

Рубрика: неинвазивная аритмология

© С.М. МАГОМЕДОВА, О.В. СОПОВ, Н.Н. ЛОМИДЗЕ, И.В. ПРОНИЧЕВА,
Е.С. КОТАНОВА, С.Ю. СЕРГУЛАДЗЕ, 2017

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2017

УДК 616.12-008.46-036.12:616.172.3]-073.97

DOI: 10.15275/annaritmol.2017.4.3

РОЛЬ НЕИНВАЗИВНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СЕРДЕЧНЫХ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

Тип статьи: оригинальная статья

С.М. Магомедова, О.В. Сопов, Н.Н. Ломидзе, И.В. Проничева, Е.С. Котанова, С.Ю. Сергуладзе

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

Магомедова Сукайнат Магомедовна, сердечно-сосудистый хирург, E-mail: magomedova.sonya@list.ru;

Сопов Олег Валентинович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург;

Ломидзе Николай Нугзарович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург;

Проничева Ирена Владимировна, канд. мед. наук, кардиолог;

Котанова Евгения Савовна, канд. мед. наук, кардиолог;

Сергуладзе Сергей Юрьевич, доктор мед. наук, ст. науч. сотр., зам. заведующего отделением

Цель. Определить возможности применения новой трехмерной технологии поверхностного электрокардиографического (ЭКГ) картирования в оптимизации работы сердечных кардиоресинхронизирующих устройств у пациентов с хронической сердечной недостаточностью.

Материал и методы. В исследование были включены 29 пациентов (17 мужчин и 12 женщин, средний возраст – $62,2 \pm 8,8$ года) с хронической сердечной недостаточностью и полной блокадой левой ножки пучка Гиса. Всем больным выполняли первичную имплантацию сердечного кардиоресинхронизирующего устройства, в срок до 6 мес после имплантации проводили трехмерное неинвазивное поверхностное ЭКГ-картирование с дальнейшей оценкой полученных результатов.

Результаты. По результатам нашего исследования, у всех 20 респондеров расстояние от зоны поздней активации до левожелудочкового электрода не превышало $6 (4,0 \pm 2,3)$ см. Семь (24%) пациентов не ответили на ресинхронизирующую терапию, при этом у данной категории больных расстояние от левожелудочкового электрода до точки поздней электрической активации составило от 7 до 12 см. Им предполагается проведение имплантации эпикардального левожелудочкового электрода для стимуляции зоны поздней активации. Два (7%) пациента явились нереспондерами в связи с невозможностью одновременного достижения механической и электрической синхронии при полном совпадении расположения левожелудочкового электрода с точкой поздней электрической активации. Отсутствие ответа у этих 2 больных показывает, что электрическая синхронность не всегда коррелирует с клиническим улучшением. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что у больных с хронической сердечной недостаточностью, которые получают сердечную ресинхронизирующую терапию, применение неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования позволяет снизить класс сердечной недостаточности, улучшить качество жизни, а использование этого метода на дооперационном этапе даст возможность прогнозировать эффективность сердечной ресинхронизирующей терапии (выявлять потенциальных респондеров и нереспондеров).

Заключение. Современная система неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования с высокой точностью определяет локализацию наиболее поздней электрической активации левого желудочка,

позволяет выявить анатомические особенности строения венозной системы сердца, что дает возможность имплантировать левожелудочковый электрод в оптимальную зону, тем самым увеличивая эффективность проводимой ресинхронизирующей терапии. При невыполнимости эндокардиальной постановки левожелудочкового электрода (отсутствие венозного подхода, невозможность одновременного достижения механической и электрической синхронии вследствие как обширности рубцовой зоны, так и анизотропии миокарда) методика позволяет определить показания к эпикардиальной имплантации.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность; неинвазивное поверхностное компьютерное картирование сердца; полная блокада левой ножки пучка Гиса; диссинхрония; мультиспиральная компьютерная томография.

