpmann J. et al. Prospective randomized comparison of closed cooled-tip versus 8-mm-tip catheters for radiofrequency ablation of typical atrial flutter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2002; 13 (10): 980–5.
19. Cuesta A., Mont L., Alvarenga N. et al. Comparison of 8-mm-Tip and Irrigated-Tip Catheters in the Ablation of Isthmus-Dependent Atrial Flutter: a Prospective Randomized Trial. *Rev. Esp. Cardiol.* 2009; 62 (7): 750–6.
20. Feld G. Radiofrequency ablation of atrial flutter using large-tip electrode catheters. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2004; 15 (10 Suppl.): 18–23.
21. Da Costa A. Comparison of the efficacy of cooled-tip and 8-mm-tip catheters for radiofrequency catheter ablation of the cavotricuspid isthmus: a meta-analysis. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2005; 28 (10): 1081–7.
22. Scavée C., Jaïs P., Hsu L.-F. et al. Prospective randomised comparison of irrigated-tip and large-tip catheter ablation of cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter. *Eur. Heart J.* 2004; 25 (11): 963–9.
8. Koektuerk B., Chun J.K., Wissner E. et al. Cavotricuspid isthmus anatomy determines the success of remote controlled magnetic bidirectional block: A Comparison between magnetic 8-mm solid tip and 3.5-mm magnetic irrigated tip catheter. *Indian Pacing Electrophysiol. J.* 2011; 11 (4): 103–14.
9. Hoffmann E., Dorwarth U., Pulter R. et al. Importance of physical parameters for the effectiveness of radiofrequency catheter ablation. *Biomed. Tech. (Berl.)*. 1992; 37 (4): 62–8.
10. Huang S.K.S., Wood M.A. Biophysics of Radiofrequency Lesion Formation. In: *Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias*. 2nd ed. Elsevier; 2010: 6.
11. Pokushalov E.A. Radiofrequency catheter ablation of atrial flutter. Abstract of the thesis of MD. Novosibirsk; 2004 (in Russian).
12. Tokuda M., Tedrow U.B., Stevenson W.G. Silent steam pop detected by intracardiac echocardiography. *Heart Rhythm.* 2013; 10 (10): 1558–9.
13. Thiagalingam A., D'Avila A., McPherson C. et al. Impedance and temperature monitoring improve the safety of closed-loop irrigated-tip radiofrequency ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2007; 18 (3): 318–25.
14. Belhassen B., Glick A., Rosso R. et al. Atrioventricular block during radiofrequency catheter ablation of atrial flutter: incidence, mechanism, and clinical implications. *Europace.* 2011; 13 (7): 1009–14.
15. Ilg K.J., Kühne M., Crawford T. et al. Randomized comparison of cavotricuspid isthmus ablation for atrial flutter using an open irrigation-tip versus a large-tip radiofrequency ablation catheter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2011; 22 (9): 1007–12.
16. Akca F., Zima E., Végh E.M. Radiofrequency ablation at low irrigation flow rates using a novel 12-hole gold open-irrigation catheter. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2013; 36 (11): 1373–81.
17. Novichkov S.A. Long-term results of irrigated radiofrequency catheter ablation of cavotricuspid isthmus in patients with typical atrial flutter. Abstract of the thesis of PhD. Moscow; 2004 (in Russian).
18. Schreieck J., Zrenner B., Kumpmann J. et al. Prospective randomized comparison of closed cooled-tip versus 8-mm-tip catheters for radiofrequency ablation of typical atrial flutter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2002; 13 (10): 980–5.
19. Cuesta A., Mont L., Alvarenga N. et al. Comparison of 8-mm-Tip and Irrigated-Tip Catheters in the Ablation of Isthmus-Dependent Atrial Flutter: a Prospective Randomized Trial. *Rev. Esp. Cardiol.* 2009; 62 (7): 750–6.
20. Feld G. Radiofrequency ablation of atrial flutter using large-tip electrode catheters. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2004; 15 (10 Suppl.): 18–23.
21. Da Costa A. Comparison of the efficacy of cooled-tip and 8-mm-tip catheters for radiofrequency catheter ablation of the cavotricuspid isthmus: a meta-analysis. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2005; 28 (10): 1081–7.
22. Scavée C., Jaïs P., Hsu L.-F. et al. Prospective randomised comparison of irrigated-tip and large-tip catheter ablation of cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter. *Eur. Heart J.* 2004; 25 (11): 963–9.

References

1. Takahashi A., Shah D.C., Jaïs P. et al. How to ablate typical atrial flutter. *Europace.* 1999; 1 (3): 151–5.
2. Tsai C.-F., Tai C.-T., Yu W.-C. et al. Is 8-mm more effective than 4-mm tip electrode catheter for ablation of typical atrial flutter? *Circulation.* 1999; 100 (7): 768–71.
3. Pérez G.P., Madrid A.H., Rebollo J.M.G. et al. Radiofrequency ablation of the cavotricuspid isthmus in typical atrial flutter: Standard catheter versus irrigated-tip catheter. A Randomized prospective study. *Rev. Esp. Cardiol.* 2002; 55 (1): 37–44.
4. Cabezaa P., Madrida A.H., Palmeirob A. Lesions produced by radiofrequency ablation of the cavotricuspid isthmus in an experimental model. *Rev. Esp. Cardiol.* 2003; 56 (10): 963–70.
5. Makarova N.V., Durmanov S.S., Kozlov A.V. et al. Atrial flutter: causes of ineffective radiofrequency catheter ablation. *Vestnik Aritmologii.* 2012; 69: 57–63 (in Russian).
6. Ventura R., Klemm H., Lutomsky B. et al. Pattern of isthmus conduction recovery using open cooled and solid large-tip catheters for radiofrequency ablation of typical atrial flutter. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2004; 15 (10): 1126–30.
7. Da Costa A., Romeyer-Bouchard C., Jamon Y. et al. Radiofrequency catheter selection based on cavotricuspid angiography compared with a control group with an externally cooled-tip catheter: A randomized pilot study. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2009; 20 (5): 492–8.

Поступила 29.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г

© Л.А. БОКЕРИЯ, А.Г. ФИЛАТОВ, А.С. КОВАЛЕВ, 2014

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 616.125.2:616.12-008.313.2-089.87:615.84-036.8

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.6

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: оригинальная статья

Л.А. Бокерия, А.Г. Филатов, А.С. Ковалев

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»;
Филатов Андрей Геннадьевич, канд. мед. наук, заведующий лабораторией;
Ковалев Алексей Сергеевич, и. о. научн. сотр., e-mail: askovalev86@gmail.com

Цель. Анализ исходных электромеханических показателей сердца на предмет выявления закономерности успеха процедуры радиочастотной аблации (РЧА) в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы. Клиническое исследование проводилось с апреля 2009 по апрель 2014 г. В исследовании приняли участие 94 пациента, среди которых 49 мужчин и 45 женщин с различными формами фибрилляции предсердий (ФП): 34 человека с пароксизмальной формой, 30 человек – с персистирующей и 30 человек – с длительно персистирующей. По итогам исследования было принято решение об анализе всего пула пациентов на предмет выявления механических (размеры левого предсердия (ЛП) и левого желудочка (ЛЖ)) и электрофизиологических (параметры фрагментированной активности) характеристик пациентов с сохраняющимся синусовым ритмом на момент окончания исследования (оконченные наблюдения – 34 пациента) и больных с манифестацией ФП (прерванные наблюдения – 60 пациентов). А также вариабельность признаков электромеханического ремоделирования в зависимости от времени обнаружения первого пароксизма аритмии после операции.

Результаты. Верхняя граница значения длительности фрагментации у пациентов со свободой от ФП (130 мс) лежала ниже, чем 95%-я нижняя граница такового у пациентов с рецидивом аритмии (140 мс). Разброс между медианами общей площади зон фрагментированной активности составил 15,4 см².

Имеет место выраженная вариабельность диаметра и объема ЛП. Медианы его диаметра при рецидиве и свободе от ФП составляют 4,9 и 4,2 см, медианы объема – 140 к 91 мл, 25 и 75%-й квантили – 120 к 82,75 мл и 195,5 к 123 мл соответственно.

Прочие механистические характеристики, включая размеры ЛП по данным КТ, также подчинялись ранее описанной тенденции к вариабельности. Остальные первично полученные данные, равно как и базовые электрофизиологические параметры, не были просканированы ввиду явной вторичности или зависимости от вышеуказанных характеристик.

Выводы. Методика электроанатомического картирования должна применяться у пациентов с персистирующими формами ФП с диаметром ЛП от 4,5 см и объемом более 105–110 мл. Критическими же значениями, по достижению которых применение интервенционных методик не дает значимой эффективности, стали диаметр ЛП от 5,5 см и объем более 200 мл с показателями длительности и общей площадью фрагментации более 190 мс и 30 см² соответственно.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; электроанатомическое картирование; комплексная фрагментированная активность; радиочастотная аблация

THE IMPACT OF INITIAL ELECTROMECHANICAL REMODELING OF LEFT ATRIUM ON THE OUTCOME OF RADIOFREQUENCY ABLATION IN PATIENTS WITH DIFFERENT TYPES OF ATRIAL FIBRILLATION

L.A. Bockeria, A.G. Filatov, A.S. Kovalev

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;

Filatov Andrey Gennad'evich, MD, PhD, Chief of Laboratory;

Kovalev Aleksey Sergeevich, Acting Research Associate, e-mail: askovalev86@gmail.com

Objective. To analyze the initial electro-mechanical performance of the heart in order to identify patterns of success of radiofrequency ablation procedures in the late postoperative period.

Material and methods. A clinical study was conducted between April 2009 and April 2014. The study involved 94 patients, including 49 men and 45 women with various forms of atrial fibrillation (AF): 34 people with paroxysmal, 30 people with persistent and 30 people with long-lasting persistent form. The study was decided to analyze the entire pool of patients to identify mechanical (left atrium (LA) and left ventricle (LV) dimensions) and electrophysiological (CFAE) patient characteristics, retaining sinus rhythm at the end of the study (finished observations – 34 patients) and the manifestation of the AF (interrupted observation – 60 patients), as well as the variability of signs electro-mechanical remodeling depending on the time when the first paroxysm was registered arrhythmias after surgery.

Results. The upper limit of fragmentation duration in patients with freedom from AF (130 ms) lies less than a 95% lower limit of such patients with recurrent arrhythmias (140 ms).

Spread between the medians of the total area of the fragmented areas was 15.4 cm².

There is a marked variation in the diameter and volume of the LA. The median of diameter of LA varies from 4.9 cm to 4.2 cm, respectively in recurrence and freedom from AF, the median volume of LA was 140 ml 91 ml, respectively.

Other mechanistic characteristics, including the size of the LA, as previously described subordinate tendency to variability. Other primary obtained data, as well as basic electrophysiological parameters were not scanned because of apparent secondary or depending on the above characteristics.

