

Рубрика: хирургическая аритмология

© Л.А. БОКЕРИЯ, Р.З. ШАЛОВ, А.Г. ФИЛАТОВ, В.А. ГОРЯЧЕВ, Ш.Н. САБИРОВ, 2019

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2019

УДК 616.125-008.313.-073.43.-089

DOI: 10.15275/annaritmol.2019.4.1

ОДНОМОМЕНТНОЕ ЭНДОКАРДИАЛЬНОЕ И ЭПИКАРДИАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ДЛИТЕЛЬНО ПЕРСИСТИРУЮЩЕЙ ФОРМОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

*Тип статьи: оригинальная статья**Л.А. Бокерия, Р.З. Шалов, А.Г. Филатов, В.А. Горячев, Ш.Н. Сабиров*

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (президент – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН, президент;

Филатов Андрей Геннадьевич, доктор мед. наук, заведующий лабораторией;

Шалов Руслан Замирович, мл. науч. сотр., E-mail: shal.ruslan@mail.ru;

Горячев Владислав Александрович, канд. мед. наук, врач рентгенэндоваскулярной диагностики и лечения;

Сабиров Шерзод Насырович, мл. науч. сотр.

Цель. Выполнить одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование левого предсердия (ЛП) у пациентов с длительно персистирующей формой фибрилляции предсердий (ФП) и оценить полученные результаты.

Материал и методы. На базе НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России с применением сферических и пластинчатых 64-полосных электродов проведено одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование ЛП во время выполнения операции «Лабиринт ППВ» 13 пациентам с длительно персистирующей формой ФП. Для проведения картирования использовалась система «Биоток» (Россия). Сферический электрод вводили в ЛП через правую верхнюю легочную вену для построения объема и картирования ЛП с эндокардиальной поверхности. Пластинчатый электрод для построения объема и картирования эпикардиальной поверхности поочередно перемещали по всем областям ЛП. Были получены электрограммы, при помощи которых произведен анализ частотного спектра и амплитудной активности в каждой области ЛП. На основе полученных результатов построены частотная и амплитудная карты ЛП. Произведен корреляционный анализ полученных результатов.

Результаты. У пациентов с длительно персистирующей формой ФП значения частотного спектра и амплитудной активности оказались низкими: соответственно в среднем $3,06 \pm 0,79$ Гц и $0,29 \pm 0,14$ мВ для эндокардиальной поверхности ЛП, $4,1 \pm 1,06$ Гц и $4,13 \pm 2,32$ мВ для эпикардиальной поверхности ЛП. При анализе связи частотного спектра с амплитудной активностью одних и тех же областей ЛП получен коэффициент, равный 0,99, для эндокардиальной поверхности ЛП и $r = 0,51$ для эпикардиальной поверхности ЛП. Выполнен корреляционный анализ частотного спектра и амплитудной активности со стороны эндокардиальной и эпикардиальной поверхностей ЛП с данными фиброзных изменений ЛП, полученных при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ). При этом выявлены отрицательные значения коэффициента корреляции.

Выводы. Разработана методика проведения одномоментного эпикардиального и эндокардиального картирования ЛП. Выявлена корреляция распределения частотной и амплитудной активности в различных областях ЛП при длительно персистирующей форме ФП, а также сопоставлены полученные результаты с данными фиброзных изменений ЛП, определенных при проведении МРТ. Показано, что при длительно персистирующей форме ФП в ЛП частотная и амплитудная активности имеют низкие значения.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; эндокардиальное картирование; эпикардиальное картирование; одномоментное картирование.

THE SIMULTANEOUS ENDOCARDIAL AND EPICARDIAL MAPPING OF THE LEFT ATRIUM IN PATIENTS WITH LONG-PERSISTENT ATRIAL FIBRILLATION

L.A. Bockeria, R.Z. Shalov, A.G. Filatov, V.A. Goryachev, Sh.N. Sabirov

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Leo A. Bockeria, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, President;

Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sc., Head of Laboratory;

Ruslan Z. Shalov, Junior Researcher, E-mail: shal.ruslan@mail.ru;

Vladislav A. Goryachev, Cand. Med. Sc., Doctor of Endovascular Diagnosis and Treatment;

Sherzod N. Sabirov, Junior Researcher

Objective. Perform simultaneous endocardial and epicardial mapping of the left atrium (LA) in patients with long-lasting persistent atrial fibrillation (AF) and evaluate the results.

Material and methods. Based on the Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery used spherical 64-pole and plate 64-pole electrodes to perform simultaneous endocardial and epicardial mapping of the LA in 13 patients with long-lasting persistent AF. The system "Biotok" (Russia) was used for mapping. A spherical electrode was inserted into the LA through the right superior pulmonary vein to construct the volume and map the LA from the endocardial surface. A plate electrode was alternately moved across all regions of the LA to construct the volume and map the epicardial surface. At the same time, electrograms were obtained, with the help of which the frequency spectrum and amplitude activity in each region of the LA were analyzed. Based on the results obtained.

Results. In patients with long-lasting persistent form of AF, the frequency spectrum and amplitude activity were low: on average, 3.06 ± 0.79 Hz and 0.29 ± 0.14 mV for the endocardial surface of the LA, 4.1 ± 1.06 Hz and 4.13 ± 2.32 mV for the epicardial surface of the LA, respectively. The correlation coefficient (r), equal to 0.99 for the endocardial surface of the LA and $r = 0.51$ for the epicardial surface of the LA, was obtained by analyzing the relationship of the frequency spectrum with the amplitude activity of the same regions of the LA. The correlation analysis of the frequency spectrum and amplitude activity from the endocardial and epicardial surfaces of the LA with the data of fibrous changes of the LA obtained during magnetic resonance imaging (MRI) was performed. At the same time, negative values of the correlation coefficient were revealed.

Conclusion. The technique of simultaneous epicardial and endocardial mapping of the LA was developed. The correlation of the distribution of frequency and amplitude activity in different regions of the LA in the long-lasting persistent form of AF was revealed, and the results obtained were compared with the data of fibrous changes of the LA determined during MRI. It is shown that in the long-lasting persistent form of AF in the LA, the frequency and amplitude activity have low values.

