

Рубрика: клиническая электрофизиология

© Л.А. БОКЕРИЯ, А.Г. ФИЛАТОВ, В.А. ГОРЯЧЕВ, 2013

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2013

УДК 616.12-008.313.2-089.166:612.014.421

ПРАКТИКУМ ПО ИНТРАОПЕРАЦИОННОМУ ЭПИКАРДИАЛЬНОМУ КАРТИРОВАНИЮ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: практикум

Л.А. Бокерия, академик РАН и РАМН, д. м. н., профессор; А.Г. Филатов, к. м. н.;

В.А. Горячев, врач-кардиолог*

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

(директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) РАМН, Москва, Российская Федерация

Термин «картирование» используется для процедуры регистрации локальных электрических сигналов на интересующих участках эпикарда или эндокарда. Так, при изучении фибрилляции предсердий

* Горячев Владислав Александрович, врач-кардиолог.

Тел.: 8 (905) 520-34-05, e-mail: vagoryachev@bakulev.ru

Почтовый адрес: 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135, НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, ЛИДиЛА.

методика эпикардального картирования позволяет выявить различные механизмы, обуславливающие и поддерживающие фибрилляцию.

В НЦССХ им. А.Н. Бакулева по нашей инициативе и с нашим участием была разработана и внедрена методика проведения интраоперационного эпикардального картирования предсердий у пациентов с фибрилляцией предсердий. Его алгоритм основан на записи электрограмм с эпикардальной поверхности предсердий и проведении анализа информации по методике быстрого преобразования Фурье. Полученное в ходе исследования спектральное распределение доминантных частот отражает существование зон, ответственных за поддержание фибрилляции. Данная методика предоставляет возможность получить необходимую информацию об электрической активности предсердий в короткие сроки, непосредственно во время операции.

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

The term «mapping» is used for the registration of local electrical signals at the epicardium or endocardium. For example, epicardial mapping technique allows to identify various mechanisms underlying and supporting atrial fibrillation.

A scientific group headed by L.A. Bockeriya in Bakoulev C CVS RAMS has developed and introduced a technique of intraoperative epicardial mapping in patients with atrial fibrillation. Developed algorithm of intraoperative epicardial mapping is based on the recording of electrograms at the epicardial surface of the atria and the analysis of data by the fast Fourier transform. Obtained spectral distribution of dominant frequencies characterizes the existence of zones responsible for the maintenance of atrial fibrillation. Described technique makes opportunity to obtain relevant data on the electrical activity of the atria during surgical operation.

Key words: atrial fibrillation; epicardial mapping; dominant frequency.

Развитие высокотехнологических методов обследования сердца и широкое применение их в практике врача играет огромную роль в понимании анатомических, биохимических, электрофизиологических процессов при различных формах аритмий сердца. Использование рутинных методов диагностики аритмий, непрерывное усовершенствование электрофизиологических систем для интраоперационной диагностики позволило найти более точные подходы к хирургическому лечению различных видов аритмий. Несмотря на это, возможность точной топической диагностики остается одной из актуальных проблем в современной аритмологии. Термин «картирование» используется для процедуры регистрации локальных электрических сигналов на интересующих участках эпикарда или эндокарда. Так, при изучении фибрилляции предсердий (ФП) методика эпикардального картирования позволяет выявить различные механизмы, которые могут обуславливать и поддерживать ФП по отдельности или в сочетании друг с другом.

Первая гипотеза, описывающая потенциальный механизм, приводящий к устойчивой ФП, была опубликована G. Moe и J. Abildskov в 1959 г. [1–3]. Они предположили, что наличие нескольких волн микроориентри, распространяющихся через предсердие, является потенциальным механизмом возникновения самоподдерживающейся ФП.

Спустя 26 лет M.A. Allesie и его сотрудники, используя картирование во время ацетилхолиндуцированной ФП в изолированных предсердиях у собак, смогли получить волны микроориентри. Это была первая эксперимен-

тальная демонстрация нескольких волн, распространяющихся на поверхности эпикарда во время ФП [4].