Conclusions. Electroanatomical mapping technique should be used in patients with persistent AF, with a LA diameter of 4.5 cm and more, and volume more than 105–110 ml. Same critical values at which the application of interventional techniques does not give significant performance are LA diameter 5.5 cm, volume 200 ml and more, with duration and fragmentation of more than 190 ms and 30 cm², respectively.

Key words: atrial fibrillation; electroanatomical mapping; complex fragmented activity; radiofrequency ablation.

Введение

В настоящее время существует множество тактик и схем лечения фибрилляции предсердий (ФП) – от контроля частоты сердечных сокращений до восстановления синусового ритма. Все подобные тактики широко описаны в мировой литературе, равно как и перспективные методики, не имеющие пока большой распространенности [1, 2]. Однако существует малое количество исследований, подтверждающих эффективность той или иной методики относительно исходных данных каждого конкретного пациента. Согласно клиническим рекомендациям, выбор тактики лечения зависит исключительно от формы аритмии и наличия сопутствующей внутри- и внесердечной патологии [3].

Таким образом, целью данного исследования было проведение анализа исходных электро-механических показателей сердца на предмет вы-

явления закономерности успеха процедуры радиочастотной абляции (РЧА) в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы

Клиническое исследование проводили с апреля 2009 по апрель 2014 г. В нем приняли участие 94 пациента, среди которых было 49 мужчин и 45 женщин с различными формами ФП: 34 человека с пароксизмальной формой, 30 человек – с персистирующей и 30 человек – с длительно персистирующей. В представленной группе у 42 пациентов была выявлена регургитация на митральном клапане (МК) до III степени без органического поражения последнего и у 22 пациентов сопутствующим диагнозом была ишемическая болезнь сердца (ИБС). Для лечения аритмии были использованы три различных

протокола РЧА: расширенная антральная изоляция легочных вен – у 32 пациентов; расширенная антральная изоляция легочных вен и точечная РЧА зон комплексной фрагментированной активности – у 31 больного; расширенная антральная изоляция легочных вен, линейная РЧА по типу «box lesion» и дополнительная расширенная изоляция зон комплексной фрагментированной активности – у 32 пациентов.

Основными жалобами пациентов были учащенное сердцебиение (78,43%), общая слабость на фоне приступа (61,98%) и одышка при физической нагрузке (45,27%). Длительность аритмологического анамнеза при пароксизмальной форме – $9,2 \pm 4,6$ мес; при персистирующей – $16,4 \pm 5,7$ мес; при длительно персистирующей – $21,6 \pm 8,1$ мес. Добавим, что длительность пароксизмов варьировала от $228,56 \pm 37,88$ мин при пароксизмальной форме ФП до $2974,11 \pm 449,23$ мин у пациентов с непароксизмальными формами ФП ($p < 0,001$).

Приводимая здесь статистика является частью большого исследования, посвященного оценке электромеханического субстрата, отвечающего за поддержание ФП. Первые данные, посвященные эффективности процедуры РЧА у рассматриваемых пациентов, описаны в ранее опубликованной статье [4].

Протокол клинико-инструментального исследования

Эхокардиография

Эхокардиографию (ЭхоКГ) выполняли рутинно на аппаратах «Hewlett Packard SONOS» 5500 («Hewlett Packard Company», США) и «GE Vivid» S5 («GE Healthcare», «General Electric», США) с использованием мультипланового датчика и включала в себя измерение базовых параметров сердца (конечный систолический и диастолический размеры и объемы левого желудочка (КСР, КДР, КСО, КДО), ударный объем, фракция выброса (ФВ) левого желудочка, диаметр левого предсердия) и его клапанов (диаметр МК, степень регургитации на МК). Определение исходных параметров левого желудочка (ЛЖ) в систолу и диастолу выполнялось по методике Teichholtz из стандартных позиций. Состояние клапанов сердца, гемодинамики, явления локальных изменений кинетики и сократимости ЛЖ оценивалось в В- и М-модальном режиме.

Компьютерную томографию (КТ) проводили на 64-срезовом томографе «Philips Brilliance

iCT» («Koninklijke Philips N.V.», Нидерланды). В стандарт исследования входила контрастная прицельная КТ левого предсердия (ЛП) и легочных вен с введением контрастного вещества и последующим измерением искомым параметров.

При последующей обработке определились следующие размеры ЛП: краниокаудальный, переднезадний, медиолатеральный, а также объем ЛП с учетом ушка, размер и анатомия всех легочных вен.

Площадь поверхности ЛП рассчитывалась по формуле Кнуда–Томсена:

$$S \approx 4\pi \times \frac{(a^p b^p + a^p c^p + b^p c^p)^{\frac{1}{p}}}{3}$$

где S – площадь поверхности ЛП, a – радиус по оси x , b – радиус по оси y , c – радиус по оси z , $\pi = 3,14$, $p = 1,6075$ (расчетный коэффициент).

Электрофизиологическое исследование

Электрофизиологическое исследование (ЭФИ) проводилось с помощью системы «GE CardioLab XT Recording System» («GE Healthcare», «General Electric»). Для оценки электрофизиологических свойств миокарда предсердий и желудочков, а также проводящей системы сердца использовался протокол, включавший в себя определение антеградной и ретроградной точек Венкебаха, эффективных рефрактерных периодов атрио-вентрикулярного узла как антеградно, так и ретроградно и эффективных рефрактерных периодов миокарда желудочков и предсердий.

Электроанатомическое картирование

Перед началом процедуры с помощью сегментационного интерфейса EnSite Verismo и данных КТ (формат DICOM3) происходит построение трехмерной анатомической карты ЛП. Выбор требуемого участка осуществляется на основании изображения сердца в трех плоскостях и трехмерной общей модели одновременно. Основной этап включал в себя построение анатомической и электрофизиологической карт ЛП. Мы использовали два подхода – поэтапное построение карты (вначале анатомическая, затем электрофизиологическая) и одномоментное с использованием алгоритма «OneMap». Выбор в каждом случае был обусловлен наличием ранее созданной через интерфейс Verismo трехмерной модели. При наличии таковой использовался алгоритм «OneMap», с последующим совмещением в режиме Fusion двух полученных трехмерных изображений. При отсутствии – первичное

построение анатомической карты позволяло также наложить на нее электрофизиологическую модель с последующей интерпретацией. Сбор точек происходил на пароксизме ФП. Если пациент поступал в операционную на синусовом ритме, пароксизм вызывался при помощи сверхчастой стимуляции области дистального коронарного синуса или зоны левой верхней легочной вены (ЛВ).

Процесс картирования подразумевал сбор точек при помощи выбранного электрода с внутренней поверхности ЛП. В среднем за данную фазу собиралось порядка 1500–2000 точек в зависимости от размера предсердия и возможности точного позиционирования картирующего электрода.

Постобработка полученных эндограмм включала в себя работу с функцией «points» и удаление невалидных точек. К таковым относились эндограммы с изолинией на записи либо не отвечающие требуемой длительности фрагментированной активности, которая составляла от 65 мс до 250 мс. По данным обработки выстраивали электроанатомическую карту ЛП с нанесенными на нее цветовыми участками фрагментированной активности. Цветовая схема варьировалась от красного (зона малой длительности – Complex Fractionated Atrial Electrograms (CFAE) – комплексная фрагментированная предсердная активность) до желто-зеленого (зона средней длительности CFAE) и темно-синего (зона большой длительности CFAE). Количественный подсчет площади фрагментированной активности осуществлялся при помощи алгоритмов «Show field scaling» и «Anatomic Markers»: на готовой модели ЛП применялся расчет общей площади поверхности картирования, после чего при помощи маркерной линии выделялась зона CFAE с проведением автоматического расчета площади выделенного сегмента.

Протокол радиочастотной абляции

Рутинная изоляция устьев легочных вен подразумевала циркулярное нанесение радиочастотного повреждения в устье каждой из легочных вен для элиминации триггеров, вызывающих аритмию. Расширенная антральная изоляция производилась на 0,5–1 см внутри полости предсердия от легочных вен с целью изоляции не только триггеров, но и критической массы миокарда. Также в данный протокол входила процедура точечной абляции зон комплексной фрагментированной активности. Радиочастот-

ную абляцию по типу эндокардиального «box lesion» с захватом зон CFAE выполняли по аналогии с открытой процедурой – происходила изоляция устьев ЛВ в зоне антрума либо на площадке, последующее соединение изолированных участков линией по крыше ЛП между верхними ЛВ и линейное повреждение вдоль коронарного синуса либо изнутри полости предсердия, либо в самом коронарном синусе, проецируя электрод на стенку ЛП. Дополняли данные воздействия расширенная изоляция участков фрагментации, не включенных в зону поражения, и отдельная линия к фиброзному кольцу МК от ушка ЛП или верхней левой ЛВ. Двухнаправленность блокады проведения между изолированными зонами проверяли при помощи стимуляции. После проведения процедуры всем пациентам рутинно выполняли РЧА правого истмуса для предупреждения развития трепетания предсердий.

Критерием ранней эффективности РЧА служили купирование пароксизма во время нанесения радиочастотного поражения и отсутствие индукции на сверхчастую стимуляцию при проведении послеоперационного ЭФИ. Если на момент окончания процедуры пациент оставался на пароксизме либо тот индуцировался стимуляцией, то под внутривенным наркозом прополом производилась кардиоверсия силой тока 120–200 Дж бифазно (в зависимости от массы тела пациента) до двух раз. Случаев манифестации пароксизма ФП на момент вывоза из операционной и на госпитальном этапе не было выявлено.

Анализ отдаленных послеоперационных результатов

Оперативное вмешательство проводилось единожды за период наблюдения. Максимальная длительность наблюдения составила 46 мес. Повторные процедуры не проводились. Все пациенты, перенесшие процедуру РЧА, получали антиаритмическую и антикоагулянтную терапию по индивидуальной схеме до достижения 12 мес без пароксизмов предсердных тахикардий. При сохранном синусовом ритме на момент контрольного мониторинга по Холтеру через 1 год пациентам отменяли антиаритмическую терапию. Для оценки результатов РЧА использовали метод суточного мониторинга ЭКГ по Холтеру (рутинно через 3, 6, 9 и 12 мес после операции и в дальнейшем 1 раз в 6 мес). Наличие любой предсердной тахикардии дли-

тельностью более 5 с являлось маркером отрицательного результата аблации.

По итогам исследования было принято решение об анализе всего пула пациентов на предмет выявления механических (размеры ЛП и ЛЖ) и электрофизиологических (параметры фрагментированной активности) характеристик пациентов, удерживающих синусовый ритм на момент окончания исследования (оконченные наблюдения – 34 пациента) и с манифестацией ФП (прерванные наблюдения – 60 пациентов), а также вариабельность признаков электромеханического ремоделирования в зависимости от того времени, когда был зарегистрирован первый пароксизм аритмии после операции.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных производилась на программном обеспечении IBM SPSS Statistics 21 (SPSS Inc., IBM Corp.). Количес-

венные параметры с логнормальным распределением оценивались при помощи описательных статистик и представлены в виде медианы и интерквартильного диапазона Me (25%; 75%). Использовались критерии Манна–Уитни и Крускала–Уоллеса для непараметрических выборок. Из-за логлинейности распределения искомым параметров корреляции между ними высчитывались с коэффициентом Кендала и примененным двустороннего критерия значимости. Графическое отношение параметров выстраивалось при помощи медианного анализа.