Key words: atrial fibrillation; endocardial mapping; epicardial mapping; simultaneous mapping.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным видом нарушения ритма сердца, которое встречается в 1–2% случаев в общей популяции. Более 6 млн европейцев страдают от этой аритмии, и ее распространенность, по различным оценкам, по крайней мере удвоится в течение следующих 50 лет с повышением возраста населения [1, 2].

Фибрилляция предсердий характеризуется нерегулярным и быстрым сокращением мышц предсердий, в результате чего происходит нарушение гемодинамики. Это проявляется такими симптомами, как головокружение, боль в груди, сердцебиение, нерегулярный пульс и слабость [3, 4].

Фибрилляция предсердий дает пятикратный риск развития инсульта, и каждый пятый ин-

сульт имеет отношение к этой аритмии [5]. Ишемические инсульты в сочетании с ФП часто приводят к летальному исходу, и те пациенты, которые выживают, чаще страдают от инсульта и его рецидивов, чем пациенты с другими причинами инсульта. В результате риск смерти от инсульта, связанного с ФП, удваивается, а стоимость лечения увеличивается в 1,5 раза [6, 7].

Но, несмотря на распространенность и всю серьезность данного заболевания, до сих пор неизвестны механизмы возникновения и поддержания ФП. Чтобы их определить, необходимо четко понимать особенности распространения электрического импульса по миокарду предсердий как со стороны эндокарда, так и со стороны эпикарда. Целью данного исследования является попытка более детального изучения этой аритмии путем применения одномоментного

эндокардиального и эпикардиального картирования левого предсердия (ЛП).

Классификация фибрилляции предсердий

Фибрилляция предсердий делится на несколько типов: впервые возникшая, пароксизмальная, персистирующая, длительно персистирующая и постоянная.

Впервые возникшей является первый зарегистрированный пароксизм ФП. Пароксизмальная форма ФП характеризуется повторяющимися эпизодами ФП длительностью до 7 дней, которые могут купироваться самостоятельно; при отсутствии лечения заболевание может прогрессировать и перейти в персистирующую форму. Персистирующая форма ФП длится более 7 дней, а само нарушение ритма не купируется спонтанно. Для восстановления синусового ритма необходимо проводить кардиоверсию (фармакологическую или электрическую).

К длительно персистирующей форме ФП относят нарушение ритма, длящееся более 1 года; попытки кардиоверсии либо не проводились, либо были безуспешны. При этой форме ФП врачи придерживаются стратегии восстановления синусового ритма. При постоянной форме ФП врач и пациент обоюдно решают, что восстанавливать синусовый ритм не имеет смысла, и проводится терапия по контролю частоты сердечного ритма [8].

Успех лечения ФП зависит от ее формы и тяжести состояния пациента. Лечение включает в себя стратегию контроля частоты ритма или стратегию управления ритмом [7, 9–15].

Стратегия управления частотой ритма заключается в попытке контролировать частоту сердечных сокращений без устранения основной аритмии. Она включает в себя фармакологическое лечение или абляцию атриовентрикулярного узла с постановкой однокамерного электрокардиостимулятора [7].

Стратегия управления ритмом заключается в кардиоверсии фармакологическим или электрическим путем. Повреждение ткани, которая генерирует аномальные асинхронные электрические импульсы, проводят с помощью криодеструкции, лазера, ультразвука, микроволновой или радиочастотной энергии [7]. При этом выполняются такие оперативные вмешательства, как катетерная абляция (относительно новая стратегия управления ритмом) [16–21], либо открытая хирургия с использованием искусствен-

ного кровообращения (ИК) (различные модификации операции «Лабиринт») [22, 23].

В настоящее время, учитывая активное развитие в мире вычислительных технологий, одним из наиболее перспективных методов диагностики ФП является технология трехмерного электроанатомического отображения. Принцип действия данной системы заключается в анализе изменения импеданса между электродами внутри сердца и электродами, находящимися на поверхности тела пациента. Тем самым программа дает возможность построить трехмерную модель любой камеры сердца, а также карту распространения электрического импульса в режиме реального времени [24, 25].

Очень важно понимать, каким образом происходит распространение патологического импульса во время пароксизма ФП как со стороны эндокарда, так и со стороны эпикарда. По нашему мнению, это должно помочь в понимании развития ФП. А это — ключ к успеху в попытке излечить пациента от данной сложной аритмии.

Материал и методы

Техника применения метода и пациенты, вошедшие в исследование

В 2018 г. в лаборатории интраоперационной диагностики и лечения аритмий НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева была впервые опробована система «Биоток» (Россия) для проведения одномоментного эндокардиального и эпикардиального картирования ЛП. Данная система включает в себя блок ЭВМ, мониторы вывода информации, пинбоксы для подключения разъемов от поверхностного ЭКГ-картирования и картирующих электродов (рис. 1).

Эндокардиальное картирование осуществляется при помощи 64-полюсного сферического basket-катетера, а эпикардиальное картирование — при помощи двух пластинчатых 64-полюсных электродов (рис. 2). Программа осуществляет считывание информации с эндокардиальной и эпикардиальной поверхностей ЛП и анализ электрограмм. Через правую верхнюю легочную вену (ЛВ) в полость ЛП вводится эндокардиальный basket-катетер, при помощи которого производится построение трехмерной модели ЛП. Один из эпикардиальных электродов используется в виде референта и подкладывается под сердце. Второй эпикардиальный электрод поочередно перемещается по поверхности ЛП и позиционируется на крыше, ушке ЛП,

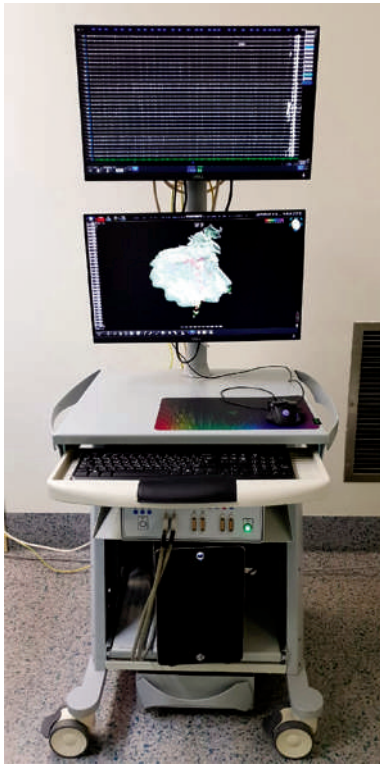


Рис. 1. Система «Биоток» для одномоментного эндокардиального и эпикардиального картирования

площадке ЛВ. В это время программа автоматически выстраивает объем ЛП с эпикардиальной поверхности.