THE ROLE OF NON-INVASIVE SURFACE ELECTROCARDIOGRAPHIC MAPPING IN OPTIMIZATION OF CARDIORESYNCHRONIZING DEVICES FUNCTIONING IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE

S.M. Magomedova, O.V. Sopov, N.N. Lomidze, I.V. Pronicheva, E.S. Kotanova, S.Yu. Serguladze

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

Magomedova Sukaynat Magomedovna, Cardiovascular Surgeon, E-mail: magomedova.sonya@list.ru;
Sopov Oleg Valentinovich, Cand. Med. Sc., Cardiovascular Surgeon;
Lomidze Nikolay Nugzarovich, Cand. Med. Sc., Cardiovascular Surgeon;
Pronicheva Irena Vladimirovna, Cand. Med. Sc., Cardiologist;
Kotanova Evgeniya Savovna, Cand. Med. Sc., Cardiologist;
Serguladze Sergey Yur'evich, Dr. Med. Sc., Senior Researcher, Deputy Head of Department

Objective. To identify the possibilities of new 3D technology of surface electrocardiographic (ECG) mapping in optimisation of cardiac resynchronization therapy (CRT) devices and CRT-defibrillators (CRT-D) functioning in patients with chronic heart failure.

Material and methods. The study included 29 patients (17 males, 12 females, mean age 62.2 ± 8.8 years) with chronic heart failure and complete left bundle branch block. All patients underwent CRT-D implantation with non-invasive surface ECG mapping within 6 months after the procedure.

Results. According to our data, in 20 responders, the distance between left ventricular (LV) electrode and the latest LV activation site did not exceeded 6 cm (4.0 ± 2.3 cm). Seven (24%) patients were non-responders, and the distance between LV electrode and the latest LV activation site was 7–12 cm. In these patients possible epicardial LV electrode implantation is to be discussed. Two (6.9%) patients were non-responders due to impossibility of simultaneous achievement of mechanical and electrical synchrony in the complete coincidence of the LV electrode location and the point of late electrical activation. The lack of response in these two patients shows that electrical synchrony is not always correlated with clinical improvement. On the basis of the results obtained we can conclude that in patients with chronic heart failure who receive a cardiac resynchronization therapy using non-invasive surface ECG mapping allows to reduce the class of heart failure, improve quality of life, and the use of this method in the preoperative stage will predict the effectiveness of cardiac resynchronization therapy (allowing to identify potential responders and non-responders).

Conclusion. Modern system of 3D surface ECG mapping is able to determine the latest site of LV activation with high accuracy, it also can assess the heart venous system for optimal LV electrode site implantation, thus increasing cardiac resynchronization therapy effectiveness. In case of impossibility of LV endocardial electrode positioning (the absence of venous approach, unattainable simultaneous achievement of mechanical and electrical synchrony as a consequence of extensive scar area, or myocardium anisotropy), the technique allows to determine the indications for epicardial LV implantation.

Keywords: chronic heart failure; non-invasive surface epi- and endocardial mapping; left bundle branch block; myocardial dyssynchrony; multispiral computed tomography.

Введение

Лечение хронической сердечной недостаточности (ХСН) представляет собой актуальную проблему современного здравоохранения, учитывая все возрастающее количество пациентов, страдающих этим клиническим

синдромом. В США, по данным Фремингемского исследования, около 5 млн человек (2,3% населения США старше 20 лет) страдают ХСН, а ежегодная заболеваемость достигает 550 тыс. случаев [1]. Согласно результатам крупных европейских исследований, в Европе зарегистрировано 6,5 млн больных ХСН

и наблюдается ежегодный прирост в 580 тыс. новых случаев [2].

В России, по данным эпидемиологических исследований, встречаемость ХСН достигает около 6% в общей популяции, что превышает подобные зарубежные данные в 2–3 раза. При этом до 3 млн больных имеют терминальные классы ХСН (III–IV ФК по NYHA) [3–5]. Анализ ряда исследований показывает, что ситуация с ХСН осложняется крайне неблагоприятным прогнозом: 1-летняя смертность при симптоматической ХСН варьирует в пределах 26–29%, достигая 80% к 3 годам наблюдения у больных со II–III ФК. Обнаружено, что в течение 5 лет после начала ХСН и полного курса медикаментозной терапии среди мужчин частота летальных исходов выше (62%), чем среди женщин (42%). Необходимо отметить, что уровень выживаемости при ХСН сопоставим с подобным показателем при ряде онкологических заболеваний, таких как рак молочной железы, толстой кишки и предстательной железы. Также следует подчеркнуть, что больные сердечной недостаточностью III ФК имеют значительно более плохой прогноз жизни, чем больные раком легкого III стадии [6].