K.T. Konings et al. опубликовали результаты, полученные на модели ФП у собак и у пациентов с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта, подвергшихся кардиохирургическим вмешательствам. Картируя свободную стенку правого предсердия у этих пациентов, авторы смогли подтвердить наличие нескольких волн в ходе индуцированной ФП. Это было одно из первых картирований, описывающих «прорыв» как модель с радиальным распространением активации индуцированных либо локальных очагов автоматизма, или трансмуральной активации эпикарда через эндокардиальный пучок. С тех пор модели «прорыва» были описаны в многочисленных исследованиях, и до настоящего времени они являются предметом продолжающейся дискуссии о механизмах инициирования и поддержания ФП. В более позднем исследовании картирования, K.T. Konings et al. изложили причины, лежащие в основе фракционирования электрограмм [5–7].

Все методы картирования, описанные в основных научных исследованиях, и клинический раздел их применения основаны на получении локальных электрограмм. Большинство картирований высокой плотности проводится у пациентов, подвергающихся операции на сердце. В настоящее время эти данные коррелируют с результатами, полученными на моделях животных. Это позволяет разработать алгоритмы лечения ФП у человека на основе индивидуальных данных картирования. Прямой контакт

мультиэлектродных пластин и ткани предсердий является «золотым стандартом» при картировании ФП для получения данных высокой степени разрешения.

С новыми технологиями хирургического лечения ФП становится доступным дальнейшее совершенствование традиционных 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. Варианты хирургического вмешательства для лечения ФП расширяются, при этом прямой доступ к эпикардиальной поверхности, обеспечивающей возможность картирования высокой плотности, может предоставлять преимущества такого подхода с точки зрения выявления цели и прямой оценки хирургического пособия.

Основываясь на опыте проведения интраоперационного эпикардиального картирования предсердий у пациентов с ФП, на базе отделения хирургического лечения интерактивной патологии НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН был впервые опробован программно-аппаратный комплекс «Биоток». Под руководством академика Л.А. Бокерия разработана методика проведения картирования предсердий на открытом сердце [8].

Методика проведения интраоперационного эпикардиального картирования предсердий у пациентов с ФП

Программно-аппаратный комплекс «Биоток» (рис. 1, а) применяется для анализа электрограмм с эпикардиальной поверхности пред-

сердий. Данный комплекс представляет собой аппаратную установку, состоящую из блока ЭВМ, монитора для вывода информации, блока для подключения разъемов от картирующих пластин и поверхностного ЭКГ (рис. 1, б).

Перед началом проведения интраоперационного картирования на теле пациента фиксируются ЭКГ-кабель в трех стандартных отведениях и референтный электрод на область спины. В программно-аппаратный комплекс «Биоток» вносят данные о пациенте: фамилия, имя, отчество, возраст, номер истории болезни, диагноз. Далее в диалоговом окне выбирают каналы, отображаемые в непрерывном режиме на мониторе. Выбирают три стандартных ЭКГ-отведения (I, II, III). Затем активируют 81 униполярный электрод, выставляют фильтр высоких частот в диапазоне 250 Гц для уменьшения количества неподходящих для анализа осцилляций. После этого проводится низкочастотная фильтрация сигнала, обычно в полосе 30 Гц, так как значения доминантных частот при ФП у человека находятся в этих пределах (рис. 2).

Больному по принятой методике проводят интубацию трахеи. Доступ к сердцу осуществляется путем срединной стернотомии, что позволяет провести картирование всей поверхности сердца. После разведения грудины широко вскрывается перикард. Далее по монитору оценивается ритм сердца. Если в данный момент времени отмечается синусовый ритм, то на ушко правого предсердия накладывают электрод в виде прищепки (рис. 3).