Во время исследования происходит одновременная регистрация электрограмм с каждого униполярного электрода с эндокардиального basket-катетера и эпикардиального электрода, измерение амплитуды сигнала, его длительность,

частотные характеристики и др. Каждый униполярный электрод на трехмерной карте представлен в виде точки.

Так, в области площадки ЛВ с эндокардиальной поверхности каждую секунду идет регистрация электрограмм с 12 точек, в области крыши ЛП – с 16, в области ушка ЛП – с 10. С эпикардиальной поверхности каждую секунду идет регистрация электрограмм с 64 точек в каждой области (вся поверхность эпикардиального электрода).

Для наглядности картины каждая точка на трехмерной карте в зависимости от полученных значений маркируется различными цветами (цветовой градиент). Так, минимальные значения амплитуды сигнала (0,1–1,5 мВ) обозначаются красным цветом, а максимальные (до 10–11 мВ) – фиолетовым.

Затем происходит построение частотной карты. Это дает возможность программно и визуально оценить вовлеченность тех или иных анатомических областей ЛП в процесс фибрилляторной активности миокарда, а также сравнить амплитуду сигналов и их частотные характеристики в каждой конкретной точке.

В исследование вошли 13 пациентов с длительно персистирующей формой ФП с сопутствующей недостаточностью митрального (МК) и/или трикуспидального (ТК) клапанов. Пациенты, которым ранее выполнялось эндоваскулярное пособие в виде радиочастотной абляции (РЧА) ЛВ и правого перешейка, были исключены из исследования. Также в исследование не вошли пациенты с патологией аортального клапана и ишемической болезнью сердца.

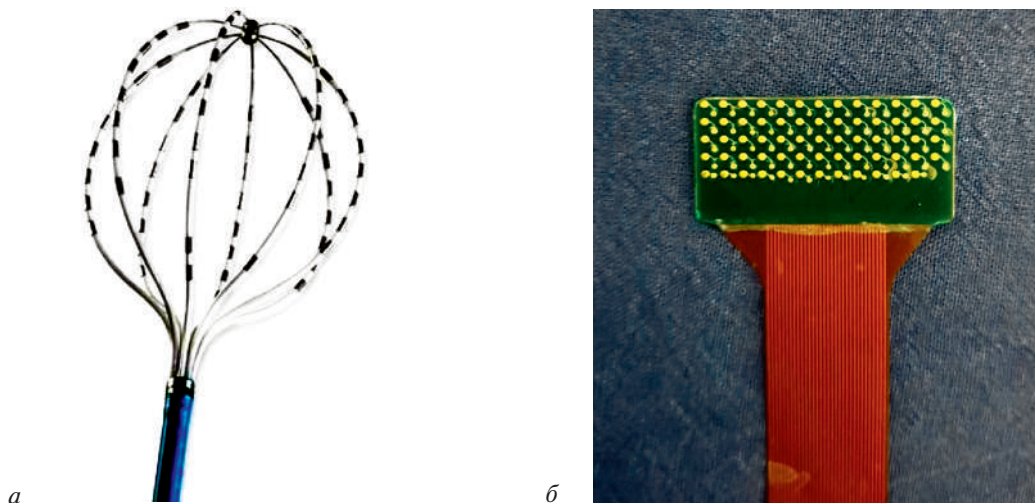


Рис. 2. Электроды, используемые для картирования левого предсердия:

а – 64-полюсный электрод Constellation (Boston Scientific, США) для эндокардиального картирования; *б* – пластинчатый 64-полюсный электрод для эпикардиального картирования

Среди 13 пациентов, вошедших в исследование, 8 (61,5%) были мужчины, 5 (38,5%) – женщины. Возраст пациентов в среднем составил $58 \pm 6,06$ года, продолжительность заболевания ФП от первого пароксизма до момента поступления пациента в стационар – $5,23 \pm 2,86$ года.

По данным компьютерной томографии (КТ), объем ЛП составил в среднем $216,38 \pm 60,31$ мл, индекс объема ЛП – $112,63 \pm 43,58$; диаметр правой верхней ЛВ (ПВЛВ) – $21,86 \pm 4,22$ мм, правой нижней ЛВ (ПНЛВ) – $19,86 \pm 2,79$ мм, левой верхней ЛВ (ЛВЛВ) – $21,43 \pm 1,4$ мм, левой нижней ЛВ (ЛНЛВ) – $18,29 \pm 3,35$ мм; преддверие ушка ЛП – $25 \pm 5,89$ мм.

По данным ЭхоКГ размеры ЛП в среднем составили $56,6 \pm 11,41/61,8 \pm 8,29$ мм, размеры правого предсердия (ПП) – $53,8 \pm 4,38/63,8 \pm 4,55$ мм. Диаметр кольца МК составил в среднем $37,29 \pm 3,99$ мм, степень недостаточности МК – $2,38 \pm 0,69$, пиковый градиент давления на МК – $6,1 \pm 4,1$ мм рт. ст. Конечный систолический размер (КСР) левого желудочка (ЛЖ) в среднем составил $38,57 \pm 5,91$ мм, конечный диастолический размер (КДР) ЛЖ – $53,14 \pm 6,74$ мм, конечный систолический объем ЛЖ – $64,81 \pm 25,2$ мл, конечный диастолический объем ЛЖ – $137,29 \pm 38,57$ мл, ударный объем ЛЖ – $71,58 \pm 28,08$ мл, фракция выброса (ФВ) ЛЖ – $53,19 \pm 10,31\%$. Диаметр кольца ТК составил в среднем $38,2 \pm 3,56$ мм, степень недостаточности ТК – $1,63 \pm 1,16$.

По данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), объем фиброзноизмененного миокарда ЛП в среднем составил $17,75 \pm 2,36\%$. При этом в отсроченные фазы контрастирования визуализировались участки фиброза в устье ПВЛВ у 3 (27,08%) пациентов, ПНЛВ – у 8 (61,54%) пациентов, ЛВЛВ – у 5 (38,46%) пациентов, ЛНЛВ – у 9 (69,23%) пациентов, в области межпредсердной перегородки (МПП) – у 7 (53,85%) пациентов, по задней стенке ЛП – у 11 (84,62%) пациентов, по боковой стенке ЛП – у 12 (92,31%) пациентов, по передней стенке ЛП – у 2 (15,38%) пациентов, по крыше ЛП – у 1 (7,69%) пациента и возле кольца МК – у 1 (7,69%) пациента.

До обращения в НИИССХ им. А.Н. Бакулева у 10 (76,92%) пациентов проводилось лечение ФП только антиаритмическими препаратами III класса по классификации Vaughan Williams, у 3 (23,08%) пациентов – препаратами IC, II класса в сочетании с препаратами III класса. У всех 13 (100%) пациентов антиаритмическая терапия была неэффективна.

Одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование

После проведения всех подготовительных мероприятий перед обработкой операционного поля к пациенту прикрепляются специальные референтные электроды, необходимые для визуализации электродов, картирующих ЛП, и построения трехмерной модели предсердия, а также электроды для поверхностного ЭКГ-картирования.

В систему вносятся данные о пациенте, после чего происходит запуск модуля электрофизиологии. В настройках системы выбирается схема для баскет-катетера, состоящая из 64 униполярных электродов, а также схема для двух эпикардиальных пластин, состоящих из 64 униполярных электродов.

В настройках карты выбирается «новый объект», которому присваивается имя нужной камеры сердца («LA» – left atrium), после этого настраивается режим отображения («анатомический») и параметр активации («вольтаж»). Все электроды подключаются к системе через специальный пинбокс.

После вскрытия перикарда, введения гепарина, канюляции аорты и ПП всем пациентам было выполнено одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование ЛП на фоне ФП. Для этого под сердце подкладывается один эпикардиальный 64-полюсный электрод, который используется в виде референта.

Этот 64-полюсный эпикардиальный электрод состоит из пластины размером 17×33 мм, на которой расположены 64 униполярных электрода, кабеля и коннекторной части. Электроды расположены компактно на площадке размером 11×32 мм (12 столбцов по 5 электродов и 1 столбец с 4 электродами). Каждый электрод имеет круглую форму диаметром 1 мм. Межэлектродное расстояние составляет 1,5 мм. Длина каждого эпикардиального электрода до коннекторной части составляет 190 см (см. рис. 2).

Затем через ПВЛВ в полость ЛП вводится 64-полюсный баскет-катетер Constellation Full Contact Mapping Catheter (Boston Scientific, США). Данный 64-полюсный катетер имеет 8 лепестков, на каждом из которых имеется 8 униполярных электродов. При этом на каждом лепестке имеется 1 электрод, длина которого составляет 3 мм, и 7 электродов, длина каждого из которых 2 мм. Межэлектродное расстояние составляет 4 мм. Катетер имеет изменяемый диаметр раз-

мером от 8 Fr (2,64 мм) в свернутом состоянии до 70 мм в развернутом состоянии. Диаметр каждого лепестка, а значит и электродов, составляет 1 Fr (0,33 мм). Длина катетера от коннекторной части до бaskета составляет 130 см (см. рис. 2).

Далее с помощью basket-катетера производится сбор точек и создается трехмерная модель ЛП. Для этого basket-катетер с поворотом вокруг своей оси перемещают внутри ЛП во все стороны таким образом, чтобы лепестки электрода касались стенок ЛП (рис. 3). Затем basket-катетер фиксируется для исключения его смещения.

После этого второй 64-полюсный эпикардиальный электрод поочередно перемещается в область правых и левых ЛВ, по крыше ЛП, над ушком ЛП. Запись в каждом месте производится в течение 30 с. При этом в режиме реального времени происходит регистрация (в виде значения амплитуды сигнала под каждым униполярным электродом) и визуализация активности ЛП (в виде различной цветовой гаммы каждой точки) как с эндокардиальной, так и с эпикардиальной поверхностей (рис. 4). Одновременно с этим к имеющейся трехмерной карте, созданной эндокардиальным электродом, достраивается эпикардиальная часть ЛП (см. рис. 3). Тем самым происходит визуализация в реальном времени значений амплитуды сигналов с эндокардиальной и эпикардиальной поверхностей.

Так как программа «запоминает» различные характеристики каждой точки (амплитуда сигнала, его длительность, частотные характеристики и др.), то, используя эту же запись, можно

построить и частотную карту. Для этого параметр активации меняется на «частота». Далее снова включается запись эндограмм, которая сохранилась во время регистрации и построения вольтажной карты.

Анатомически размеры и конфигурация трехмерной модели ЛП при этом абсолютно не изменяются, так как компьютер строит частотную карту в том же времени и с тех же самых точек, которые были собраны ранее при построении вольтажной карты (см. рис. 4).

Таким образом, можно сопоставить как распределение амплитуды сигнала во время ФП, так и распределение доминантных частот.

Анализ полученных данных

Все показатели каждой конкретной точки (частотные характеристики, амплитуда сигнала) «выводятся» программой «Биоток» в электронных таблицах. Для обработки и анализа данных использовались программы Microsoft Excel 2016, IBM SPSS Statistics 23.

Проводился анализ частотного спектра и амплитуды сигнала в каждой полученной точке с эндокардиального и эпикардиального электродов в течение 30 с. Частотный спектр программа анализирует по формуле быстрого преобразования Фурье.