Лечебные и диагностические мероприятия для пациентов с ХСН как в России, так и в зарубежных странах связаны с огромными затратами системы здравоохранения и общества в целом, которые имеют тенденцию к росту. В США расходы на лечение ХСН в 2013 г. составили 21 млрд долларов и превысили затраты на лечение острого инфаркта миокарда и онкологии, вместе взятых. По данным расчетов на 2013 г., в России прямые и непрямые затраты на лечение ХСН достигли 135 млрд рублей, то есть 4,2 млрд долларов [7].

В настоящее время общепринятым «золотым стандартом» лечения больных ХСН с сопутствующей блокадой левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) является сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ), проводимая путем имплантации специальных устройств, которые позволяют реализовать бивентрикулярную стимуляцию. Однако необходимо отметить, что данная стратегия не исключает одновременно проводимой правильно подобранной консервативной терапии [8, 9]. Как известно, у пациентов с БЛНПГ имеются нарушения процесса электрической активации миокарда как левого (ЛЖ), так и правого (ПЖ) желудочков сердца, которые влияют непосредственно на гемодина-

мику и сердечный выброс. Механически наличие БЛНПГ приводит к нарушению распространения электрического импульса, который, учитывая сохранившееся проведение по правой ножке пучка Гиса, распространяется с миокарда ПЖ на ЛЖ. Следствием этого является снижение скорости проведения электрического импульса по миокарду ЛЖ. У пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами при изолированной правожелудочковой стимуляции время активации миокарда ПЖ и ЛЖ увеличивается еще сильнее. Это ведет к развитию нарушения синхронности в работе сердца. Различают несколько видов диссинхронии в работе желудочков сердца: межжелудочковая и внутрижелудочковая. Основным проявлением различного типа диссинхроний с одновременным наличием БЛНПГ является расширение комплекса *QRS* более 120 мс, что, по данным различных источников, выявляется у 15–25% всех больных ХСН. Причем частота встречаемости расширенного *QRS*-комплекса напрямую зависит от степени тяжести клинических проявлений ХСН (при высоких классах сердечной недостаточности по NYHA частота встречаемости расширения *QRS* увеличивается в два и более раз) [10].

Основной целью, которую преследует механизм бивентрикулярной стимуляции, является восстановление синхронности сокращений как между желудочками сердца, так и между сегментами ЛЖ (ресинхронизация), что позволяет, совместно с адекватной медикаментозной терапией, улучшить качество жизни пациента и уменьшить клинические проявления ХСН [4].

В настоящее время существует множество многоцентровых исследований, которые доказали эффективность СРТ у пациентов с сохраненным синусовым ритмом и БЛНПГ, страдающих ХСН II–IV ФК: CARE-HF, COMPANION, PAVE, SCD-HeFT и др. Однако, основываясь на данных, полученных в этих исследованиях, можно сделать вывод, что эффективность СРТ очень сильно зависит от правильного подбора больных, нуждающихся в СРТ, для чего необходимо научиться верно оценивать параметры, полученные при использовании дополнительных методов исследования (оценка критериев диссинхронии, оптимизация расположения стимулирующего левожелудочкового электрода). Это неизбежно приведет к увеличению эффективности лечения данной категории больных [11–13].

Вместе с тем ряд пациентов не отвечают на ресинхронизирующую терапию (так называемые

нереспондеры). По данным нескольких многоцентровых рандомизированных исследований, в общем количестве пациентов нереспондеров встречается 20–30%. У таких больных не отмечается положительной динамики в клиническом состоянии и, соответственно, выживаемость у них значительно ниже, чем у пациентов, ответивших на ресинхронизирующую терапию (так называемых респондеров) [14–17].