Результаты

Сводные данные пациентов в группах прерванных и окончанных наблюдений представлены в таблице 1.

Проверка нулевой гипотезы о равенстве распределения в группах показала, что достоверно одинаковыми показателями были характери-

Таблица 1

Количественная оценка основных электромеханических параметров у пациентов на момент выхода из исследования

Характеристика	Группы наблюдений	p	Медиана (квантили)		
			25	50	75
Площадь ЛП по формуле Кнуда Томсена, см ²	Прерванные	0,0001	112,75	129,11	172,51
	Оконченные		71,81	99,21	124,91
Длительность CFAE, мс	Прерванные	0,0001	118	158	185,5
	Оконченные		79,5	87	118,5
Общее количество зон CFAE, n	Прерванные	0,0001	5	7	8,5
	Оконченные		3	3	6
Общая площадь зон CFAE, см ²	Прерванные	0,0001	16,2	25,7	30,35
	Оконченные		9,7	10,3	20,2
Конечный диастолический размер ЛЖ, см ²	Прерванные	0,893	4,95	5,3	5,45
	Оконченные		4,5	4,9	5,35
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл	Прерванные	0,499	112,5	133	142
	Оконченные		93	118	136,5
Фракция выброса ЛЖ, %	Прерванные	0,912	57	63	65,5
	Оконченные		56,5	61	70,5
Диаметр ЛП, см	Прерванные	0,0001	4	4,9	5,6
	Оконченные		3,5	4,2	4,7
Краниокаудальный размер ЛП, см	Прерванные	0,0001	6,2	7	7,95
	Оконченные		5,65	6,3	6,65
Переднезадний размер ЛП, см	Прерванные	0,0001	4,05	4,8	5,6
	Оконченные		3,6	3,9	4,5
Медиалатеральный размер ЛП, см	Прерванные	0,0001	6,5	7,2	7,8
	Оконченные		5,5	6,3	6,8
Объем ЛП по данным КТ, мл	Прерванные	0,0001	120	140	195,5
	Оконченные		82,75	91	123

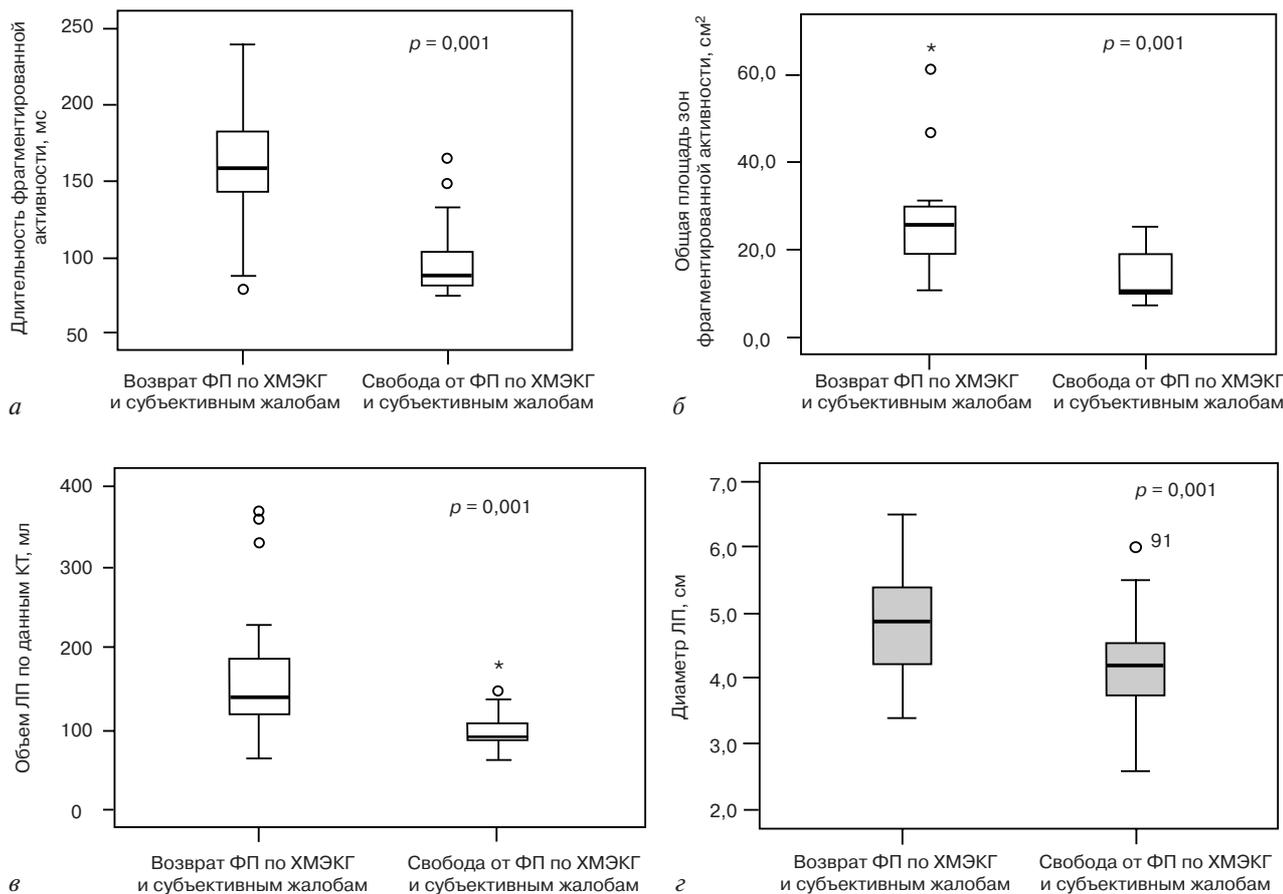


Рис. 1. Здесь и далее распределение показано для групп прерванного (возврат ФП) и оконченого (свобода от ФП) наблюдения:

а – длительность фрагментированной активности; *б* – общая площадь зон фрагментированной активности; *в* – объем ЛП по данным КТ; *г* – диаметр ЛП по данным ЭхоКГ

ки ЛЖ (КДР, КДО, ФВ), при этом данные показатели были более вариабельны у пациентов с сохранным синусовым ритмом.

Анализ остальных характеристик показал достоверно значимую разницу. Из этих характеристик стоит выделить в первую очередь электрофизиологические параметры – длительность и площадь фрагментированной активности.

Наибольший разброс в значениях отмечался в параметре длительности фрагментации (рис. 1, *а*). Без учета двух нецензурируемых наблюдений верхняя граница значения фактора у пациентов со свободой от ФП (130 мс) лежала ниже, чем 95%-я нижняя граница такового у пациентов с рецидивом аритмии (140 мс).

Второй признак – общая площадь зон фрагментированной активности – также имел достоверное различие параметров между группами. Как и в случае с длительностью фрагментации, перекрестного совпадения по значению параметра не наблюдалось. Более того, разброс

между медианами составил 15,4 см² за счет того, что медиана у пациентов с сохранным синусовым ритмом лежала около нижней границы листа (рис. 1, *б*).

Общее количество зон фрагментации имело почти одинаковый размах между 25 и 75%-м квантилем, однако стоит отметить, что и медиана у пациентов с сохранным синусовым ритмом была 3, и 95%-й предел составлял 7, что являлось медианой для пациентов с рецидивом ФП, у которых тот же 95%-й квантиль составлял 12.

Касательно механических признаков можно отметить общую тенденцию к высокой вариабельности параметров в группе с манифестацией ФП. Больше всего это заметно при оценке диаметра и объема ЛП. Медианы диаметра ЛП при рецидиве и свободе от ФП 4,9 и 4,2 см соответственно. Однако соотношение 25 и 75%-го квантилей составили 4 см к 3,5 и 5,6 см к 4,7 соответственно, что дает повод судить о меньших значениях у пациентов со свободой от ФП. Та же

тенденция и в случае отношения медиан и квартилей показателей объема ЛП (рис. 1, в) и диаметра ЛП (рис. 1, г): медианы – 140 мл к 91, 25 и 75%-й квартили 120 мл к 82,75 и 195,5 мл к 123 соответственно в случае объема, 4,8 см к 4,3 соответственно при оценке диаметра.

Прочие механистические характеристики, включая размеры ЛП по данным КТ, также подчинялись ранее описанной тенденции к вариативности. Остальные первично полученные данные, равно как и базовые электрофизиологические параметры, не были просканированы ввиду явной вторичности или зависимости от вышеуказанных характеристик.

Согласно анализу полученных данных было проведено сравнение основных показателей

электромеханического ремоделирования ЛП при распределении эффективности интервенционного лечения по годам (табл. 2).

При использовании однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с применением критерия Тьюки уровень значимости для каждого маркера ремоделирования составил менее 0,001.

Отмечается прогрессивное нарастание объема и площади ЛП, а также длительности и общей площади фрагментированной предсердной активности у пациентов с худшими показателями удержания синусового ритма. Динамика изменений средних значений структурных показателей ЛП представлена на рисунке 2, а. Динамика изменений средних значений электрических показателей ЛП представлена на рисунке 2, б.

Таблица 2

Средние значения показателей электромеханического ремоделирования у пациентов в зависимости от времени удержания синусового ритма

Фактор	Срок наблюдения, мес	Среднее значение	Стандартное отклонение	<i>p</i>
Длительность комплексной фрагментированной активности, мс	<12	190,46	21,074	0,000
	12–23	154,85	30,075	
	24–35	109,70	35,895	
	≥36	103,82	38,508	
Общее количество зон CFAE, <i>n</i>	<12	8,92	2,060	0,000
	12–23	6,41	1,623	
	24–35	4,55	1,605	
	≥36	3,82	1,527	
Общая площадь зон фрагментированной активности, см ²	<12	37,792	16,4433	0,000
	12–23	24,989	7,1723	
	24–35	15,860	6,3029	
	≥36	13,506	6,6362	
Объем ЛП по формуле Кнуда Томсена, мл	<12	205,4862	55,66529	0,000
	12–23	154,2415	59,79039	
	24–35	121,7160	39,02480	
	≥36	109,5324	51,00305	
Площадь ЛП по формуле Кнуда Томсена, см ²	<12	189,4800	46,75134	0,000
	12–23	157,9533	49,75073	
	24–35	133,5265	40,15432	
	≥36	118,7638	41,73157	
Диаметр ЛП, см	<12	5,433	0,7101	0,000
	12–23	4,770	0,7550	
	24–35	4,521	0,7814	
	≥36	4,171	0,7372	
Объем ЛП по данным КТ, мл	<12	228,22	81,725	0,000
	12–23	152,63	59,339	
	24–35	116,22	32,034	
	≥36	105,34	31,446	

