

МЕТОДИКА ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ЭПИКАРДИАЛЬНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФОРМОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

Л. А. Бокерия, А. Г. Филатов, Я. Б. Яхьяев, Э. Г. Тарашвили, В. А. Горячев*

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

Цель – отработать методику наложения картирующих пластин на эпикардальную поверхность левого и правого предсердия и получения данных по зонам высокой активности миокарда предсердий, оценить возможность графического отображения полученных электрограмм, проанализированных с помощью преобразования Фурье, на трехмерной модели предсердий.

Материал и методы. Интраоперационное эпикардальное картирование предсердий выполнено у 35 пациентов с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий, среди которых мужчин было 22,

* Адрес для переписки: e-mail: preductal@yandex.ru

женщин – 13. Возраст пациентов варьировал от 40 до 59 лет, средний возраст составил $52,6 \pm 6,79$ года. Поверхностное эпикардальное картирование проводилось на 81-канальной системе с использованием трех силиконовых электродов, накладываемых на правое и левое предсердие. Далее выполнялся захват частотного спектра во время фибрилляции предсердий. Анализ полученных электрограмм проводился на аппаратно-программном комплексе Биоток.

Результаты. Отработана методика наложения эпикардальных картирующих электродов на правое и левое предсердие. Разработана схема распределения спектра доминантных частот по правому и левому предсердию и выявлены высокоактивные зоны в предсердиях, ответственные за возникновение и поддержание фибрилляции предсердий. У пациентов с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий значения доминантных частот более 9 Гц наблюдались в 43 точках, которые располагались в зоне вокруг ушка левого предсердия, левых легочных вен. Так, средние значения доминантных частот при пароксизмальной форме фибрилляции предсердий вокруг левых легочных вен составили $10,8 \pm 1,3$ Гц, вокруг правых легочных вен – $10,4 \pm 1,6$ Гц, в основании ушка левого предсердия – $10,3 \pm 0,8$ Гц, на крыше левого предсердия – $8,8 \pm 1,13$ Гц, на наружной стенке левого предсердия – $9,0 \pm 2,4$ Гц. Значения доминантных частот в правом предсердии: крыша правого предсердия – $7,0 \pm 2,4$ Гц, боковая стенка правого предсердия – $7,0 \pm 2,4$ Гц.

Заключение. Интраоперационное эпикардальное картирование предсердий может осуществляться непосредственно в операционной, перед основным этапом оперативного пособия. Получаемые в результате исследования данные достоверно показывают зоны с высокочастотным сигналом, ответственные за поддержания фибрилляции.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, эпикардальное картирование, доминантная частота, анализ Фурье.

Objective: to work out technique of mapping plates application on the epicardial surface of the left and right atrium, getting data on the zones of myocardial atriums high activity, assess the potential of graphic representation of electrograms analysed by Fourier's transform with three-dimension atrial model.

Materials and methods. Intraoperative epicardial atrial mapping was performed in 35 patients with paroxysmal atrial fibrillation 22 of whom were men and 13 – women. Their age varied from 40 to 59 years, mean age was 52.6 ± 6.79 years. Surface epicardial mapping was carried out with 81-channel system using three silicone electrodes applied on the right and left atrium. Analysis of electrogram obtained was performed with hardware and software complex Biotok.

Results. Technique of epicardial mapping electrodes application on the left and right atrium was worked out. Allocation scheme of dominant frequency spectrum along the right and left atrium is developed and highly active zones in the atriums responsible for atrial fibrillation emergence and maintenance are revealed. In patients with paroxysmal atrial fibrillation dominant frequencies values over 9 Hz were noted in 43 points which were situated at the zone around the left auricle, left pulmonary veins. So mean values of dominant frequencies associated with paroxysmal atrial fibrillation around left pulmonary veins were 10.8 ± 1.6 Hz; at the basis of the left auricle – 10.3 ± 0.8 Hz, on the roof of the left atrium – 8.8 ± 1.13 Hz, on the outside wall of the left atrium – 9.0 ± 2.4 Hz. Dominant frequencies values in the right atrium: right atrium roof – 7.0 ± 2.4 Hz, lateral wall of the right atrium – 7.0 ± 2.4 Hz.

Conclusion. Intraoperative epicardial atrial mapping may be carried out directly at the operating room before the main stage of the surgical aid. Results of the studies reliably show the zones with high frequency signal responsible for maintenance of fibrillation.

Key words: atrial fibrillation, epicardial mapping, dominant frequency, Fourier's analysis.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенное нарушение ритма сердца. Ее частота в общей популяции составляет 1–2%. В Европе фибрилляцией предсердий страдают более 6 млн человек, и на фоне старения населения ее распространенность в ближайшие 50 лет по меньшей мере удвоится. Фибрилляция предсердий увеличивает риск инсульта в 5 раз и обуславливает возникновение каждого пятого инсульта. Ишемический инсульт у больных с фибрилляцией предсердий часто заканчивается смертью и по сравнению с инсультом другой природы приводит к более выраженной инвалидизации и чаще рецидивирует. Соответственно риск смерти у больных с инсультом, связанным с фибрилляцией предсердий, в 2 раза выше, а затраты на лечение возрастают в 1,5 раза