После фиксации электрода выполняется стимуляция ушка правого предсердия от наружного электрокардиостимулятора с частотой

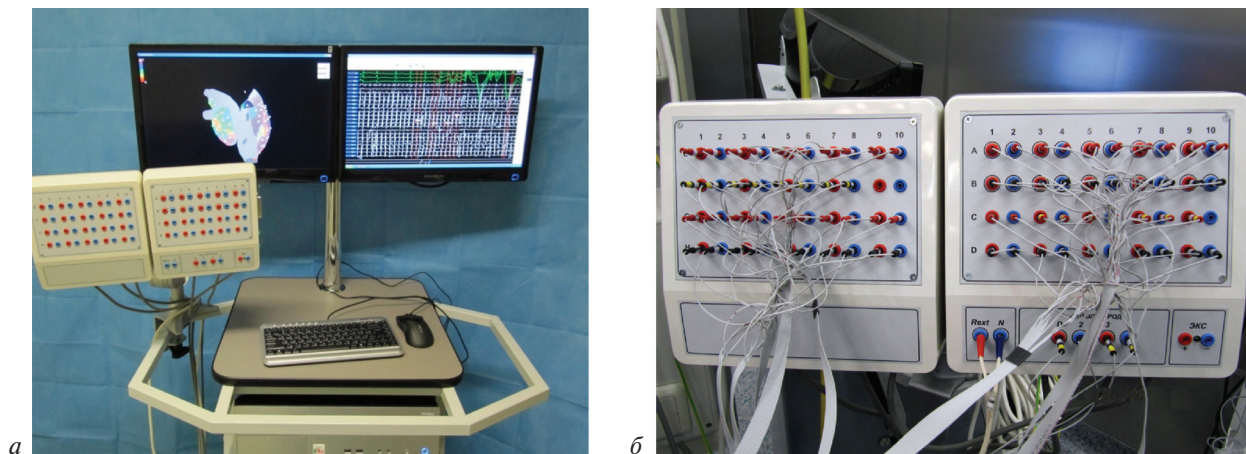


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс «Биоток» для проведения интраоперационного ЭФИ (а) и блок разъемов пинов от картирующих пластин, подключаемых к ЭВМ (б)

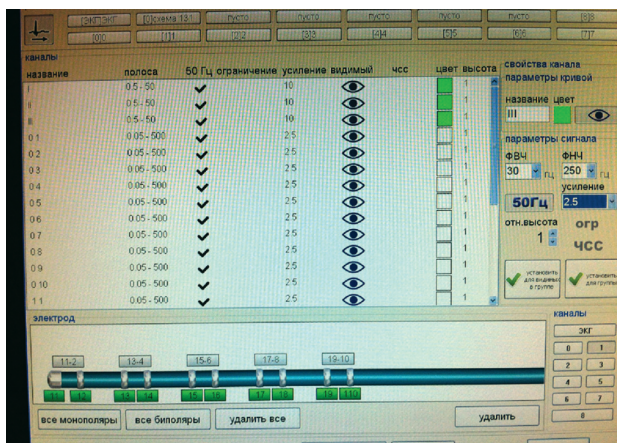


Рис. 2. Окно для выставления параметров анализа электрограмм

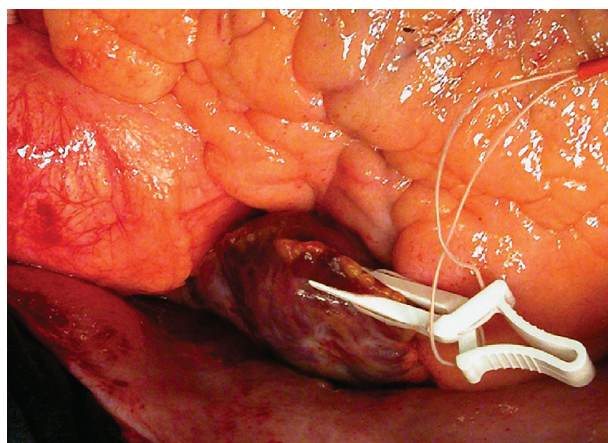


Рис. 3. На область ушка правого предсердия наложен стимуляционный электрод в виде прищепки

более 500 уд/мин до возникновения стойкого пароксизма ФП. Затем, еще до момента канюляции аорты, проводится интраоперационное многоканальное компьютерное картирование.