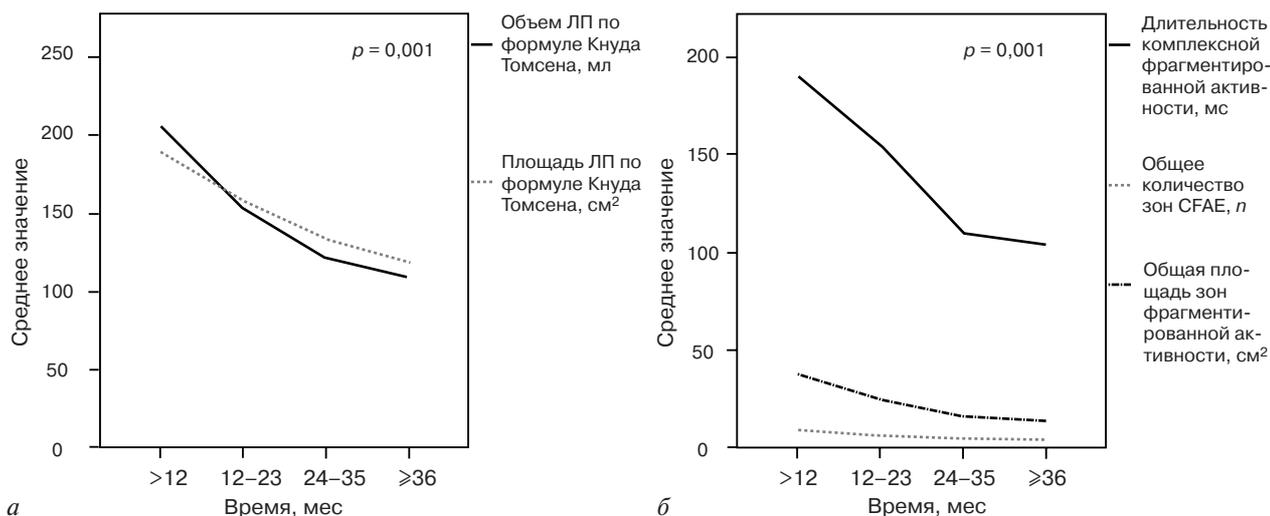


Рис. 2. Динамика изменения средних значений структурных (а) и электрофизиологических (б) показателей ЛП в зависимости от времени удержания синусового ритма

Обсуждение

В клинической практике не трудно столкнуться с эпизодами перехода одной формы ФП в другую, причем как в сторону увеличения длительности пароксизма и класса соответственно, так и в сторону уменьшения. Однако данные рекомендации не разделяют стадии ФП на части по принципу разницы в механизмах, приводящих к ухудшению состояния или возврату пароксизмов. Так, например, с развитием техники РЧА Общество сердечного ритма (Heart Rhythm Society (HRS)), Европейская ассоциация сердечного ритма (European Heart Rhythm Association (EHRA)) и Европейское общество аритмий сердца (European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS)) в содействии с другими крупными организациями выделяют персистирующую более 1 года ФП как «длительно существующую персистирующую». Это дает возможность для проведения лечения, направленного на восстановление синусового ритма, что теоретически невозможно сделать при наличии «постоянной формы ФП» [3]. Также следует отметить, что в существующей классификации четко выделяется «изолированная» ФП, которая присутствует у молодых пациентов без других сердечно-легочных патологий или прочих состояний, ведущих к возникновению и манифестации аритмии. С другой стороны, из классификации исключена вторичная ФП, развивающаяся на фоне первичной кардиальной патологии, так как лечение основного заболевания в большинстве случаев приводит к элиминации ФП [5].

Можно сделать предположение о внесении ряда изменений в существующее ранжирование

ФП в зависимости от некоторых факторов. Эти допущения основываются на корреляции факторов со степенью ремоделирования миокарда предсердий, что может привести к пересмотру показаний для хирургического и интервенционного лечения ФП. Так, например, пациентам с персистирующей формой ФП необходимо выполнять расширенную РЧА ЛП либо биатриальную РЧА, либо хирургическое вмешательство с такими же конечными точками и объемами операции. Допущение же использования в классификации вторичной ФП дает представление о выборе тактики лечения пациентов в послеоперационном периоде, а также о прогнозе смертности и выживаемости, в отличие от таковых с первичной ФП [6].

Актуальность механо-этиологических факторов

Гетерогенность в понимании механизмов ФП является следствием многих независимых факторов: разность в подходе каждого специалиста, развитие сочетанных патологических состояний, внешние факторы, влияющие на возникновение, манифестацию и прогрессирование аритмии. В совокупности данные факторы могут влиять на различное проявление ФП у каждого индивидуума [7]. В данном аспекте продолжают споры о том, является ли ФП естественным процессом старения организма, обусловлено ли развитие постоянной формы наличием генетической предрасположенности или специфичности организма пациента, действительно ли существует разница в этиологии и патофизиологии

пароксизмальных и непароксизмальных форм, насколько кооперативны внешние и внутренние факторы риска развития ФП [8]? Сопоставив патофизиологические предпосылки аритмии у каждого пациента, развитие генных нарушений, ведущих к появлению электрофизиологических критериев, можно сделать вывод, что механизмы различаются у каждого пациента или у небольших групп таковых. Для подтверждения или опровержения выдвинутых тезисов многие авторы многих клинических исследований делают попытку распознать и сопоставить данные анамнеза и физикальных исследований, молекулярных, био- и гистохимических процессов, электрофизиологических критериев с предполагаемыми механизмами ФП и видами по классификации, а иногда и между собой [9, 10]. Проблема заключается в том, что подобные исследования выполняются в одном центре и имеют разный дизайн и выборку, что существенно осложняет последующее сопоставление результатов. Из этого следует, что все удачные попытки объединения исследований приводят к выявлению риск-фактора и патологического механизма, ответственного за какой-либо подтип аритмии, но не за класс в целом [11, 12].

Актуальность клинического лечения

Современные рекомендации клинического лечения ФП основаны на стратегиях удержания ритма или частоты желудочковых сокращений, поэтому обращение к классу ФП у пациента не так актуально. Если у пациентов с пароксизмальной формой аритмии существуют принятые схемы изоляции легочных вен и дополнительно ганглионарных сплетений и зон фрагментации [13], то в действительности пациенты с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП нуждаются в увеличении объема воздействия как при РЧА, так и при хирургических вмешательствах, что напрямую связано со степенью ремоделирования предсердий [14]. Тем более включение в классификацию «длительно персистирующей ФП» обусловлено клинико-физиологическими аспектами и свидетельствует об отсутствии понимания четкой границы между степенью ремоделирования при персистирующей и постоянной формами [15]. Тем не менее существует несколько исследований, базирующихся именно на классе аритмии. Одно из них включало 1104 пациента с пароксизмальной, персистирующей и длительно персистирующей ФП, которым помимо изоляции ЛВ вы-

полняли расширенные воздействия в ЛП. По результатам 7-летнего наблюдения свобода от предсердных нарушений ритма, в том числе ФП, составила в группах больных с пароксизмальной и персистирующей формами ФП 78 и 76% соответственно, что статистически не значимо. А в группе больных с длительно персистирующей формой ФП эффективность составила 61%, и отличие было статистически значимым. Точность наблюдения была достаточно высокой, хотя при этом уровень исследования эффективности базировался на наличии симптомов в послеоперационном периоде. Актуальность классификации ФП при использовании других методик восстановления ритма, например такой методики, как кардиоверсия, не установлена, однако есть наблюдения, показывающие большую эффективность ранней кардиоверсии при возникшем пароксизме [16].

Гибридные технологии в лечении ФП

По различным данным, эффективность оригинальной методики операции Cox-Maze III составляет до 95% за период до 5 лет [1]. В то же время пациенты с ФП в анамнезе, подвергающиеся вмешательству по поводу первичной кардиальной патологии, имеют меньшие шансы на эффективное восстановление и большие показатели возврата патологии и смертности [17, 18]. Это подтверждает исследование М.А. Quader и соавт., показавшее снижение 10-летней выживаемости пациентов после аортокоронарного шунтирования на 24% при наличии сопутствующей ФП [19]. В недавнем постановлении Международного общества миниинвазивной кардиоторакальной хирургии (International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery), основанном на ряде исследований, рекомендуется проводить сочетанную процедуру хирургической аблации у пациентов при инвазивном оперативном вмешательстве [20]. Рандомизированное исследование S.J. Hombach и соавт. показало эффективность восстановления синусового ритма в 79,4% при сочетанной хирургии тотальной митральной недостаточности и ФП, при показателе эффективности без аблации 26,9% [21]. В последнее время часть исследований были направлены на выявление эффективности дополнительной хирургической аблации зон CFAE с эффективностью до 82%, что дает право признать данную методику у пациентов с сочетанной патологией одной из самых оптимальных [22].

Однако в последнее время гибридные техники приобретают все большее значение в лечении ФП. Такие методики сочетают нанесение эндо- и эпикардиальных повреждений в ходе одной процедуры и подразумевают совместную работу хирургической и электрофизиологической бригады. Ввиду того что в мировой литературе представлено не так много данных на эту тему, говорить о вводе в практическую медицину нового стандарта рано, однако гибридные вмешательства уже можно признать операцией выбора [23].

Исследование под руководством S. Mahapatra и соавт., в котором проводилось сравнение изолированной катетерной абляции и гибридного подхода, показало, что 1,5-годичная эффективность последнего составляет 86,7% при приеме антиаритмических препаратов [24]. Другое исследование группы под руководством M. Zembala и соавт. показало годичную 80%-ю эффективность гибридного вмешательства без антиаритмических препаратов I/III класса, а у 6 пациентов через 2 года после хирургического вмешательства эффективность составила 100% без антиаритмических препаратов I/III класса [24].

Заключение

На основании проведенного анализа прерванных и оконченных наблюдений были выявлены рекомендации по отбору пациентов на интервенционное и хирургическое лечение. Основой данного выбора являлись показатели структурного (диаметр, объем и площадь ЛП) и электрического (длительность, количество и общая площадь зон фрагментированной активности) ремоделирования ЛП у пациентов в зависимости от времени удержания синусового ритма. Данные показатели объединили все типы интервенционного вмешательства для получения достоверно значимых показателей. Мы считаем, что методика электроанатомического картирования должна применяться у пациентов с персистирующими формами ФП с диаметром ЛП от 4,5 см и объемом более 10–110 мл. Критическими же значениями, по достижению которых применение интервенционных методик не дает значимой эффективности, стали диаметр ЛП от 5,5 см и объем более 200 мл с показателями длительности и общей площади фрагментации более 190 мс и 30 см² соответственно. В большинстве случаев данные пациенты имеют патологию клапанов сердца и/или прочие структурные патологии сердца. Таким пациен-

там требуется хирургическое вмешательство как процедура со значимо лучшими показателями эффективности в отдаленном периоде. Остальные показатели дают возможность применения интервенционных тактик с хорошей отдаленной эффективностью.