[3]. В течение последних 20 лет хирургическое лечение фибрилляции предсердий приобрело огромную значимость для радикального устранения ее медикаментозно резистентных форм. Пионером по разработке оперативного пособия для устранения фибрилляции предсердий стал W. Sealy [26], который в 1981 г. успешно провел криоабляцию атриоventрикулярного узла и пучка Гиса в условиях искусственного кровообращения. Для лечения левопредсердных тахикардий Л. А. Бокерия разработал хирургическую (электрическую) изоляцию ЛП, которая была успешно применена для лечения левопредсердного трепетания в 1981 г. [1, 2]. В 1985 г. G. Guiraudon и соавт. [13] предложили хирургически создавать «коридор», соединяющий синусный узел и АВ-узел с участком межпредсердной перегородки, что позволяло сохранить синусовый ритм

путем хирургической изоляции левого и правого предсердия. Сохранялась хронотропная функция сердца, и данная операция должна была стать альтернативой операции создания полной АВ-блокады и имплантации электрокардиостимулятора. В 1992 г. Л. А. Бокерия и А. Ш. Ревишвили модифицировали методику операции «коридор», добиваясь во всех случаях сохранения источника кровоснабжения синусного узла (артерии синусного узла) и максимально сохраняя межпредсердную перегородку, не ухудшали транспортную функцию правого предсердия [1, 2].

Выбор соответствующего типа хирургической процедуры должен базироваться на знании механизмов ФП, основанном на проведенном электрофизиологическом картировании. Используя многоточечную систему для интраоперационного картирования, J. L. Cox и соавт. [5] описали предсердную активацию во время ФП в экспериментальной модели у пациентов с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта и пароксизмальной формой ФП. В исследовании было показано наличие кругов макрориентри в правом предсердии и множественных волн, блоков проведения – в левом предсердии. На основе картирования по J. L. Cox была разработана операция «лабиринт» для устранения пароксизмальной формы ФП [5, 6]. В последнее время операция «лабиринт» используется при лечении пациентов с хронической ФП с сопутствующим заболеванием митрального клапана [18] или дефектом предсердной перегородки [15]. Однако детальные исследования предсердной активации при хронической форме ФП, связанной с заболеванием митрального клапана, были относительно редкими. Интраоперационное отображение распространения возбуждения при хронической форме ФП с сопутствующей патологией митрального клапана было затруднено, так как на строительство активационной карты требовалось достаточно много времени. О применении эпикардального картирования сообщили S. Sakamoto и соавт. [24]. С помощью пластины с 60 униполярными электродами они провели картирование боковой стенки правого предсердия на синусовом ритме. Авторы оценивали характер активации. Мультивариантный анализ показал, что наличие неоднородности активации свободной стенки правого предсердия являлось независимым предиктором возникновения ФП в послеоперационном периоде. Был сделан вывод о потенциальной пользе изучения предсердной активации на синусовом ритме для определения тактики ведения пациентов после кардиохирургических операций. T. Sueda и соавт. [27] опубликовали результаты исследования роли использования интраоперационного картирования в излечении хронической формы

ФП после простой хирургической изоляции легочных вен. Пластины располагались на эпикардальной поверхности левого предсердия между ушком левого предсердия и левой легочной веной и по поверхности правого предсердия. Картирование проводилось одновременно на обоих предсердиях. Интраоперационное картирование показало эффективность в диагностике высокочастотных зон активации, что повысило, по утверждению авторов, эффективность выполняемой операции. С эволюцией технологий для хирургического лечения ФП становится доступным и дальнейшее совершенствование возможных хирургических подходов, а возможность контактного картирования вместе с хирургическим вмешательством представляет собой ценный инструмент для сравнения предшествующих результатов на моделях ФП у животных и человека [4, 16, 21]. Наряду с этим картирование дает ощутимый вклад в принятие решений по выбору соответствующего хирургического пособия на основе индивидуальных данных картирования.

Материал и методы

Методика проведения интраоперационного картирования

В 2010 г. в отделении хирургического лечения интерактивной патологии Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева РАМН был впервые опробован программно-аппаратный комплекс Биоток для анализа электрограмм с эпикардальной поверхности предсердий. Данный комплекс состоит из аппаратной установки, включающей в себя блок ЭВМ, монитор вывода информации, блок для подключения разъемов от картирующих пластин, и поверхностного ЭКГ. Аппаратный комплекс осуществляет считывание информации с поверхности предсердия и анализ электрограмм. На основании результатов, полученных при использовании комплекса аппаратного анализа электрограмм, под руководством Л. А. Бокерия была разработана и внедрена в клиническую практику схема определения зон высокочастотной активности фибрилляторного миокарда. Данная схема позволяет визуально и программно оценить вовлеченность тех или иных анатомических зон предсердия в процесс фибрилляции.

В исследование вошли 35 пациентов с пароксизмальной формой ФП. Среди 35 пациентов 22 были мужчины и 13 – женщины. Возраст варьировал от 40 до 59 лет, составляя в среднем $52,6 \pm 6,79$ года. Длительность анамнеза ФП до момента поступления пациента в клинику составила от 2 до 9 лет, в среднем $4,8 \pm 2,6$ года. Все пациенты имели приступы ФП не более двух суток, в среднем 12 ± 6 ч.