Для исследования предсердной активности используются картирующие пластины, накладываемые на эпикардиальную поверхность левого и правого предсердия. Они представляют собой силиконовые формы с равномерно распределенными по поверхности пластин медными униполярными электродами в количестве 81 шт. Диаметр электродов составляет 1 мм, расстояние друг от друга – 5 мм. Картирующие пластины имеют анатомически смоделированную форму, позволяющую накладывать их четко на правое и левое предсердие. Первая пластина имеет на своей поверхности 28 униполярных электродов, она накладывается на заднюю поверхность левого предсердия, в область легочных вен и участка между легочными венами, а также боковую стенку левого предсердия. Вторая пластина в виде полумесяца с 24-мя униполярными электродами на поверхности подкладывается под аорту, на крышу и ушко левого предсердия. Третья пластина имеет 29 униполярных электродов, она накладывается на боковую область правого предсердия, а выступающей частью – на ушко правого предсердия (рис. 4).

Пластины должны плотно прилегать к поверхности предсердий, это снизит вероятность возникновения помех при записи сигнала. Все три пластины подсоединяются посредством разъемов к блоку подключения электродов, который связан с ЭВМ. Имеющаяся программа позволяет выполнять запись электрограмм с униполярных электродов в реальном времени

и осуществлять математическую обработку данных, отображая результат в виде цветовой схемы на трехмерном макете предсердий.

Затем выполняется трехкратная запись активности с предсердий (по 30 с каждая). Записанные электрограммы фибрилляции выводятся на основной монитор (рис. 5).

В дальнейшем выбирается запись без помех и проводится захват спектра. Автоматически программа разбивает 30-секундную запись на отрезки по 0,8 с и позволяет оценить изменение спектра в каждой конкретной точке. Современные электрофизиологические системы основаны на передаче цифровых сигналов, то есть сигналов, фиксированных в определенные моменты времени с различной частотой захвата. В процессе анализа данных программа анализирует частотный спектр, выполняет так называемое дискретное преобразование Фурье (Fourier) с использованием алгоритма быстрого преобразования. Для точного определения доминантной частоты нужна периодичность сигнала, близкая по форме к синусоиде. Но зачастую локальные внесердечные электрограммы при ФП имеют остrokонечную двухфазную форму. Далее проводится ректификация (выпрямление, или – в данном случае – 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 увеличивается время захвата и повышается частотное разрешение спектра без изменения его основных характеристик. Затем программа проводит математическое вычисление, так называемое быстрое преобразование Фурье.

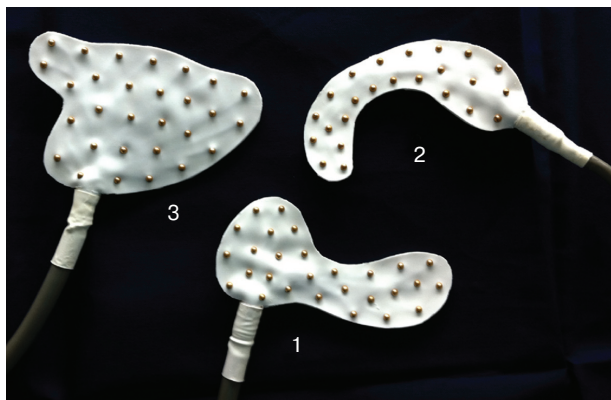


Рис. 4. Эпикардиальные картирующие электроды и их расположение на эпикардиальной поверхности предсердий. Первая пластина (1) накладывается на заднюю поверхность левого предсердия, в область легочных вен и участка между легочными венами, на боковую стенку левого предсердия. Вторая пластина (2) накладывается под аорту, на крышу и ушко левого предсердия. Третья пластина (3) – на боковую область правого предсердия, а выступающей частью – на правое ушко



Рис. 5. Электрограммы фибрилляции предсердий с эпикардиальных электродов по 81 каналу

Вывод полученной информации в визуальном отображении

Далее программа автоматически накладывает цветовую карту на модель предсердий (рис. 6). Для каждой конкретной точки предусмотрена возможность просмотра величины доминантной частоты и индекса регулярности в специальном окне (рис. 7).

Величина средней доминантной частоты более 9 Гц позволяет судить о зонах ранней активации и поддержания ФП в данных областях. Изменение спектра частоты можно оценить по 30 временным отрезкам, что позволяет судить о наличии или отсутствии постоянства высокочастотной активности очагов фибрилляции. Отдельно в окне с электрограммами предусмотрено программное измерение длины цикла фибрилляционных спайков.