Значения полученных амплитуд сигналов программа распределяет по цветам радуги (от красного – минимальные значения до фиолетового – максимальные значения) и маркирует каждую точку в соответствующий цвет. Значения

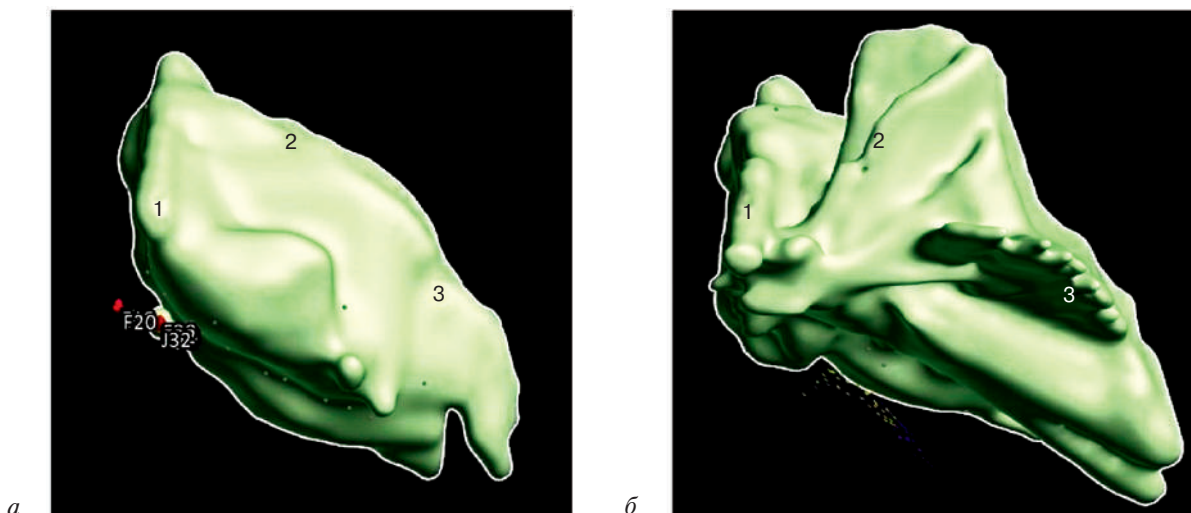


Рис. 3. Трехмерная модель левого предсердия, переднезадняя проекция: *а* – построена при помощи эндокардиального basket-катетера; *б* – достроена к эндокардиальной модели при помощи эпикардиального пластинчатого электрода.

1 – область площадки легочных вен; 2 – область крыши левого предсердия; 3 – область ушка левого предсердия

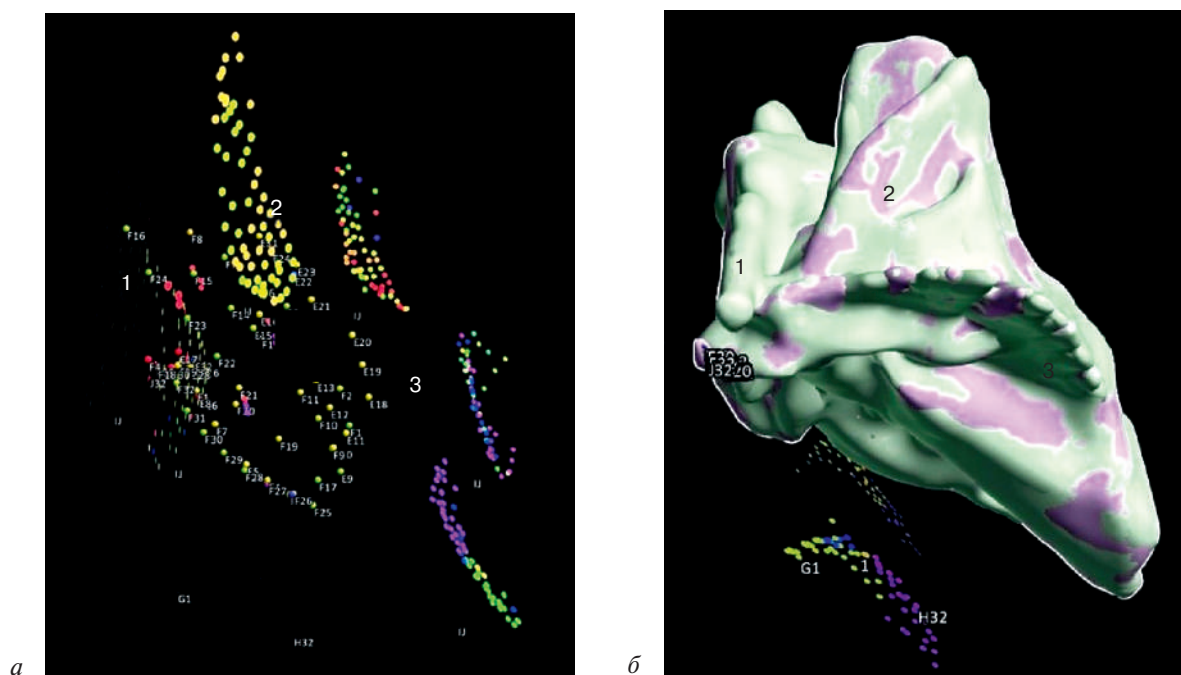


Рис. 4. Амплитудная и частотная карты левого предсердия во время одномоментного эндокардиального и эпикардиального картирования:

a – переднезадняя проекция амплитудной карты левого предсердия. Для удобства визуализации всех точек трехмерная модель левого предсердия удалена. На рисунке – слепки с эпикардиальных электродов и точки от basket-катетера. Также под сердцем расположен референтный электрод (G1-H32). Точки в зависимости от амплитудной активности маркируются по цветам радуги от красного (минимальные значения) к фиолетовому (максимальные значения); *б* – переднезадняя проекция частотной карты левого предсердия. Так как при длительно персистирующей форме ФП частотный спектр и амплитуда сигнала имеют низкие показатели, для наглядности диффузности распределения частотного спектра на построенной карте программа показывает все области, где значения более 3,0 Гц (сиреневый цвет).

1 – область площадки легочных вен; 2 – область крыши левого предсердия; 3 – область ушка левого предсердия

более 5,5 мВ (обозначаются от голубого к фиолетовому цвету) мы принимаем за доминантные.

При сохранении доминантных значений частотного спектра и амплитудной активности сигналов во время всей 30-секундной записи эти области активации мы расцениваем как стабильные.