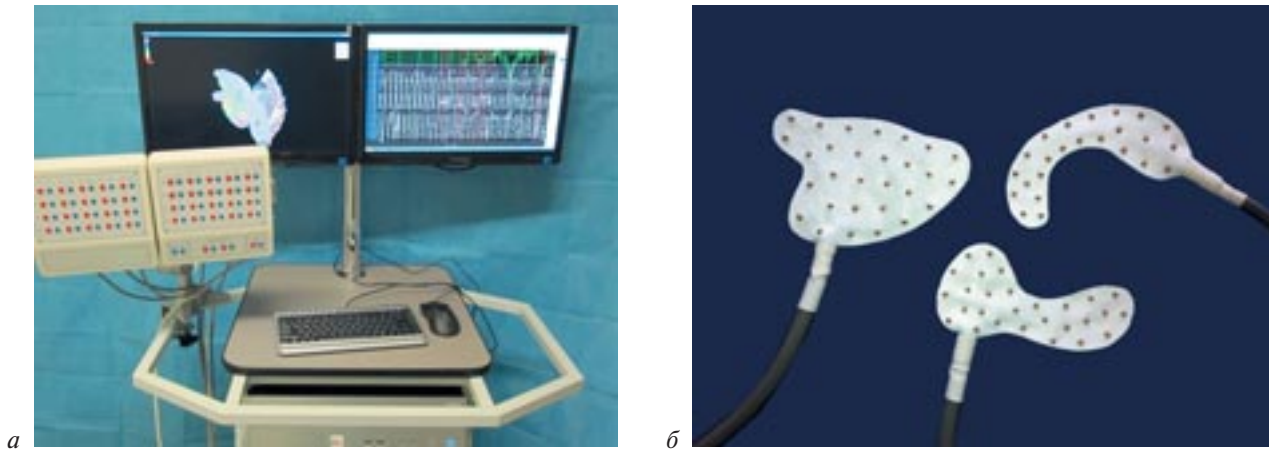


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс Биоток (а) и силиконовые пластины с расположенными на поверхности униполярными электродами (б)

По данным компьютерной томографии объемы левого предсердия составили в среднем $118,88 \pm 23,61$ мл. По данным ЭхоКГ средние значения составили: ударный объем — $88,38 \pm 12,35$ мл, фракция выброса — $61,61 \pm 4,36\%$ по Teicholtz, конечный систолический объем — $60,3 \pm 15,9$ мл, конечный диастолический объем — $148,38 \pm 24,4$ мл; по данным КТ: объем левого предсердия и ушка — $118,88 \pm 23,61$ мл, диаметр левой верхней легочной вены (ЛВ) — $17,77 \pm 1,58$ мм, левой нижней ЛВ — $15,77 \pm 1,69$ мм, правой верхней ЛВ — $18,88 \pm 1,75$ мм, правой нижней ЛВ — $16,33 \pm 2,33$ мм.

Всем пациентам перед оперативным вмешательством проводился подбор антиаритмической терапии, из них 23 (65,7%) пациентам проводилась терапия антиаритмиками III класса и 12 (34,3%) — препаратами IC, II класса. Антиаритмическая терапия, проводимая препаратами по классификации Vaughan–Williams, оказалась неэффективна у 100% пациентов. Резистентность к принимаемым препаратам возникла в течение периода от 1 года до 5 лет. Шести из 35 пациентов ранее проводилась радиочастотная изоляция легочных вен, трем из которых дополнительно — линейная РЧА правого нижнего истмуса.

Всем пациентам перед основным этапом хирургического лечения было выполнено эпикардальное картирование. Перед проведением интраоперационного картирования в программно-аппаратный комплекс Биоток (рис. 1, а), предназначенный для считывания, обработки и хранения информации, реализованными установленной программой WaveSight в среде Windows, вносятся данные о пациенте, его фамилия, имя, отчество, возраст, номер истории болезни, диагноз. Для уменьшения количества неподходящих для анализа осцилляций выставляется фильтр высоких частот в диапазоне от 40–250 Гц по всем 84 каналам. После этого проводится низкочастотная фильтрация сигнала,

обычно в полосе 2–10 Гц, так как значения доминантных частот при ФП у человека находятся в этих пределах. Для исследования предсердной активности в НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН под руководством Л. А. Бокерия были разработаны картирующие пластины (рис. 1, б), накладываемые на эпикардальную поверхность левого и правого предсердия. Картирующие пластины представляют собой силиконовые формы с установленными по площади пластин униполярными электродами. На поверхности пластин расположены 81 медный униполярный электрод диаметром 1 мм, по всей поверхности, на расстоянии 5 мм друг от друга. Картирующие пластины имеют анатомически смоделированную структуру, позволяющую накладывать их четко на правое и левое предсердие. Первая пластина имеет на своей поверхности 28 униполярных электродов и накладывается на заднюю поверхность левого предсердия в области легочных вен и площадку между легочными венами, боковую стенку левого предсердия. Вторая пластина в виде полумесяца с 24 униполярными электродами на поверхности подкладывается под аорту на крышу и ушко левого предсердия. Третья пластина имеет 29 униполярных электродов и представляет собой широкую пластину, накладываемую на боковую область правого предсердия, с выступающей частью на правое ушко. Пластины должны плотно прилегать к поверхности предсердий для снижения помех при записи сигнала (рис. 2). Все три пластины подсоединяются к блоку подключения электродов, соединенному с ЭВМ (рис. 3). Встроенная программа позволяет производить запись электрограмм с униполярных электродов в реальном времени, математическую обработку данных и отображать информацию в виде цветовой схемы на трехмерном макете предсердий. Перед началом записи в программе выставляются частотные фильтры для снижения помех. Фильтрация