Для удобства использования данных спектрального анализа, уменьшения времени оценки зон с высокими доминантными частотами система «Биоток» автоматически выводит полученный результат в виде трехмерной модели предсердий с нанесенными по всей поверхности цифрами, соответствующими униполярным электродам на картирующих пластинах (рис. 8).

Правопредсердную картирующую пластину на модели отражают точки от № 1 до 29. Номера электродов от 31 до 58 соответствуют области задней поверхности левого предсердия и ушка левого предсердия, номера от 61 до 84 – области крыши левого предсердия.

После анализа данных по 81 каналу система накладывает результат на трехмерную модель. Для удобства восприятия частотная характеристика данных маркируется в цветовой гамме от фиолетового до красного, что соответствует доминантным частотам от 1 до 11 Гц (фиолетовый цвет соответствует 1 Гц, красный – от 11 Гц и выше). Достоверно значимые доминантные частоты находятся в пределах от 9 Гц и выше. Значения от 1 до 8 маркируются цветами спектра от фиолетового до желтого и рассматриваются как частоты, опосредованно участвующие в процессе фибрилляции. Доминантные частоты от 10 Гц и выше маркируются оранжевым и красным цветами и обозначают зону высокочастотной активации предсердий. Стабильность активации каждой конкретной зоны можно оценить по сохранению доминантной частоты при пролистывании отрезков 30-секундной записи, поделенной программой на 33 временных отрезка по 0,8 с. При наличии постоянства средних значе-

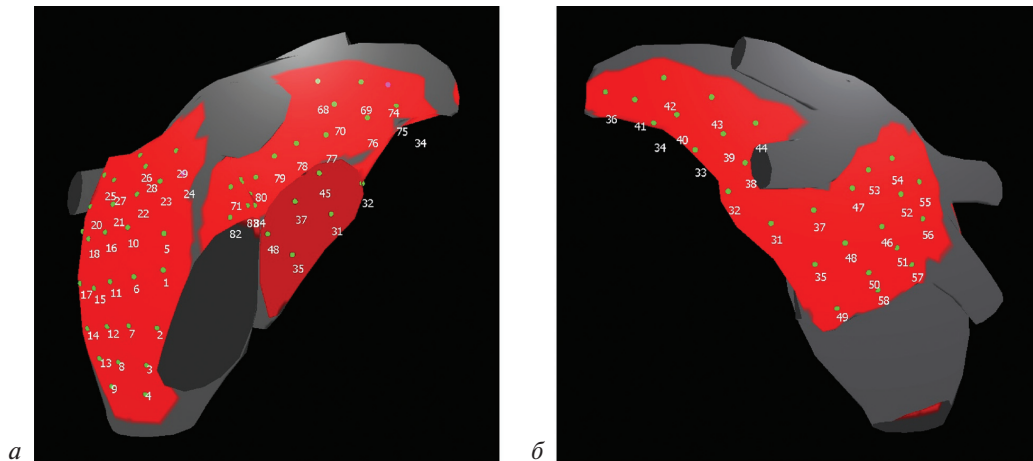


Рис. 6. Схематичное отображение картирующих пластин на трехмерной компьютерной модели сердца. Цифрам на модели соответствуют униполярные электроды на пластинах:

a – вид с правого предсердия; *б* – вид с левого предсердия

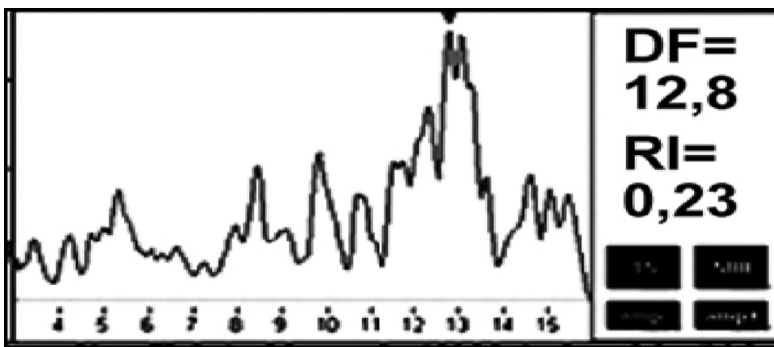


Рис. 7. Высокочастотная пиковая характеристика доминантных частот:
DF – доминантная частота; RI – индекс отклонения

ний доминантных частот свыше 9 Гц в более чем 20 временных отрезках можно говорить о наличии высокочастотной зоны фибрилляторного миокарда и постоянстве аритмогенного субстрата, ответственного за поддержание аритмии.