После регистрации цифровых значений частотного спектра и амплитуды сигнала по эндокардиальной и эпикардиальной поверхности различных областей ЛП мы сопоставили эти результаты. Также проведен корреляционный анализ частотного спектра и амплитуды сигнала в одних и тех же областях ЛП в течение одного и того же времени и сопоставление этих данных с данными, полученными при проведении МРТ.

Результаты

Интраоперационное одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование ЛП проведено 13 (100%) пациентам. Среднее время исследования от момента постановки эндокардиального электрода до получения спектра

распределения доминантных частот и амплитудной активности (включая время обработки электрограмм программой с выводом трехмерной картины ЛП) составило $18,35 \pm 7,02$ мин. На основании полученных данных компьютерного анализа электрограмм с помощью быстрого преобразования Фурье и анализа амплитудной активности у всех пациентов были получены значения частотного спектра и амплитуд активности по 64 униполярным электродам с эндокардиальной и по 64 униполярным электродам с эпикардиальной поверхности ЛП по 30 с.

У пациентов с длительно персистирующей формой ФП значения частотного спектра и амплитудной активности оказались низкими: соответственно в среднем $3,06 \pm 0,79$ Гц и $0,29 \pm 0,14$ мВ для эндокардиальной поверхности ЛП, $4,1 \pm 1,06$ Гц и $4,13 \pm 2,32$ мВ – для эпикардиальной. При этом максимальное значение частотного спектра с эндокардиальной поверхности составило 4,11 Гц, с эпикардиальной – 6,42 Гц; максимальное значение амплитудной

активности с эндокардиальной поверхности составило 0,6 мВ, с эпикардиальной – 7,64 мВ.

Значений частотного спектра более 5,5 Гц не получено как с эндокардиальной поверхности ЛП, так и с эпикардиальной. Доминантных значений амплитудной активности (более 5,5 мВ) с эндокардиальной поверхности ЛП не получено, в то время как с эпикардиальной поверхности ЛП доминантные значения амплитудной активности (более 5,5 мВ) получены в 25 точках вокруг ушка ЛП и в 51 точке вокруг левых ЛВ.

Средние значения частотного спектра при длительно персистирующей форме ФП с эндокардиальной поверхностью ЛП соответственно составили: вокруг левых легочных вен – $3,12 \pm 0,36$ и $5,32 \pm 0,86$ Гц, вокруг правых легочных вен – $3,16 \pm 0,42$ и $3,78 \pm 0,77$ Гц; в области ушка ЛП – $3,18 \pm 0,32$ и $3,13 \pm 0,51$ Гц; на крыше ЛП – $3,57 \pm 0,27$ и $4,17 \pm 0,59$ Гц.

Средние значения амплитудной активности при длительно персистирующей форме ФП с эндокардиальной поверхности ЛП и с эпикардиальной поверхности ЛП соответственно составили: вокруг левых легочных вен – $0,25 \pm 0,15$ и $6,07 \pm 1,13$ мВ, вокруг правых легочных вен – $0,26 \pm 0,1$ и $4,42 \pm 0,12$ мВ; в области ушка ЛП – $0,26 \pm 0,14$ и $5,37 \pm 0,94$ мВ; на крыше ЛП – $0,36 \pm 0,17$ и $4,5 \pm 0,76$ мВ.

Для оценки связи полученных данных проведен корреляционный анализ частотного спектра, амплитуды сигнала в одних и тех же областях ЛП в течение одного и того же времени, а также фиброзных изменений ЛП, выявленных по МРТ.

При анализе связи частотного спектра с амплитудной активностью одних и тех же областей ЛП получен коэффициент корреляции Пирсона $r=0,99$ для эндокардиальной поверхности ЛП (что говорит о весьма высокой прямой корреля-

ционной связи по шкале Чеддока) и $r=0,51$ – для эпикардиальной (что говорит о заметной прямой корреляционной связи по шкале Чеддока).

Выполнен корреляционный анализ частотного спектра со стороны эндокардиальной поверхности ЛП с частотным спектром со стороны эпикардиальной поверхности ЛП в одних и тех же областях ЛП. При этом получен $r=-0,07$. Исходя из шкалы Чеддока, $r \approx 0$, что говорит о том, что линейной корреляции в данном случае нет.

Выполнен корреляционный анализ амплитудной активности со стороны эндокардиальной поверхности ЛП с амплитудной активностью со стороны эпикардиальной поверхности ЛП в одних и тех же областях ЛП. При этом получен $r=-0,57$. Исходя из шкалы Чеддока $r=(-0,7)-(-0,5)$, можно говорить о заметной обратной корреляционной связи.

Выполнен корреляционный анализ частотного спектра со стороны эндокардиальной поверхности ЛП с данными о фиброзных изменениях ЛП по МРТ. При этом получен $r=-0,87$. Исходя из шкалы Чеддока $r=(-0,9)-(-0,7)$ можно говорить о высокой обратной корреляционной связи.

Выполнен корреляционный анализ частотного спектра со стороны эпикардиальной поверхности ЛП с данными о фиброзных изменениях ЛП по МРТ. При этом получен $r=-0,12$. Исходя из шкалы Чеддока $r=(-0,3)-(-0,1)$, можно говорить о слабой обратной корреляционной связи.

Выполнен корреляционный анализ амплитудной активности со стороны эндокардиальной поверхности ЛП с данными о фиброзных изменениях ЛП по МРТ. При этом получен $r=-0,91$. Исходя из шкалы Чеддока $r=(-1,0)-(-0,9)$, можно говорить о весьма высокой обратной корреляционной связи.

Значения коэффициента корреляции при сравнении амплитудной, вольтажной характеристик и фиброзных изменений миокарда левого предсердия с эндокардиальной и эпикардиальной поверхностями у пациентов с длительно персистирующей формой фибрилляции предсердий

Параметр	Амплитудная активность		Частотная активность		Фиброз по МРТ
	эндокарда	эпикарда	эндокарда	эпикарда	
Амплитудная активность					
эндокарда	–	–0,57	0,99	–	–0,91
эпикарда	–0,57	–	–	0,51	–0,69
Частотная активность					
эндокарда	0,99	–	–	–0,07	–0,87
эпикарда	–	0,51	–0,07	–	–0,12
Фиброз по МРТ	–0,91	–0,69	–0,87	–0,12	–

Выполнен корреляционный анализ амплитудной активности со стороны эпикардиальной поверхности ЛП с данными о фиброзных изменениях ЛП по МРТ. При этом получен $r = -0,69$. Исходя из шкалы Чеддока $r = (-0,7) - (-0,5)$, можно говорить об обратной прямой корреляционной связи (см. таблицу).