Рис. 2. Наложение пластин на эпикардальную поверхность левого и правого предсердия

высокочастотного сигнала происходит в полосе 200–250 Гц для уменьшения количества неподходящих для анализа осцилляций. Далее выбирается параметр низкочастотной фильтрации сигнала, обычно в полосе 3–40 Гц, так как значения доминантных частот (ДЧ) при ФП у человека колеблются в этих пределах. Далее производится трехкратная запись активности с предсердий по 30 с каждая. Затем выбирается одна максимально корректная запись и производится захват спектра (рис. 4). В процессе анализа полученного спектра программа производит так называемое дискретное преобразование Фурье с использованием алгоритма быстрого преобразования. Для наиболее точного определения ДЧ нужна периодичность сигнала, близкая по форме к синусоиде. Но зачастую локальные внутрисердечные ЭГ при ФП имеют остроконечную двухфазную форму. Далее проводится ректификация (выпрямление, или в данном случае скорее «исправление» сигнала) для устранения двухфазности его компонентов. Для сглаживания компонентов спектра может быть использован прием заполнения исходного сигнала нулями в качестве точек захвата. Тем самым как бы удлиняется время захвата и повышается частотное разрешение спектра без изменения его основных характеристик. Далее программа проводит математическое вычисление, так называемое быстрое преобразование Фурье (БПФ). Автоматически программа, используя алгоритм быстрого преобразования Фурье, позволяет посмотреть изменение спектра во времени в каждой конкретной точке.

**Типичская диагностика высокоактивных зон
на основании анализа данных
эпикардального картирования предсердий**

В нашем исследовании проводилось многоканальное эпикардальное картирование с помощью 3 картирующих пластин, имеющих на своей по-

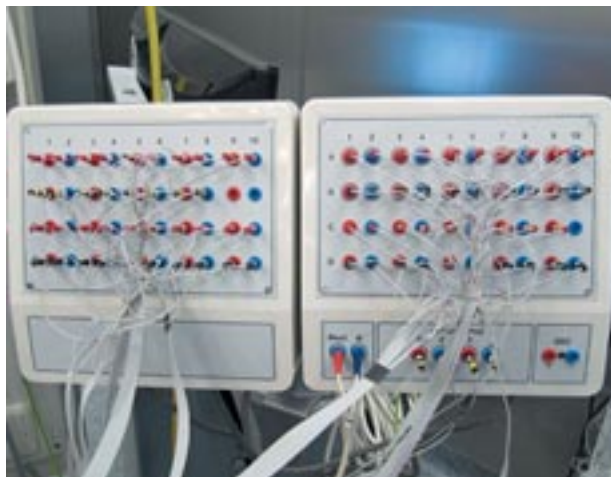


Рис. 3. Блок подключения электродов. Контактная группа подключения униполярных электродов к ЭВМ

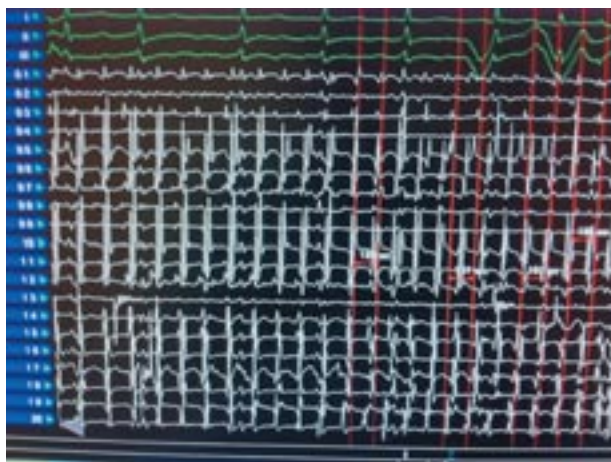


Рис. 4. Запись эпикардальной электрограммы с поверхности предсердий

верхности 81 униполярный электрод. Отрабатывалась методика наложения картирующих пластин на эпикардальную поверхность левого и правого предсердия, получения данных по зонам высокой активности миокарда предсердий, оценивалась возможность графического отображения данных, подвергшихся анализу с помощью преобразования Фурье, на трехмерной модели предсердий. Сбор и анализ данных проводился с помощью системы Биоток. Для снижения помех и неподходящих для анализа осцилляций выставлялись фильтры низкочастотных и высокочастотных волн: низкочастотный фильтр — 30 Гц, высокочастотный — 250 Гц. После установки картирующих электродов на эпикардальную поверхность предсердий оценивался ритм сердца по электрограммам, отображаемым в реальном времени на мониторах электрофизиологической системы. При наличии в данный момент времени у пациента синусового ритма производилась высокочастотная стимуляция ушка правого

предсердия с целью индуцировать ФП. Далее при стабильном течении фибрилляции предсердий проводилась запись данных одновременно по 81 каналу в течение 30 с. Следующим этапом система проводит компьютерный анализ по формуле быстрого преобразования Фурье с целью получения данных, приближенных к аналоговым. Полученные данные отображаются на трехмерной модели предсердий с нанесенными по всей поверхности цифровыми номерами, соответствующими униполярным электродам на картирующих пластинах (рис. 5).