Программный комплекс позволяет выполнить интраоперационное картирование эпикардальной поверхности предсердий в короткие сроки, что дает возможность оценить ритм в реальном времени и провести анализ электрограмм. Доминантный частотный анализ – относительно простой и эффективный метод для определения высокочастотных зон фибрилляции предсердий. Записанный сигнал подвергается быстрому анализу Фурье с предоставлением итоговых значений по частотной характеристике. Доминантная частота имеет наиболее высокий пик в частотной характеристике. Как правило, относительно высокие доминантные частоты определяются при активности предсердного миокарда в эктопических фокусах, при диссоциированном проведении, роторах или других формах круга риентри. В конце исследования врач-хирург получает характеристику распределения доминантных частот по предсердиям у конкретного пациента.

Понимание механизмов возникновения, поддержания фибрилляции миокарда и анатомических зон, участвующих в процессе, позволит разработать эффективные подходы к медикаментозному и немедикаментозному лечению данной патологии. Одной из ведущих проблем на современном этапе развития сердечно-сосудистой хирургии является увеличение процента эффективности хирургического лечения ФП. Методика проведения эпикардального картирования предсердий и анализа полученных электрограмм у пациентов с ФП во время операций на открытом сердце, с использованием искусственного кровообращения является на сегодняшний день одним из перспективных направлений в сердечно-сосудистой хирургии. Разработка анатомически смоделированных картирующих пластин, схем расположения пластин с медными электродами на эпикардальной поверхности предсердий, проведение анализа полученных электрограмм, отображение результатов на трехмерной модели в реальном времени позволят сделать еще один шаг вперед в понимании механизмов поддержания фибрилляции. Методика проста в использова-