Обсуждение

S. Verheule et al. в 2014 г. исследовали роль эндоэпикардиальной диссоциации электрической активности и трансмуральной проводимости в развитии персистирующей ФП. Они показали, что нейрогуморальная активация, старение и хроническое растяжение активируют различные сигнальные пути, приводящие к электрическому и структурному ремоделированию. В частности, эндомизиальный фиброз в эпикардиальном слое, который также возникает в результате самой ФП, может нарушать электрические связи между мышечными пучками. Это приводит к электрической диссоциации не только внутри эпикардиального слоя, но и между эпикардиальным и эндокардиальным слоями [26].

P. Kuklik et al. в 2014 г. выполнили эндоэпикардиальное картирование у 6 человек во время индуцированной пароксизмальной формы ФП в ПП с использованием 2 наборов пластин. Для каждого электрода рассчитывали среднюю фазовую когерентность со всеми электродами на противоположной стороне стенки предсердия. При этом была выявлена линейная корреляция между эндокардиальной и эпикардиальной пластинами ($r = 0,34$) [27]. Стоит отметить, что по шкале Чеддока $r = 0,3 - 0,5$ означает слабую прямую коррелятивную связь. Но, скорее всего, при увеличении количества исследуемых эти данные изменятся.

В нашем исследовании у пациентов с длительно персистирующей формой ФП мы выявили прямую корреляционную связь между изменением частотного спектра и амплитудой активации как на эндокардиальной, так и на эпикардиальной поверхности ЛП. Но при сравнении амплитудной активности эндокарда и эпикарда в одних и тех же областях ЛП была получена отрицательная корреляционная связь. Также при сравнении амплитудной активности и частотного спектра с данными фиброзных изменений ЛП по МРТ мы выявили отрицательную корреляционную связь как со стороны эндокарда, так и со стороны эпикарда.

Учитывая в представленной выборке пациентов увеличенные объемы ЛП ($216,38 \pm 60,31$ мл), достаточно большие объемы фиброзноизмененного миокарда ЛП ($17,75 \pm 2,36\%$) и длительность ФП ($5,23 \pm 2,86$ года), можно сделать вывод, что с увеличением длительности заболевания и возникновением структурных изменений ЛП уменьшается частотный спектр и амплитудная активность миокарда ЛП (в среднем $3,06 \pm 0,79$ Гц и $0,29 \pm 0,14$ мВ для эндокардиальной, $4,1 \pm 1,06$ Гц и $4,13 \pm 2,32$ мВ для эпикардиальной поверхностей ЛП соответственно). При этом стоит отметить, что с возникновением фиброзной ткани эта обратная корреляционная связь более сильна со стороны эндокардиальной поверхности ЛП, чем со стороны эпикардиальной ($r = -0,87$ и $r = -0,12$ соответственно для частотного спектра и $r = -0,91$ и $r = -0,69$ — для амплитудной активности).

Заключение

На сегодняшний день истинная причина развития и поддержания ФП неизвестна. Поэтому ФП изучают путем различных фундаментальных, молекулярных, электрофизиологических и других методов исследования.

Одним из наиболее интересных методов исследования и движения по пути изучения ФП нам видится одномоментное эндокардиальное и эпикардиальное картирование предсердий.

Прогрессивное структурное ремоделирование приводит к усилению диссоциации эпикардиальных и эндокардиальных паттернов активации. Эндоэпикардиальная диссоциация позволяет волнам фибрилляции распространяться между эпикардом и эндокардом и становиться видимыми, как «прорывные волны», которые увеличивают общую сложность фибриллярной проводимости и, следовательно, стабильность ФП. Этот процесс значительно увеличивает эффективную площадь поверхности, доступную для волн фибрилляции. В этих условиях эктопическая активность, возникающая, например, в легочных венах, может вызывать более длительные эпизоды ФП.

Исследования с использованием одномоментного эндоэпикардиального картирования ФП позволяют предположить, что диссеминированные, нерегулярные и неповторяющиеся эктопические очаговые разряды могут также возникать во время ФП.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список [References]