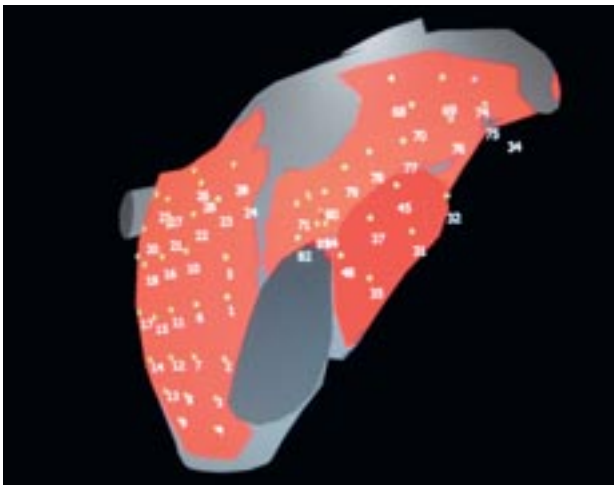


Рис. 5. Трехмерная пространственная модель предсердий с нанесенными на поверхность точками, соответствующими униполярным электродам на пластинах

Правопредсердной картирующей пластине на трехмерной модели предсердий соответствуют точки от 1-й до 29-й по боковой стенке правого предсердия. Точки от 31-й до 58-й соответствуют области задней поверхности левого предсердия и ушку левого предсердия, с 61-й до 81-й — области крыши левого предсердия. После анализа данных по 81 каналу система накладывает результат на трехмерную модель. Частотная характеристика данных для удобства восприятия маркируется в цветовой схеме от фиолетового до красного, что соответствует доминантным частотам от 0 до 11 Гц. Фиолетовый цвет соответствует 1 Гц, красный — 11 Гц. Достоверно значимые доминантные частоты находятся в пределах от 8 Гц и выше. Значения от 1 до 7 Гц (зоны с низким частотным спектром) маркируются цветами спектра от фиолетового до желтого и рассматриваются как частоты, участвующие в процессе фибрилляции опосредованно. Доминантные частоты, значения которых от 8 Гц и выше, маркируются оранжевым и красным цветом и обозначают зоны высокочастотной активации предсердий, которые характеризуются как участки миокарда, участвующие в ФП (рис. 6).

Оценить стабильность активации каждой конкретной зоны можно по сохранению доминантной частоты при пролистывании отрезков 30-секундной записи, поделенной программой на 33 временных отрезка. При наличии постоянства доминантных частот выше 8 Гц можно говорить о постоянстве аритмогенного субстрата, ответственного

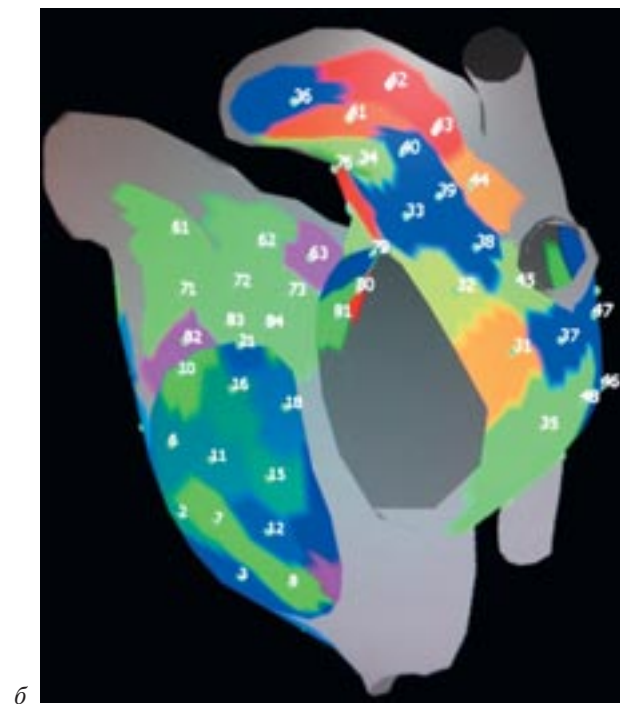
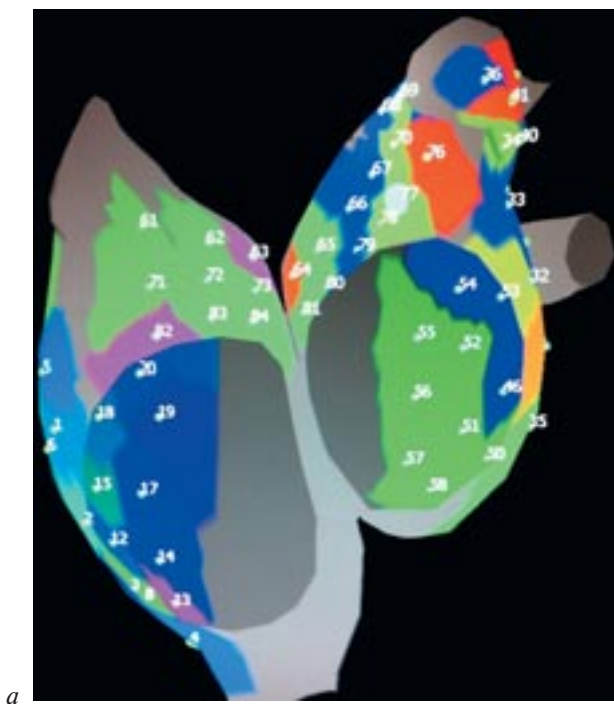