В общемировой практике не были обнаружены источники, предоставляющие информацию о точных показателях, указанных выше. Таким образом, выведенные нами данные носят рекомендательный характер.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Woods C.E., Olgin J. Atrial fibrillation therapy now and in the future: drugs, biologicals, and ablation. *Circ. Res.* 2014; 114 (9): 1532–46. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.114.302362.
2. Ольшанский М.С. Хирургическое лечение фибрилляции предсердий: дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2000.
3. Calkins H., Kuck K.H., Cappato R. et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design: a report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation. Developed in partnership with the European Heart Rhythm Association (EHRA), a registered branch of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS); and in collaboration with the American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). Endorsed by the governing bodies of the American College of Cardiology Foundation, the American Heart Association, the European Cardiac Arrhythmia Society, the European Heart Rhythm Association, the Society of Thoracic Surgeons, the Asia Pacific Heart Rhythm Society, and the Heart Rhythm Society. *Heart Rhythm.* 2012; 9 (4): 632–96. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.12.016.
4. Бокерия Л.А., Филатов А.Г., Ковалев А.С. Сравнительный анализ эффективности расширенной радиочастотной абляции зон функционального субстрата при различных формах фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2013; 10 (2): 111–20.
5. Dorian P., Guerra P.G., Kerr C.R. et al. Validation of a new simple scale to measure symptoms in atrial fibrillation: the Canadian Cardiovascular Society Severity in Atrial Fibrillation scale. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2 (3): 218–24. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.812347.
6. Verma A., Wazni O.M., Marrouche N.F. et al. Preexistent left atrial scarring in patients undergoing pulmonary vein antrum isolation: an independent predictor of procedural failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 285–92. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.10.035.
7. Calkins H., Brugada J., Packer D.L. et al. HRS/EHRA/ECAS expert Consensus Statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2007; 4: 816–61. DOI: 10.1016/j.hrthm.2007.04.005.
8. Smelley M.P., Knight B.P. Approaches to catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2009; 6: S33–8. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.02.012.
9. Nabauer M., Gerth A., Limbourg T. et al. The Registry of the German Competence Network on Atrial Fibrillation: patient characteristics and initial management. *Europace.* 2009; 11 (4): 423–34. DOI: 10.1093/europace/eun369.

10. Blume G., Mcleod C., Barnes M. et al. Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implication. *Eur. J. Echocardiogr.* 2011; 12: 421–30. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq175.
11. Lubitz S.A., Benjamin E.J., Ruskin J.N. et al. Challenges in the classification of atrial fibrillation. *Nat. Rev. Cardiol.* 2010; 7 (8): 451–60. DOI: 10.1038/nrcardio.2010.86.
12. Филатов А.Г. Электрофизиологические свойства сердца при пароксизмальной и хронической форме фибрилляции предсердий: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2004.
13. Артеменко С.Н., Романов А.Б., Шабанов В.В. и др. Радиочастотная абляция ганглионарных сплетений и зон сложных фракционированных предсердных электрограмм у пациентов с фибрилляцией предсердий. *Вестник аритмологии.* 2013; 71: 12–8.
14. Verma A. The techniques for catheter ablation of paroxysmal and persistent atrial fibrillation: a systematic review. *Curr. Opin. Cardiol.* 2011; 26: 17–24. DOI: 10.1097/HCO.0b013e3283413925.
15. Piccini J.P., Lopes R.D., Kong M.H. et al. Pulmonary vein isolation for the maintenance of sinus rhythm in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2: 626–33. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.856633.
16. Bhargava M., Di Biase L., Mohanty P. et al. Impact of type of atrial fibrillation and repeat catheter ablation on long-term freedom from atrial fibrillation: results from a multicenter study. *Heart Rhythm.* 2009; 6 (10): 1403–12. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.06.014.
17. Ковалев С.А. Хирургическое лечение фибрилляции предсердий у больных с приобретенными пороками сердца: дис. ... д-ра мед. наук. М.; 1999.
18. Евтушенко А.В., Евтушенко В.В., Петлин К.А. и др. Определение концепции повышения эффективности отдаленных результатов радиочастотной фрагментации предсердий по схеме «Лабиринт» на основании опыта двухсот операций. *Вестник аритмологии.* 2012; 69: 5–11.
19. Quader M.A., McCarthy P.M., Gillinov A.M. et al. Does preoperative atrial fibrillation reduce survival after coronary artery bypass grafting? *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 77 (5): 1514–22. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2003.09.069.
20. Ad N., Cheng D.C., Martin J. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation in cardiac surgery: A Consensus Statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2009. *Innovations (Phila)*. 2010; 5 (2): 74–83.
21. Horbach S.J., Lopes R.D., da C Guaragna J.C. et al. Naproxen as prophylaxis against atrial fibrillation after cardiac surgery: the NAFARM randomized trial. *Am. J. Med.* 2011; 124 (11): 1036–42. DOI: 10.1016/j.amjmed.2011.07.026.
22. Verma A., Mantovan R., Macle L. et al. Substrate and triggered ablation for reduction of atrial fibrillation (STAR AF): a randomized, multicenter, international trial. *Eur. Heart J.* 2010; 31: 1344–56. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq041.
23. Di Biase L., Elayi C.S., Fahmy T.S. et al. Atrial fibrillation ablation strategies for paroxysmal patients: randomized comparison between different techniques. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2: 113–9. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.798447.
24. Mahapatra S., LaPar D.J., Kamath S. et al. Initial experience of sequential surgical epicardial-catheter endocardial ablation for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation with long-term follow-up. *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 91 (6): 1890–8. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.02.045.
25. Zembala M., Filipiak K., Kowalski O. et al. Minimally invasive hybrid ablation procedure for the treatment of persistent atrial fibrillation: one year results. *Kardiologia Polska.* 2012; 70 (8): 819–28.
4. Bockeria L.A., Filatov A.G., Kovalev A.S. The comparative analysis of efficacy of extended radiofrequency ablation of complex fractionated atrial electrograms in different forms of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii.* 2013; 10 (2): 111–20 (in Russian).
5. Dorian P., Guerra P.G., Kerr C.R. et al. Validation of a new simple scale to measure symptoms in atrial fibrillation: the Canadian Cardiovascular Society Severity in Atrial Fibrillation scale. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2 (3): 218–24. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.812347.
6. Verma A., Wazni O.M., Marrouche N.F. et al. Preexistent left atrial scarring in patients undergoing pulmonary vein antrum isolation: an independent predictor of procedural failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 285–92. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.10.035.
7. Calkins H., Brugada J., Packer D.L. et al. HRS/EHRA/ECAS expert Consensus Statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2007; 4: 816–61. DOI: 10.1016/j.hrthm.2007.04.005.
8. Smelley M.P., Knight B.P. Approaches to catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2009; 6: S33–8. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.02.012.
9. Nabauer M., Gerth A., Limbourg T. et al. The Registry of the German Competence Network on Atrial Fibrillation: patient characteristics and initial management. *Europace.* 2009; 11 (4): 423–34. DOI: 10.1093/europace/eun369.
10. Blume G., Mcleod C., Barnes M. et al. Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implication. *Eur. J. Echocardiogr.* 2011; 12: 421–30. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq175.
11. Lubitz S.A., Benjamin E.J., Ruskin J.N. et al. Challenges in the classification of atrial fibrillation. *Nat. Rev. Cardiol.* 2010; 7 (8): 451–60. DOI: 10.1038/nrcardio.2010.86.
12. Filatov A.G. Electrophysiological parameters of the heart in paroxysmal and permanent forms of atrial fibrillation. PhD dissertation. Moscow; 2004 (in Russian).
13. Артеменко С.Н., Романов А.Б., Шабанов В.В. et al. Radiofrequency ablation of ganglionic plexuses and areas of complex fractionated atrial electrograms in patients with atrial fibrillation. *Vestnik Aritmologii.* 2013; 71: 12–8 (in Russian).
14. Verma A. The techniques for catheter ablation of paroxysmal and persistent atrial fibrillation: a systematic review. *Curr. Opin. Cardiol.* 2011; 26: 17–24. DOI: 10.1097/HCO.0b013e3283413925.
15. Piccini J.P., Lopes R.D., Kong M.H. et al. Pulmonary vein isolation for the maintenance of sinus rhythm in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2: 626–33. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.856633.
16. Bhargava M., Di Biase L., Mohanty P. et al. Impact of type of atrial fibrillation and repeat catheter ablation on long-term freedom from atrial fibrillation: results from a multicenter study. *Heart Rhythm.* 2009; 6 (10): 1403–12. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.06.014.
17. Kovalev S.A. Surgical treatment of atrial fibrillation in patients with acquired heart disease. PhD dissertation. Moscow; 1999 (in Russian).
18. Evtushenko A.V., Evtushenko V.V., Petlin K.A. et al. Development of approaches to improvement of late outcomes of the “Maze” atrial radiofrequency fragmentation based on the experience of 200 procedures. *Vestnik Aritmologii.* 2012; 69: 5–11.

References

1. Woods C.E., Olgin J. Atrial fibrillation therapy now and in the future: drugs, biologicals, and ablation. *Circ. Res.* 2014; 114 (9): 1532–46. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.114.302362.
2. Ol'shanskiy M.S. Surgical treatment of atrial fibrillation. PhD dissertation. Moscow; 2000 (in Russian).
3. Calkins H., Kuck K.H., Cappato R. et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, def-

19. Quader M.A., McCarthy P.M., Gillinov A.M. et al. Does pre-operative atrial fibrillation reduce survival after coronary artery bypass grafting? *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 77 (5): 1514–22. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2003.09.069.
20. Ad N., Cheng D.C., Martin J. et al. Surgical ablation for atrial fibrillation in cardiac surgery: A Consensus Statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2009. *Innovations (Phila)*. 2010; 5 (2): 74–83.
21. Horbach S.J., Lopes R.D., da C Guaragna J.C. et al. Naproxen as prophylaxis against atrial fibrillation after cardiac surgery: the NAFARM randomized trial. *Am. J. Med.* 2011; 124 (11): 1036–42. DOI: 10.1016/j.amjmed.2011.07.026.
22. Verma A., Mantovan R., Macle L. et al. Substrate and triggered ablation for reduction of atrial fibrillation (STAR AF): a randomized, multicenter, international trial. *Eur. Heart J.* 2010; 31: 1344–56. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq041.
23. Di Biase L., Elayi C.S., Fahmy T.S. et al. Atrial fibrillation ablation strategies for paroxysmal patients: randomized comparison between different techniques. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2: 113–9. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.798447.
24. Mahapatra S., LaPar D.J., Kamath S. et al. Initial experience of sequential surgical epicardial-catheter endocardial ablation for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation with long-term follow-up. *Ann. Thorac. Surg.* 2011; 91 (6): 1890–8. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.02.045.
25. Zembala M., Filipiak K., Kowalski O. et al. Minimally invasive hybrid ablation procedure for the treatment of persistent atrial fibrillation: one year results. *Kardiologia Polska*. 2012; 70 (8): 819–28.