1. Kirchhof P., Auricchio A., Bax J. et al. Outcome parameters for trials in atrial fibrillation: executive summary. Recommendations from a consensus conference organized by the German Atrial Fibrillation Competence NETwork (AFNET) and the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur. Heart J.* 2007; 28: 2803–17. DOI: 10.1093/eurheartj/ehm358
2. Naccarelli G.V., Varker H., Lin J., Schulman K.L. Increasing prevalence of atrial fibrillation and flutter in the United States. *Am. J. Cardiol.* 2009; 104: 1534–9. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.07.022
3. Бокерия О.Л., Юркулиева Г.А. Эффективность и влияние современных методов лечения на качество жизни пациентов с различными формами фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2017; 14 (4): 211–20. DOI: 10.15275/annaritmol.2017.4.4 [Bockeria O.L., Yurkulieva G.A. Effectiveness and impact of modern af-treatment methods on quality of life in patients with different forms of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology).* 2017; 14 (4): 211–20. DOI: 10.15275/annaritmol.2017.4.4 (in Russ.).]
4. Knecht S., Oelschlaeger C., Duning T. et al. Atrial fibrillation in stroke-free patients is associated with memory impairment and hippocampal atrophy. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 2125–32. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn341
5. Andersson T., Magnuson A., Bryngelsson I.L. et al. All-cause mortality in 272,186 patients hospitalized with incident atrial fibrillation 1995–2008: a Swedish nationwide long-term case-control study. *Eur. Heart J.* 2013; 34: 1061–7. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs469
6. 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: 423–34. DOI: 10.1093/europace/eun369
7. Rodgers M., McKenna C., Palmer S. et al. Curative catheter ablation in atrial fibrillation and typical atrial flutter: systematic review and economic evaluation. *Health Technology Assessment.* 2008; 12: 1–8. DOI: 10.3310/hta12340
8. Диагностика и лечение фибрилляции предсердий. В кн: Клинические рекомендации по проведению электрофизиологических исследований, катетерной абляции и применению имплантируемых антиаритмических устройств. 4-е издание. М.; 2017: 463–701. [Diagnostics and treatment of atrial fibrillation. In: Clinical guidelines for the conduct of electrophysiological studies, catheter ablation and the use of implantable antiarrhythmic devices 4th ed. Moscow; 2017: 463–701 (in Russ.).]
9. Roy D., Talajic M., Nattel S. et al. Rhythm control versus rate control for atrial fibrillation and heart failure. *N. Engl. J. Med.* 2008; 358: 2667–77. DOI: 10.1056/NEJMoa0708789
10. Van Gelder I.C., Groeneweld H.F., Crijns H.J. et al. Lenient versus strict rate control in patients with atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2010; 362: 1363–73. DOI: 10.1056/NEJMoa1001337
11. Kirchhof P., Andresen D., Bosch R. et al. Short-term versus long-term antiarrhythmic drug treatment after cardioversion of atrial fibrillation (Flec-SL): a prospective, randomised, open-label, blinded endpoint assessment trial. *Lancet.* 2012; 380: 238–46. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60570-4
12. Lafuente-Lafuente C., Longas-Tejero M.A., Bergmann J.F., Belmin J. Antiarrhythmics or maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015; 3: CD005049. DOI: 10.1002/14651858.CD005049.pub4
13. Al-Khatib S.M., Allen LaPointe N.M., Chatterjee R. et al. Rate- and rhythm-control therapies in patients with atrial fibrillation: a systematic review. *Ann. Intern. Med.* 2014; 160: 760–73. DOI: 10.7326/M13-1467
14. Chatterjee S., Sardar P., Lichstein E. et al. Pharmacologic rate versus rhythm-control strategies in atrial fibrillation: an updated comprehensive review and meta-analysis. *PACE.* 2013; 36: 122–33. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2012.03513.x
15. Kotecha D., Kirchhof P. Rate and rhythm control have comparable effects on mortality and stroke in atrial fibrillation but better data are needed. *Evid. Based Med.* 2014; 19: 222–3. DOI: 10.1136/ebmed-2014-110062
16. Arbelo E., Brugada J., Hindricks G. et al. The Atrial Fibrillation Ablation Pilot Study Investigators. The atrial fibrillation ablation pilot study: a European Survey on Methodology and results of catheter ablation for atrial fibrillation conducted by the European Heart Rhythm Association. *Eur. Heart J.* 2014; 35: 1466–78. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu001
17. Calkins H., Reynolds M.R., Spector P. et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2: 349–61. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.824789
18. Noheria A., Kumar A., Wylie J.V., Jr., Josephson M.E. Catheter ablation vs anti-arrhythmic drug therapy for atrial fibrillation: a systematic review. *Arch. Intern. Med.* 2008; 168: 581–6. DOI: 10.1001/archinte.168.6.581
19. Jais P., Cauchemez B., Macle L. et al. Catheter ablation versus antiarrhythmic drugs for atrial fibrillation: the A4 study. *Circulation.* 2008; 118: 2498–505. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772582
20. Cosedis Nielsen J., Johannessen A., Raatikainen P. et al. Radiofrequency ablation as initial therapy in paroxysmal atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2012; 367: 1587–95. DOI: 10.1056/NEJMoa1113566
21. Mujović N., Marinković M., Lenarczyk R. et al. Catheter ablation of atrial fibrillation: an overview for clinicians. *Adv. Ther.* 2017; 34 (8): 1897–17. DOI: 10.1007/s12325-017-0590-z
22. Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д. Лечение фибрилляции предсердий. Часть I. Долгий путь к «золотому стандарту». *Анналы аритмологии.* 2014; 11 (2): 64–76. DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.1 [Bockeria L.A., Shengelia L.D. Treatment of atrial fibrillation. Part I. Long way to the gold standart. *Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology).* 2014; 11 (2): 64–76 (in Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.1]
23. Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д. Лечение фибрилляции предсердий. Часть II. Сегодняшние реалии и завтрашние перспективы. *Анналы аритмологии.* 2014; 11 (2): 76–86. DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.2 [Bockeria L.A., Shengelia L.D. Treatment of atrial fibrillation. Part II. Current realities and future prospects. *Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology).* 2014; 11 (2): 76–86. DOI: 10.15275/annaritmol.2014.2.2 (in Russ.).]
24. Филатов А.Г., Голухова Е.З., Рябинина М.Н. и др. Случай успешной радиочастотной абляции атипичного левопредсердного трепетания с использованием системы трехмерной нефлюороскопической навигации SJM EnSite Velocit. *Креативная кардиология.* 2014; 2: 60–70. [Filatov A.G., Golukhova E.Z., Ryabinina M.N. et al. Successful radiofrequency ablation of atypical left atrial flutter via three-dimensional nonfluoroscopic navigational system SJM EnSite Velocity: a case report. *Creative Cardiology.* 2014; 2: 60–70 (in Russ.).]
25. Lim P., Toh J., Loh J. et al. Remote magnetic catheter navigation versus conventional ablation in atrial fibrillation ablation: Fluoroscopy reduction. *J. Arrhythm.* 2017; 33 (3): 167–71. DOI: 10.1016/j.joa.2016.08.007
26. Verheule S., Eckstein J., Linz D. et al. Role of endo-epicardial dissociation of electrical activity and transmural conduction in the development of persistent atrial fibrillation. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 2014; 115 (2–3): 173–85. DOI: 10.1016/j.pbiomolbio.2014.07.007
27. Kuklik P., Bidar E., Gharaviri A. et al. Application of phase coherence in assessment of spatial alignment of electrodes during simultaneous endocardial-epicardial direct contact mapping of atrial fibrillation. *Europace.* 2014; 16: 135–40. DOI: 10.1093/europace/euu247

Поступила 20.11.2020

Принята к печати 28.11.2020