Рис. 6. Спектральная характеристика распределения зон доминантных частот (а) и зоны с высокими доминантными частотами, отображенные на трехмерной модели предсердий (б)

за поддержание аритмии. При получении активационных карт оценивались доминантные частоты в разных анатомических зонах предсердий, а также степень их постоянства во времени.

Результаты

Интраоперационное эпикардальное картирование предсердий проведено 35 (100%) пациентам. Среднее время исследования от момента наложения картирующих пластин до получения спектра распределения доминантных частот составило $15,35 \pm 6,14$ мин, среднее время обработки электрограмм программой – $5,06 \pm 1,4$ мин. На основании полученных данных компьютерного анализа электрограмм с помощью быстрого преобразования Фурье у всех пациентов были получены доминантные частоты по 81 униполярному электроду. У пациентов с пароксизмальной формой ФП значения доминантных частот более 9 Гц выявлены в 43 точках, которые располагались в зоне вокруг ушка левого предсердия, левых легочных вен.

Так, средние значения доминантных частот при пароксизмальной форме ФП вокруг левых легочных вен составили $10,8 \pm 1,3$ Гц, вокруг правых легочных вен – $10,4 \pm 1,6$ Гц; в основании ушка левого предсердия – $10,3 \pm 0,8$ Гц; на крыше левого предсердия – $8,8 \pm 1,13$ Гц; на наружной стенке левого предсердия – $9,0 \pm 2,4$ Гц. Значения доминантных частот в правом предсердии: крыша правого предсердия – $7,0 \pm 2,4$ Гц; боковая стенка правого предсердия – $7,0 \pm 2,4$ Гц.

Таким образом, с помощью поверхностного эпикардального картирования удается определять зоны ФП по частотному анализу волн фибрилляции, постоянно циркулирующих в предсердии. По результатам картирования выявлены основные доминантные зоны поддержания ФП при пароксизмальной форме: изолированная зона вокруг левых легочных вен – у 12 (34,2%) пациентов, зоны вокруг правых и левых легочных вен – у 5 (14,2%) и сочетание зон вокруг левых легочных вен и в ушке левого предсердия – у 18 (51,4%). При проведении оперативного пособия в виде операции «лабиринт III» в криомодификации дополнительно проводились воздействия в областях с высоким спектром доминантных частот, которые были постоянными во времени.

Обсуждение

Интраоперационное картирование позволяет распознавать зоны аритмий непосредственно на поверхности сердца. M. Alessie и соавт. в 1987 г. впервые продемонстрировали методику эпикардального картирования правого и левого предсердия во время поддерживаемой ФП. J. Cox и соавт. провели серию экспериментальных исследований

на собаках на фоне фибрилляции предсердий в условиях искусственно созданной митральной регургитации. Они проанализировали полученные данные с целью определения механизмов возникновения и поддержания аритмии и возможности радикального хирургического лечения данной патологии. В эксперименте применялось одновременное компьютеризированное картирование обоих предсердий с использованием пластины с 208 униполярными электродами [5]. В 2001 г. S. Yamauchi и соавт. использовали эпикардальное картирование для определения объема криоаблации с целью устранения ФП у 40 пациентов, оперированных по поводу преимущественно клапанной патологии [28]. В данном исследовании использовалась ранее опробованная система для эпикардального картирования с 30 униполярными электродами. Далее выполнялось построение изохронных активационных карт последовательности возбуждения предсердий. Постоянная организованная электрическая активность в левом предсердии была выявлена в 33 случаях, тогда как в правом предсердии достоверных данных получено не было. С учетом опыта и результатов проводимых исследований следующим шагом стала разработка алгоритмов анализа частотного спектра. Доминантный частотный анализ – относительно простой эффективный метод для определения высокочастотных зон ФП. Записанный сигнал электрограмм подвергается быстрому анализу Фурье, с предоставлением итоговых значений по частотной характеристике. Доминантная частота имеет наиболее высокий пик в частотной характеристике [19]. Как правило, относительно высокие доминантные частоты определяются при активности предсердного миокарда в эктопических фокусах, при диссоциированном проведении, роторах или других формах круга риентри. Анализ доминантных частот имеет высокую чувствительность и часто коррелирует с длиной цикла фибрилляции предсердий [10, 11, 20]. Стимуляционное исследование показывает, что ложные доминантные частоты могут быть найдены, когда частота и амплитуда отклонения непостоянны [21], как часто происходит в фибрилляционных электрограммах. Новые виды обработки электрограммы при ФП могут усовершенствовать определение значения длины потенциала [4]. S. Lazar и соавт. сообщили, что у пациентов с пароксизмальной формой ФП доминантные частоты в левых легочных венах были значительно выше, чем в области коронарного синуса и задней стенки правого предсердия [16]. Изоляция легочных вен снижала градиент ДЧ в предсердиях при пароксизмальной форме ФП. P. Sanders и соавт. [22, 23] провели более детальный анализ и показали, что области высоких доми-