Поступила 12.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г

Рубрика: эксперимент

© Е.И. БОРОВКОВА, А.С. КАРАВАЕВ, А.Р. КИСЕЛЕВ, В.А. ШВАРЦ, С.А. МИРОНОВ,
В.И. ПОНОМАРЕНКО, М.Д. ПРОХОРОВ, 2014
© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК 612.172.2-073.176

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.7

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СИНХРОНИЗОВАННОСТИ 0,1 ГЦ РИТМОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Тип статьи: оригинальная статья

Е.И. Боровкова¹, А.С. Караваев^{1, 2}, А.Р. Киселев³, В.А. Шварц⁴, С.А. Миронов³, В.И. Пономаренко^{1, 2}, М.Д. Прохоров²

¹ ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» Минобрнауки РФ; ул. Астраханская, 83, г. Саратов, 410012, Российская Федерация

² Саратовский филиал ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН; ул. Зеленая, 38, г. Саратов, 410019, Российская Федерация;

³ ФГБУ «Саратовский научно-исследовательский институт кардиологии» Минздрава РФ; ул. Чернышевского, 141, г. Саратов, 410028, Российская Федерация;

⁴ ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАНН Л.А. Бокерия); Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Боровкова Екатерина Игоревна, ассистент, e-mail: rubane@mail.ru;
Караваев Анатолий Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр., доцент;
Киселев Антон Робертович, доктор мед. наук, вед. научн. сотр.;
Шварц Владимир Александрович, канд. мед. наук, мл. научн. сотр.;
Миронов Сергей Алексеевич, канд. мед. наук, врач;
Пономаренко Владимир Иванович, доктор физ.-мат. наук, вед. научн. сотр.;
Прохоров Михаил Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, вед. научн. сотр.

Известно, что синхронизация медленной (с частотой около 0,1 Гц) регуляции частоты сердечных сокращений и сосудистого тонуса, изученная нами ранее по синхронным записям электрокардиограмм (ЭКГ) и фотоплетизмограмм (ФПГ), имеет определенное значение для клинической кардиологии. В данной работе предложен новый метод выявления фазовой

синхронизованности вышеуказанных колебаний вегетативной регуляции только по сигналу ФПГ, ориентированный на работу в реальном времени. Работоспособность новой методики показана в ходе анализа экспериментальных данных (10-минутных записей сигналов ЭКГ и ФПГ, синхронно зарегистрированных в состоянии покоя) у 12 практически здоровых добровольцев в возрасте 18–34 лет. Средняя ошибка количественной оценки фазовой синхронизованности 0,1 Гц колебаний составила $6,9 \pm 3,6\%$.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система; синхронизация; 0,1 Гц ритмы; вегетативная регуляция.

METHOD FOR DIAGNOSTICS OF SYNCHRONIZATION OF 0.1 HZ RHYTHMS OF CARDIOVASCULAR SYSTEM AUTONOMIC REGULATION IN REAL TIME

E.I. Borovkova^{1,2}, *A.S. Karavaev*^{1,2}, *A.R. Kiselev*³, *V.A. Shvartz*⁴, *S.A. Mironov*³,
V.I. Ponomarenko^{1,2}, *M.D. Prokhorov*²

¹ Saratov State University Ministry of Education and Science of the Russian Federation; ulitsa Astrakhanskaya, 83, Saratov, 410012, Russian Federation;

² Saratov Research Institute of Cardiology of Ministry of Health of the Russian Federation; ulitsa Chernyshevskogo, 141, Saratov, 410028, Russian Federation;

³ Saratov Research Institute of Cardiology of Ministry of Health of the Russian Federation; ulitsa Chernyshevskogo, 141, Saratov, 410028, Russian Federation;

⁴ Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Borovkova Ekaterina Igorevna, Assistant, e-mail: rubanei@mail.ru;

Karavaev Anatoliy Sergeevich, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Research Associate, Associate Professor;

Kiselev Anton Robertovich, MD, DM, Leading Research Associate;

Shvartz Vladimir Aleksandrovich, MD, PhD, Junior Research Associate;

Mironov Sergey Alekseevich, MD, PhD, Physician;

Ponomarenko Vladimir Ivanovich, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Leading Research Associate;

Prokhorov Mikhail Dmitrievich, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Leading Research Associate

It is known that synchronization of slow (~0.1 Hz) oscillations in heart rate and distal blood flow have a certain value for clinical cardiology. Previously we studied these oscillations by simultaneous recordings of electrocardiograms (ECG) and photoplethysmogram (PPG). A novel method is proposed for detecting in real time the phase synchronization of slow oscillations in heart rate and distal blood flow from the single signal of PPG. We verified our method by applying it to experimental data (10-minute simultaneous recording of ECG and PPG at rest) from 12 healthy subjects aged 18–34 years. The average error of assess the phase synchronization of 0.1 Hz oscillations was $6.9 \pm 3.6\%$.

Key words: cardiovascular system; synchronization; 0.1 Hz rhythms; autonomic regulation.

Введение

Сердечно-сосудистая система является одной из наиболее важных физиологических систем организма человека, регуляция функций которой осуществляется при участии различных колебательных процессов, отражающих активность подсистем вегетативной регуляции, активно взаимодействующих друг с другом. В работах ряда исследователей была показана важная роль низкочастотных спектральных составляющих в сигналах сердечно-сосудистой системы для понимания ее функционирования. Природа данных низкочастотных колебаний до конца не выяснена. В соответствии с одной из гипотез 0,1 Гц колебания являются результатом актив-

ности барорефлекторного механизма регуляции [1]. Другая гипотеза свидетельствует об их центральном происхождении [2]. В наших предшествующих работах были найдены подтверждения обеих гипотез, что свидетельствует о сложности механизмов, формирующих 0,1 Гц колебания в системе кровообращения [3]. В ходе проведения экспериментальных работ было показано, в частности, что подсистема регуляции хронотропной функции сердца, имеющая характерную частоту около 0,1 Гц, демонстрирует резонансный отклик на внешнее воздействие дыханием фиксированной частоты, а также на периодические сенсорные воздействия (открытие и закрытие глаз), осуществляемые на частотах,

близких к собственной частоте регуляторной подсистемы. Кроме того, в экспериментах с дыханием переменной частоты было показано, что мгновенная фаза 0,1 Гц колебаний может быть захвачена фазой сигнала дыхания [4], демонстрируя классическую (например, для радиофизических генераторов) картину фазовой и частотной синхронизации [5].

В экспериментах с дыханием линейно нарастающей частоты были получены доказательства автоколебательного характера подсистем, порождающих 0,1 Гц колебания с такими частотами, как в артериальном давлении, так и в сердечном ритме [6]. Природа низкочастотных колебаний на уровне дистального сосудистого русла является открытым вопросом современной физиологии. Существует мнение, что данные колебания в кровенаполнении дистального сосудистого русла характеризуют вазомоции, не связанные с центральной вегетативной регуляцией [7, 8]. Однако выявленный в нашей работе [6] феномен частотно-фазового захвата 0,1 Гц колебаний в вариабельности ритма сердца и вариабельности кровенаполнения сосудов дистального русла внешним управляемым по частоте дыханием свидетельствует об их центральном происхождении. Разная ширина полосы частотного захвата в указанных 0,1 Гц колебаниях свидетельствует о функциональной независимости регуляторных механизмов, участвующих в появлении данных колебаний в сигналах с разных отделов сердечно-сосудистой системы. Более того, при изучении особенностей взаимодействия данных механизмов было выявлено, что один из них может иметь доминирующую роль над вторым, при этом время запаздывания в связи статистически значимо было меньше у здоровых лиц, чем у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями (в частности, инфарктом миокарда) [9].

Синхронизация 0,1 Гц колебаний в ритме сердца и периферическом кровообращении является важной функциональной особенностью системы вегетативной регуляции кровообращения, обеспечивающая оптимальные адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы. У здоровых лиц 0,1 Гц колебания в вариабельности ритма сердца и вариабельности кровенаполнения сосудов дистального русла синхронизованы не менее 25% от общего времени (в среднем 30–40%) для достижения адекватных адаптационных возможностей. У больных сердечно-сосудистой патологией (ишемическая

болезнь сердца, артериальная гипертония) наблюдается десинхронизация данных колебаний, что свидетельствует о частичном функциональном разобщении механизмов вегетативной регуляции отделами системы кровообращения. Был предложен новый показатель оценки качества синхронизованности 0,1 Гц колебаний — суммарный процент синхронизации (S) [10]. Ранее нами был разработан метод диагностики фазовой синхронизованности 0,1 Гц колебаний, ориентированный на анализ нестационарных сигналов [4]. Он показал свою эффективность, позволив получить не только важные новые фундаментальные сведения о внутреннем устройстве и особенностях взаимодействия функциональных элементов вегетативной регуляции кровообращения, но и прикладные результаты, важные для клинической кардиологии, в частности, оценки кардиоваскулярного риска у пациентов с инфарктом миокарда, а также контроля медикаментозной терапии у пациентов с ишемической болезнью сердца и артериальной гипертонией [9–14].

Вместе с тем технические особенности предложенного нами ранее подхода не позволяли реализовать его для работы в реальном времени. Только разработка подхода, позволяющего определить синхронизованность низкочастотных колебаний по их нестационарным временным характеристикам в реальном времени, открывает возможность создания установок для длительного мониторинга свойств системной вегетативной регуляции кровообращения. Создание таких методов и соответствующих аппаратно-программных комплексов в виде компактных носимых устройств с микропроцессорным управлением крайне важно, в частности для получения новых результатов в области медицинской диагностики.

В данной работе предлагается методика диагностики фазовой синхронизованности низкочастотных (около 0,1 Гц) колебаний в системе кровообращения, позволяющая анализировать данные в реальном времени. В ее основе лежит синтез специализированных линейных систем с конечной импульсной характеристикой. Последние обеспечивают построение аналитического сигнала и выделение мгновенных фаз исходных временных колебаний. Также предложена процедура автоматического поиска пологих участков разности мгновенных фаз, соответствующих интервалам фазового захвата. Работоспособность предложенного подхода демонст-

рируется в ходе сопоставления результатов работы предлагаемой здесь методики и метода, предложенного нами ранее [4, 6].

Метод оценки фазовой синхронизованности

Ранее нами был предложен метод оценки фазовой синхронизованности (МФС) ритмов медленной регуляции частоты сердечных сокращений и сосудистого тонуса [4]. Электрокардиограммы (ЭКГ) и фотоплетизмограммы (ФПГ) записывали одновременно, в течение 10 мин. По сигналу ЭКГ идентифицировали моменты сердечных сокращений (R -пики) и выделяли эквидистантную кардиоинтервалограмму (КИГ). Далее с помощью цифровых прямоугольных фильтров с полосой пропускания 0,06–0,14 Гц выделяли спектральные составляющие сигналов ФПГ и КИГ с частотой 0,1 Гц, отражающие активность исследуемых систем. С помощью преобразования Гильберта восстанавливали мгновенные фазы составляющих этих сигналов. Затем с помощью автоматической процедуры диагностировали области фазового совпадения исследуемых ритмов. Для этого оценивали разность фаз сигналов и выделяли области, на которых разность фаз изменялась слабо. Затем суммарную длительность всех областей синхронизации выражали в процентах от длительности всей записи. Рассчитанный таким способом показатель был назван суммарным процентом фазовой синхронизации S .