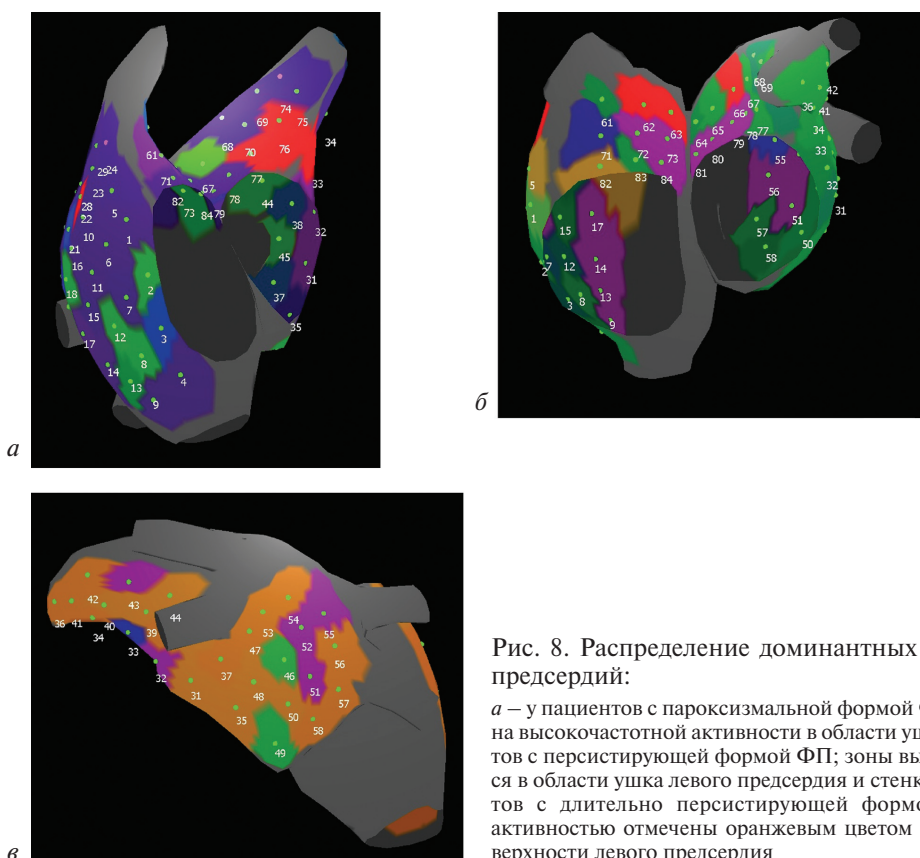


Рис. 8. Распределение доминантных частот на трехмерной модели предсердий:

a – у пациентов с пароксизмальной формой ФП; красным цветом обозначена зона высокочастотной активности в области ушка левого предсердия; *б* – у пациентов с персистирующей формой ФП; зоны высокочастотной активности находятся в области ушка левого предсердия и стенке правого предсердия; *в* – у пациентов с длительно персистирующей формой ФП; зоны с высокочастотной активностью отмечены оранжевым цветом и равномерно распределены по поверхности левого предсердия

нии. Анализ полученных данных осуществляется автоматически. Результат исследования выводится на экран за короткий временной промежуток. Все это позволяет получить необходимую хирургу электрофизиологическую картину фибрилляции до основного этапа операции, что, в свою очередь, приводит к оптимизации хирургического пособия, учитывая индивидуальные электрофизиологические особенности пациента.

В связи с этим нужно отметить и тот факт, что интерес к эпикардиальному картированию фибрилляции предсердий в последнее время неуклонно растет. Метод интраоперационного эпикардиального картирования предсердий прост в использовании и может осуществляться непосредственно в операционной. Данные, получаемые в результате исследования, достоверно отражают зоны с высокочастотным сигналом. Итогом проведенного исследования станет возможность применения схемы интраоперационного картирования предсердий при ФП, разработанной под руководством академика РАН и РАМН Л.А. Бокерия, в широкой практике. Это позволит повысить эффективность оперативного лечения фибрилляции предсердий, со-

кратить время операции, увеличить процент успешного устранения аритмии и снизить вероятность рецидива.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Moe G.K., Abildskov J.A. Atrial fibrillation as a self-sustaining arrhythmia independent of focal discharge. *Am. Heart J.* 1959; 58 (1): 59–70.
2. Moe G.K., Abildskov J.A., Mendez C. An experimental study of concealed conduction. *Am. Heart J.* 1964; 67: 338–56.
3. Moe G.K., Rheinboldt W.C., Abildskov J.A. A computer model of atrial fibrillation. *Am. Heart J.* 1964; 67: 200–20.
4. Allesie M.A., Lammers W.J., Rensma P.L., Bonke F.I. Flutter and fibrillation in experimental models: what has been learned that can be applied to humans. In: *Cardiac arrhythmias: where to go from here – Mount Kisco. New York: Futura Publishing Company Inc.*; 1987: 67–82.
5. Бокерия Л.А., Базаев В.А., Филатов А.Г. и др. Электрофизиологические механизмы фибрилляции предсердий. *Анналы аритмол.* 2004; 1: 43–9.
6. Konings K.T., Kirchhof C.J., Smeets J.R., Wellens H.J., Penn O.C. et al. High-density mapping of electrically induced atrial fibrillation in humans. *Circulation.* 1994; 89 (4): 1665–80.
7. Konings K.T., Smeets J.L., Penn O.C., Wellens H.J., Allesie M.A. Configuration of unipolar atrial electrograms during electrically induced atrial fibrillation in humans. *Circulation.* 1997; 95 (5): 1231–41.
8. Бокерия Л.А., Филатов А.Г., Яхьяев Я.Б., Тарашвили Э.Г., Горячев В.А. Методика интраоперационного эпикардиального картирования предсердий у пациентов с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий. *Анналы аритмол.* 2012; 2: 48–56.

Поступила 04.07.2013 г.
Подписана в печать 12.08.2013 г.