нантных частот при пароксизмальной ФП в основном сосредоточены вокруг легочных вен, тогда как при персистирующей ФП области доминантных частот были широко распределены по предсердиям. Снижение величин доминантных частот наблюдалось при изоляции легочных вен в группе с пароксизмальной формой ФП, тогда как в группе с персистирующей формой ФП достоверно такого отмечено не было. S. Lazar и соавт. [16] отметили, что изоляция легочных вен имела больший эффект у пациентов с персистирующей формой ФП при большем количестве зон с высокими значениями доминантных частот в левом предсердии. В другом исследовании R. B. Schuessler и соавт. [25] показали, что стратегия аблации специфических зон с высокими значениями доминантных частот имеет эффективность в 88% случаев при пароксизмальной форме ФП и в 56% случаев при персистирующей форме ФП.

Заключение

На сегодняшний день высока актуальность разработки и использования новейших технологий в диагностике и лечении ФП. Понимание механизмов возникновения и поддержания фибрилляции миокарда и определение анатомических зон, участвующих в процессе, приведут к разработке эффективных подходов к медикаментозному и немедикаментозному лечению данной патологии. Одной из ведущих проблем на современном этапе является увеличение эффективности хирургического лечения ФП. Методика проведения эпикардиального картирования предсердий и анализа полученных электрограмм у пациентов с ФП во время операций на открытом сердце с использованием аппарата искусственного кровообращения является на сегодняшний момент одним из перспективных направлений в сердечно-сосудистой хирургии. Разработка анатомически смоделированных картирующих пластин, схемы расположения пластин с медными электродами на эпикардиальной поверхности предсердий, проведение анализа полученных электрограмм, отображение полученных результатов на трехмерной модели в реальном времени позволят сделать еще один шаг в понимании механизмов поддержания фибрилляции, а также в определении вовлеченности той или иной зоны миокарда в фибрилляторный процесс, в зависимости от сопутствующей кардиальной патологии. Данная методика проста в использовании, анализ данных осуществляется автоматически, результат исследования выводится за короткий временной промежуток, позволяя получить необходимую хирургу электрофизиологическую картину фибрилляции до основного этапа операции, что приведет к оптимизированию хи-

рургического пособия, основанному на индивидуальных электрофизиологических особенностях пациента.

Следует отметить, что интерес к эпикардиальному картированию фибрилляции предсердий в последнее время неуклонно растет. Метод интраоперационного эпикардиального картирования предсердий может осуществляться непосредственно в операционной, прост в использовании. Результаты, получаемые в результате исследования, достоверно показывают зоны с высокочастотным сигналом. Итогом проведенного исследования станет возможность применения схемы интраоперационного картирования предсердий при фибрилляции по Л. А. Бокерия в широкой практике, что повысит эффективность операционного лечения ФП, уменьшит время операции, увеличит долю больных, которым будет успешно устранена аритмия, снизит вероятность рецидива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л. А., Ревшвили А. Ш., Ольшанский М. С. Хирургическое лечение фибрилляции предсердий: история вопроса и перспективы // *Progress in Biomedical Research*. 1997. № 2. С. 74–83.
2. Бокерия Л. А., Ревшвили А. Ш., Ольшанский М. С. Хирургическое лечение фибрилляции предсердий: опыт и перспективы развития // *Грудная и серд.-сосуд. хир.* 1998. № 1. С. 7–14.
3. An update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association/Authors/Task Force Members: A. John Camm (Chairperson) (UK)*, Gregory Y. H. Lip (UK), Raffaele De Caterina (Italy), Irene Savelieva (UK), Dan Atar (Norway), Stefan H. Hohnloser (Germany), Gerhard Hindricks (Germany), Paulus Kirchhof (UK).
4. Ciaccio E. J., Biviano A. B., Whang W. et al. New methods for estimating local electrical activation rate during atrial fibrillation // *Heart Rhythm*. 2009. Vol. 6. P. 21–32.
5. Cox J. L. The surgical treatment of atrial fibrillation. Surgical technique // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1991. Vol. 101. P. 584–592.
6. Cox J. L., Boineau J. P., Schuessler R. B. et al. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. I. Rationale and surgical results // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1995. Vol. 110. P. 473–484.
7. Cox J. L., Canavan T. E., Schuessler R. B. et al. The surgical treatment of atrial fibrillation. II. Intraoperative electrophysiologic mapping and description of the electrophysiologic basis of atrial flutter and atrial fibrillation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1991. Vol. 101. P. 406–426.
8. Cox J. L., Schuessler R. B., D'Agostino H. J., Jr., et al. The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definitive surgical procedure // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1991. Vol. 101. P. 569–583.
9. Defauw J. J., Guiraudon G. M., van Hemel N. M. et al. Surgical therapy of paroxysmal atrial fibrillation with the «corridor» operation // *Ann. Thorac. Surg.* 1992. Vol. 53. P. 564–571.
10. Elvan A., Linnenbank A. C., van Bemmel M. W. et al. Dominant frequency of atrial fibrillation correlates poorly with atrial fibrillation cycle length // *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009. Vol. 2. P. 634–644.
11. European Heart Rhythm Association, European Association for Cardiothoracic Surgery. Camm A. J., Kirchhof P., Lip G. Y., Schotten U., Savelieva I., Ernst S., Van Gelder I. C., Al-Attr N., Hindricks G., Prendergast B., Heidbuchel H., Alfieri O., Angelini A., Atar D., Colonna P., De Caterina R., De Sutter J., Goette A., Gorenek B., Heldal M., Hohnloser S. H., Kolh P.,