Метод оценки фазовой синхронизованности не позволяет анализировать сигналы в реальном времени, поскольку обладает высокой вычислительной сложностью и требует одновременной обработки всего временного ряда сигналов.

Выделение в реальном времени эквидистантной кардиоинтервалограммы из фотоплетизмограммы

Для создания носимого устройства, позволяющего осуществлять суточный мониторинг количественной меры степени фазовой синхронизованности регуляторных подсистем сердечно-сосудистой системы, ранее была показана возможность использования для расчета S единственного сигнала ФПГ, из которого выделялись 0,1 Гц ритмы ФПГ и КИГ [15]. В работе предложена методика выделения моментов сердечных

сокращений из сигнала ФПГ, ориентированная на анализ ФПГ в реальном времени.

Детектирование R -пигов является нетривиальной задачей из-за зашумленности, нелинейности и существенной нестационарности сигналов исследуемых систем. Даже для сигнала ЭКГ, демонстрирующего четкие пики, универсальной методики выделения интервалов R – R не разработано [16]. Фотоплетизмограмма несет информацию о моментах времени сердечных сокращений, но имеет значительно более плавную форму, что представляет дополнительные трудности для ее анализа. Для оценки момента сердечного сокращения рационально использовать быстро нарастающий передний фронт пульсовой волны, который является типичным для всех основных форм ФПГ [17].

Для выделения начала переднего фронта пульсовой волны проводили фильтрацию ФПГ полосовым фильтром с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) Баттерворта с узкой полосой пропускания 1–1,5 Гц. Высокочастотная фильтрация уменьшила влияние тренда среднего, связанного с техническими особенностями процесса регистрации. Низкочастотная фильтрация обеспечила сглаживание высокочастотных составляющих пульсовых волн, связанных с артефактами и шумами радиофизической природы. Так как длительность переднего фронта пульсовой волны изменяется слабо, то в качестве аппроксимации расстояний между сокращениями сердца использовалась последовательность расстояний между локальными минимумами фильтрованного сигнала, по которым строился неэквидистантный ряд КИГ. Эквидистантная КИГ получалась с помощью кусочно-линейной аппроксимации и переборки до частоты 100 Гц.

На рисунке 1, a приведена иллюстрация методики выделения сигнала R -пигов из ФПГ. Пунктирной линией изображен временной ряд ФПГ, тонкой сплошной линией – временной ряд ЭКГ, толстой сплошной линией – сглаженный фильтром Баттерворта сигнал ФПГ, зарегистрированные одновременно. Вертикальными пунктирными линиями обозначены моменты сердечных сокращений, детектированные по сигналу ЭКГ стандартным методом поиска R -пигов. Конец нарастающего фронта пульсовой волны, в отличие от R -пика, будем называть r -пиком. Пунктирные линии демонстрируют совпадение R -пигов на сигнале ЭКГ, r -пигов на сигнале ФПГ и локальных минимумов сглаженной реализации ФПГ.

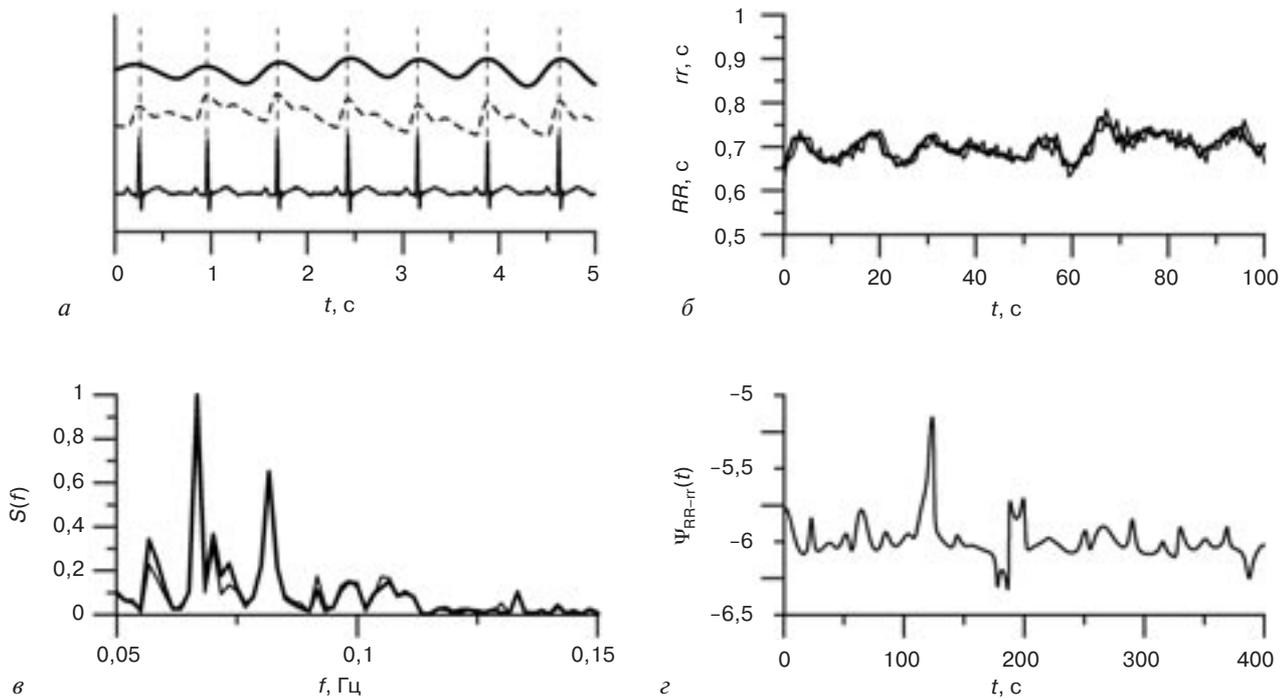


Рис. 1. Иллюстрация методики выделения сигнала КИГ из ФПГ:

a – одновременные записи ФПГ (пунктирная линия), ЭКГ (тонкая сплошная линия), фильтрованный ФПГ (толстая сплошная линия), вертикальные пунктирные линии – моменты сердечных сокращений, детектированные по сигналу ЭКГ; *б* – неэквидистантные КИГ, полученные по сигналу ФПГ (тонкая линия) и ЭКГ (толстая линия); *в* – спектры сигналов КИГ, полученные по сигналу ФПГ (тонкая линия) и ЭКГ (толстая линия); *г* – разность мгновенных фаз КИГ, полученных из ФПГ (тонкая линия) и ЭКГ (толстая линия)

На рисунке 1, *б* показаны 100-секундные участки неэквидистантных КИГ, полученные по сигналу ФПГ предложенным методом (тонкая линия) и по сигналу ЭКГ с помощью стандартной методики выделения *R*-пиков (толстая линия). На рисунке 1, *в* показаны спектры сигналов КИГ, полученные по сигналу ФПГ (тонкая линия) и ЭКГ (толстая линия). На рисунке 1, *г* приведена разность мгновенных фаз эквидистантах реализаций КИГ, полученных из ФПГ (тонкая линия) и из ЭКГ (толстая линия).

Метод количественной оценки фазовой синхронизованности в реальном времени

Для выделения в реальном времени из экспериментальных сигналов спектральных составляющих с частотами около 0,1 Гц использовался цифровой полосовой фильтр с линейной фазо-частотной характеристикой. Для этого был проведен синтез фильтра Хэмминга с конечной импульсной характеристикой (КИХ), содержащего коэффициент 10001.

Для выделения в реальном времени сигналов мгновенных фаз использовался метод, реализу-

ющий преобразование Гильберта в виде фильтра с импульсной характеристикой, обеспечивающей сдвиг фазы $\frac{(-\pi)}{2}$. Набор значений коэффициентов фильтра (10001 коэффициент) вычислялся аналитическим методом, предложенным в работе А.Л. Барановского [16].

Детектирование участков фазовой синхронизации колебаний ФПГ и КИГ на частоте около 0,1 Гц осуществлялось по сигналу разности их мгновенных фаз с частотой выборки 5 Гц. Для автоматизации процедуры поиска в реальном времени участков фазовой синхронизации использовался алгоритм, основанный на линейной аппроксимации мгновенной разности фаз исследуемых сигналов в скользящем окне, предложенный в предыдущей работе [4]. В скользящем окне, имеющем ширину β , с помощью метода наименьших квадратов проводилась линейная аппроксимация зависимости разности фаз от времени. В результате для момента времени t_i , соответствующего середине окна, получали угловой коэффициент наклона аппроксимирующей прямой α_i . Сдвигая окно на одну точку вдоль временной реализации разности фаз, вычислялся угол наклона α_{i+1} для момента времени t_{i+1} и т. д. Областям фазовой

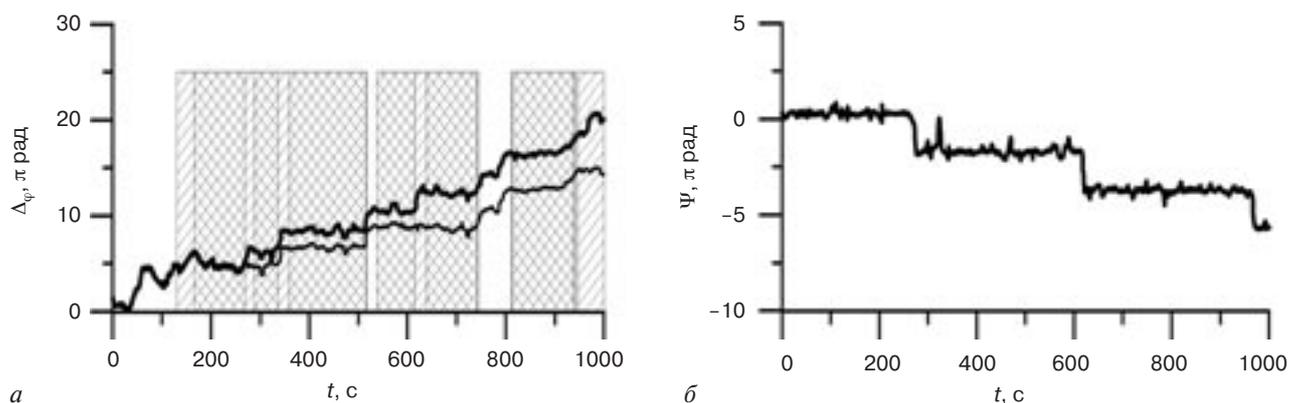


Рис. 2. Сопоставление областей фазовой синхронизованности, детектированных разными методами:

a – разности фаз, полученные с помощью МФС по ФПГ и ЭКГ (тонкая линия) и адаптированного для работы в реальном времени метода (толстая линия) для добровольца В. Штриховкой слева снизу направо вверх отмечены участки фазовой синхронизации, детектированные по разности фаз, полученной в реальном времени. Штриховка слева сверху направо вниз – участки фазовой синхронизации, детектированные МФС. Интервалы времени, в которых пересекаются области фазовой синхронизованности, детектированные обоими методами, заштрихованы наклонными клетками; *б* – разность сигналов мгновенных разностей фаз, полученная МФС и разработанным методом

синхронизации, на которых зависимость разности фаз имела почти горизонтальный вид, должны были соответствовать участки с малым значением α . Ввели пороговое значение коэффициента наклона α , равное $\pm\alpha$, полагая, что синхронизация колебаний возможна лишь при $|\alpha| \leq |\alpha|$. Вторым необходимым условием синхронизации являлась достаточно большая протяженность области малых значений α , не менее величины l . Значения параметров, которые использовались при анализе данных: $b=40$ с, $|\alpha|=0,014$, $l=40$ с.

Эксперимент

Эффективность разработанного подхода анализа сигналов в реальном времени была продемонстрирована в ходе сопоставления оценок суммарного процента фазовой синхронизации S , полученных двумя вышеописанными методами.

Экспериментальные сигналы были получены у 12 добровольцев в возрасте 18–34 лет без признаков сердечной патологии. Проводили одновременную регистрацию сигналов ЭКГ и ФПГ в состоянии покоя с частотой дискретизации 100 Гц при 16-разрядном разрешении. Дыхание испытуемых было произвольным.

Далее с помощью предложенной методики выделения моментов сердечных сокращений по ФПГ и стандартной методики выделения R -пику по сигналу ЭКГ было проведено выделение моментов сердечных сокращений. Средняя

ошибка детектирования r -пику по отношению к моментам R -пику составила $0,001 \pm 0,04$ с. Исследование 12 записей ЭКГ и ФПГ показали, что использование предложенного несложного метода оправданно при решении задачи выделения КИГ целевой группы пациентов, при отсутствии большого разброса в длительности интервалов $R-R$.

Далее с помощью МФС по сигналам ЭКГ и ФПГ проводилась количественная оценка S фазового совпадения колебаний с частотой 0,1 Гц, а также оценка S при помощи адаптированной для работы в реальном времени методики по сигналу ФПГ. Средняя ошибка оценки S составила примерно $6,9 \pm 3,6\%$.

На рисунке 2 представлены разности фаз сигналов, полученные с помощью МФС и разработанной методики для добровольца В. Области фазовой синхронизованности, одновременно детектированные обоими методами, отмечены двойной штриховкой. Видно, что участки фазовой синхронизации колебаний, детектированные по разностям фаз, полученными двумя способами, в основном перекрываются. Разность мгновенных значений разностей фаз, полученных двумя методами (рис. 2, б), характеризуется колебаниями около постоянного значения.

Заключение

В работе предложен новый метод количественной оценки фазовой синхронизованности подсистем вегетативной 0,1 Гц регуляции

деятельности сердечно-сосудистой системы, ориентированный на анализ нестационарных сигналов различной природы в реальном времени. Данный метод создан для работы по единственному сигналу ФПГ и может быть реализован на базе носимого пациентом мониторирующего устройства с микропроцессорным управлением.

Конфликт интересов

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ МК-2267.2014.8 и НШ-1726.2014.2, грантов РФФИ 14-08-31145, 13-02-00227, 12-02-00377, и стипендии Президента РФ СП-3975.2013.4.

Библиографический список

- De Boer R.W., Karemaker J.M., Strackee J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat to beat model. *Am. J. Physiol.* 1987; 253 (3, Pt 2): H680–9.
- Cooley R.L., Montano N., Cogliati C. et al. Evidence for a central origin of the low frequency oscillation in RR interval variability. *Circulation.* 1998; 98 (6): 556–61.
- Gridnev V.I., Kiselev A.R., Kotel'nikova E.V. et al. Influence of external periodic stimuli on heart rate variability in healthy subjects and in coronary heart disease patients. *Hum. Physiol.* 2006; 32 (5): 565–73.
- Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Ponomarenko V.I. et al. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system. *Chaos.* 2009; 19: 033112.
- Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера; 2003.
- Karavaev A.S., Kiselev A.R., Gridnev V.I. et al. Phase and frequency locking of 0.1-Hz oscillations in heart rate and baroreflex control of blood pressure by breathing of linearly varying frequency as determined in healthy subjects. *Hum. Physiol.* 2013; 39 (4): 416–25.
- Stefanovska A., Bracic M., Kvernmo H.D. Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser Doppler technique. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 1999; 46 (10): 1230–6.
- Крупаткин А.И., Сидоров В.В., Меркулов М.В. и др. Функциональная оценка периваскулярной иннервации конечностей с помощью лазерной доплеровской флоуметрии: пособие для врачей. М.: Медицина; 2004.
- Kiselev A.R., Khorev V.S., Gridnev V.I. et al. Interaction of 0.1-Hz Oscillations in heart rate variability and distal blood flow variability. *Hum. Physiol.* 2012; 38 (3): 303–9.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Караваев А.С. и др. Метод изучения синхронизации 0,1 Гц колебаний в вариальности ритма сердца и вариальности кровенаполнения сосудов микроциркуляторного русла. *Функциональная диагностика.* 2011; 4: 28–35.
- Боровкова Е.И., Караваев А.С., Пономаренко В.И. и др. Диагностика частотного захвата в условиях воздействия сигналом переменной частоты. *Известия РАН. Серия Физическая.* 2011; 75 (12): 1704–8.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Посненкова О.М. и др. Оценка на основе определения синхронизации низкочастотных ритмов динамики вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при применении метопролола у больных ИБС, перенесших инфаркт миокарда. *Терапевтический архив.* 2007; 79 (4): 23–31.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Караваев А.С. и др. Оценка пятилетнего риска летального исхода и развития сердечно-сосудистых событий у пациентов с острым инфарктом миокарда на основе синхронизации 0,1 Гц-ритмов в сердечно-сосудистой системе. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2010; 6 (2): 328–38.
- Киселев А.Р., Гриднев В.И., Караваев А.С. и др. Персонализация подхода к назначению гипотензивной терапии у больных артериальной гипертензией на основе индивидуальных особенностей вегетативной дисфункции сердечно-сосудистой системы. *Артериальная гипертензия.* 2011; 17 (4): 354–60.
- Кульминский Д.Д., Астахов О.В., Киселев А.Р., Караваев А.С. Диагностика синхронизации 0,1 Гц ритмов сердечно-сосудистой системы по универсальным данным. В кн.: Тезисы докладов VIII Всероссийской конференции молодых ученых «Нанопотоника, наноэлектроника и нелинейная физика». Саратов: Издательство Саратовского университета; 2013: 139–41.
- Барановский А.Л. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ. М.: Радио и связь; 1993.
- Галкин М., Змиевской Г., Ларюшин А., Новиков В. Кардиодиагностика на основе анализа фотоплетизмограмм с помощью двухканального плетизмографа. *Фотоника.* 2003; 3: 30–5.

References

- De Boer R.W., Karemaker J.M., Strackee J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat to beat model. *Am. J. Physiol.* 1987; 253 (3, Pt 2): H680–9.
- Cooley R.L., Montano N., Cogliati C. et al. Evidence for a central origin of the low frequency oscillation in RR interval variability. *Circulation.* 1998; 98 (6): 556–61.
- Gridnev V.I., Kiselev A.R., Kotel'nikova E.V. et al. Influence of external periodic stimuli on heart rate variability in healthy subjects and in coronary heart disease patients. *Hum. Physiol.* 2006; 32 (5): 565–73.
- Karavaev A.S., Prokhorov M.D., Ponomarenko V.I. et al. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system. *Chaos.* 2009; 19: 033112.
- Pikovskiy A., Rozenblyum M., Kurts Yu. Synchronization. Fundamental nonlinear phenomenon. Moscow: Tekhnosfera; 2003 (in Russian).
- Karavaev A.S., Kiselev A.R., Gridnev V.I. et al. Phase and frequency locking of 0.1-Hz oscillations in heart rate and baroreflex control of blood pressure by breathing of linearly varying frequency as determined in healthy subjects. *Hum. Physiol.* 2013; 39 (4): 416–25.
- Stefanovska A., Bracic M., Kvernmo H.D. Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser Doppler technique. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 1999; 46 (10): 1230–6.
- Krupatkin A.I., Sidorov V.V., Merkulov M.V. et al. Functional assessment of perivascular limb innervation using Doppler laser fluorometry. Moscow: Meditsina; 2004 (in Russian).
- Kiselev A.R., Khorev V.S., Gridnev V.I. et al. Interaction of 0.1-Hz Oscillations in heart rate variability and distal blood flow variability. *Hum. Physiol.* 2012; 38 (3): 303–9.
- Kiselev A.R., Gridnev V.I., Karavaev A.S. et al. Method of estimation of synchronization between 0.1 Hz-rhythms in heart rate variability and in variability of blood filling of microcirculatory bed. *Funktsional'naya Diagnostika.* 2011; 4: 28–35 (in Russian).
- Borovkova E.I., Karavaev A.S., Ponomarenko V.I. et al. Diagnosis frequency capture under conditions of variable frequency signal. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics.* 2011; 75 (12): 1704–8 (in Russian).
- Kiselev A.R., Gridnev V.I., Posnenkova O.M. et al. Assessment of dynamics of the autonomic cardiovascular system regulation based on low-frequency rhythm synchronization in patients with ischemic heart diseases complicated by myocardial infarction.

- tion treated with metoprolol. *Terapevticheskiy Arkhiv*. 2007; 79 (4): 23–31 (in Russian).
13. Kiselev A.R., Gridnev V.I., Karavaev A.S. et al. Evaluation of five-year risk of lethal outcome and development of cardiovascular disorders in patients with acute myocardial infarction on basis of 0.1-Hz rhythms synchronization in cardiovascular system. *Saratovskiy Nauchno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2010; 6 (2): 328–38 (in Russian).
 14. Kiselev A.R., Gridnev V.I., Karavaev A.S. et al. Individual approach to antihypertensive drug selection in hypertensive patients based on individual features of autonomic cardiovascular dysfunction. *Arterial'naya Gipertenziya*. 2011; 17 (4): 354–60 (in Russian).
 15. Kul'minskiy D.D., Astakhov O.V., Kiselev A.R., Karavaev A.S. Diagnostics of synchronization of 0.1 Hz rhythms of cardiovascular system using univariate data. In: Abstracts of VIII Conference of Young Scientists "Nanophotonics and Nanoelectronics and nonlinear physics". Saratov: Izdatel'stvo Saratovskogo Universiteta; 2013: 139–41 (in Russian).
 16. Baranovskiy A.L. Equipment of continuous ECG monitoring. Moscow: Radio i Svyaz'; 1993 (in Russian).
 17. Galkin M., Zmievskey G., Laryushin A., Novikov V. Cardiodiagnostic based on photoplethysmogram analysis by means of dual channel plethysmograph. *Fotonika*. 2003; 3: 30–5 (in Russian).

Поступила 18.09.2014 г.
Подписана в печать 23.10.2014 г