- Le Heuzey J. Y., Ponikowski P., Rutten F. H. Guidelines for the management of atrial fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur. Heart J.* 2010. Vol. 31. P. 2369–2429.
12. *Graffigna A., Pagani F., Minzioni G.* et al. Left atrial isolation associated with mitral valve operations // *Ann. Thorac. Surg.* 1992. Vol. 54. P. 1093–1098.
 13. *Guiraudon G. M., Campbell C. S., Jones D. L.* et al. Combined sinoatrial node and atrioventricular node isolation. A surgical alternative to His bundle ablation in patients with atrial fibrillation // *Circulation.* 1985. Vol. 72 (Suppl. III):iii-20.
 14. *Harada A., Sasaki K., Fukushima T.* et al. Atrial activation during chronic atrial fibrillation in patients with isolated mitral valve disease // *Ann. Thorac. Surg.* 1996. Vol. 61. P. 104–112.
 15. *Kosakai Y., Kawaguchi A., Isobe F.* et al. Cox maze procedure for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994. Vol. 108. P. 1049–1055.
 16. *Lazar S., Dixit S., Marchlinski F. E.* et al. Presence of left-to-right atrial frequency gradient in paroxysmal but not persistent atrial fibrillation in humans // *Circulation.* 2004. Vol. 110. P. 3181–3186.
 17. *McCarthy P. M., Castle L. W., Maloney J. D.* et al. Initial experience with the maze procedure for atrial fibrillation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1993. Vol. 105. P. 1077–1087.
 18. *Minizioni G., Graffigna A., Pagani F.* Right atrial isolation associated with atrial septal closure in patients with atrial septal defect and chronic atrial fibrillation // *Cardiovasc. Surg.* 1993. Vol. 1. P. 666–669.
 19. *Ng J., Goldberger J. J.* Understanding and interpreting dominant frequency analysis of AF electrograms // *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2007. Vol. 18. P. 680–685.
 20. *Ng J., Kadish A. H., Goldberger J. J.* Effect of electrogram characteristics on the relationship of dominant frequency to atrial activation rate in atrial fibrillation // *Heart Rhythm.* 2006. Vol. 3. P. 1295–1305.
 21. *Ng J., Kadish A. H., Goldberger J. J.* Technical considerations for dominant frequency analysis // *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2007. Vol. 18. P. 757–764.
 22. *Sanders P., Berenfeld O., Jalife J.* et al. Spectral analysis identifies sites of high-frequency activity maintaining atrial fibrillation in humans // *Circulation.* 2005. Vol. 112. P. 789–797.
 23. *Sanders P., Nalliah C. J., Jonsson A.* et al. Frequency mapping of the pulmonary veins in paroxysmal versus permanent atrial fibrillation // *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2006. Vol. 17. P. 965–972.
 24. *Sakamoto S., Yamauchi S., Yamashita H.* et al. Intraoperative mapping of the right atrial free wall during sinus rhythm: variety of activation patterns and incidence of postoperative atrial fibrillation // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006. Vol. 30. P. 132–139.
 25. *Schuessler R. B., Kay M. W., Melby S. J.* et al. Spatial and temporal stability of the dominant frequency of activation in human atrial fibrillation // *J. Electrocardiol.* 2006. Vol. 39. P. S7–S12.
 26. *Sealy W. C., Gallagher J. J., Kasell J.* His bundle interruption for control of inappropriate ventricular responses to atrial arrhythmias // *Ann. Thorac. Surg.* 1981. Vol. 32, № 5. P. 429–438.
 27. *Sueda T., Nagata H., Shikata H.* et al. Simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease // *Ann. Thorac. Surg.* 1996. Vol. 62. P. 1796–1800.
 28. *Yamauchi S., Ogasawara H., Saji Y.* et al. Efficacy of intraoperative mapping to optimize the surgical ablation of atrial fibrillation in cardiac surgery // *Ann. Thorac. Surg.* 2002. Vol. 74. P. 450–457.