Использование для оценки сердечной механики методов спиральной компьютерной томографии и эхокардиографии (ЭхоКГ) совместно с неинвазивным поверхностным ЭКГ-картированием, позволяющим получить подробную информацию об электрической активации миокарда и анатомических особенностях сердца, возможно, поможет объяснить отсутствие эффекта от СРТ у ряда пациентов. Цель нашего исследования заключается в определении возможности применения новой трехмерной технологии поверхностного ЭКГ-картирования для оптимизации работы сердечных кардиоресинхронизирующих устройств у пациентов с ХСН.

Материал и методы

На базе Центра им. А.Н. Бакулева были обследованы и прооперированы 29 пациентов. Возраст больных составил от 50 до 75 лет ($62,2 \pm 8,8$ года), среди них было 17 мужчин и 12 женщин. Все пациенты соответствовали международным критериям отбора для хирургического лечения с применением СРТ и дефибриллятора [14]. Постоянная форма фибрилляции предсердий (ФП) отмечена у 8 (27,6%) человек, из них двум выполнена радиочастотная модификация атриовентрикулярного узла в связи с тахисистолической формой ФП. Пароксизмальная форма ФП диагностирована у 7 (24,1%) больных, синусовый ритм – у 14 (48,3%). У 8 (27,6%) пациентов зарегистрирована ишемическая болезнь сердца, у 4 (13,8%) – ранее перенесенный инфаркт миокарда. Из них в 5 (17,3%) случаях реваскуляризация сосудов выполнена с помощью стентирования и в 2 (6,9%) – с помощью аортокоронарного шунтирования. Ведущими жалобами явились: одышка – 25 (86,2%) человек, ортопноэ – 11 (37,9%), боли в сердце – 7 (24,1%), головокружение – 20 (68,9%), обмороки – 13 (44,8%). У всех пациентов на ЭКГ регистрировалась морфология *QRS* по типу БЛНПГ с шириной комплекса *QRS* от 160 до 230 мс, а также, по данным ЭхоКГ до операции, межжелудочковая и внутривентрикулярная меха-

ническая диссинхрония и снижение фракции выброса (ФВ) ЛЖ менее 35%.

В период обследования все участники были клинически стабильны и получали оптимальную медикаментозную терапию.

Сразу после операции и по истечении 3 мес всем больным было проведено тестирование СРТ с оптимизацией параметров (подбор режима стимуляции, различных межжелудочковых задержек: VV-0, -20, -50) и определением фронта возбуждения, подбор предсердно-желудочковых задержек на основе данных ЭхоКГ. Через 6 мес у 9 пациентов отмечено ухудшение клинической симптоматики. Всем 29 больным повторно было проведено ЭхоКГ, а также 6-минутный тест ходьбы для определения ФК сердечной недостаточности. На основе вышеизложенного пациенты были разделены на две группы: 1-я группа – респондеры ($n = 20$), 2-я группа – нереспондеры ($n = 9$). Группы достоверно не различались по полу, возрасту, диагнозам, структурно-функциональным показателям ЛЖ, ФВ ЛЖ.

Далее в обеих группах через 6 мес после операции выполняли процедуру вычислительного электрофизиологического картирования сердца.

Пациентам с наложенными ранее поверхностными электродами проводили спиральную компьютерную томографию грудной клетки с внутривенным контрастированием. В последующем, опираясь на данные компьютерной томографии, строили реалистичные воксельные и полигональные модели торса и сердца, определяли трехмерные координаты центра для каждого электрода. На основе полученных результатов осуществляли реконструкцию потенциалов электрического поля сердца и построение изопотенциальных и изохронных карт для трехмерной модели торса и сердца, а также определяли топографическую анатомию венозного синуса и его ветвей. На спонтанном ритме фиксировали область наиболее поздней электрической активации миокарда, которая была сопоставлена с местом имплантации левожелудочкового электрода (ЛЖЭ).

С целью оценки диссинхронии и оптимизации бивентрикулярной стимуляции сердца с помощью различных режимов определяли последовательность распространения возбуждения (рис. 1). На основе построенных эпикардальных и эндокардиальных моделей желудочков сердца провели условное деление ЛЖ на 16 сегментов. Для сегментации за основу был взят алгоритм эндокардиального левожелудочкового

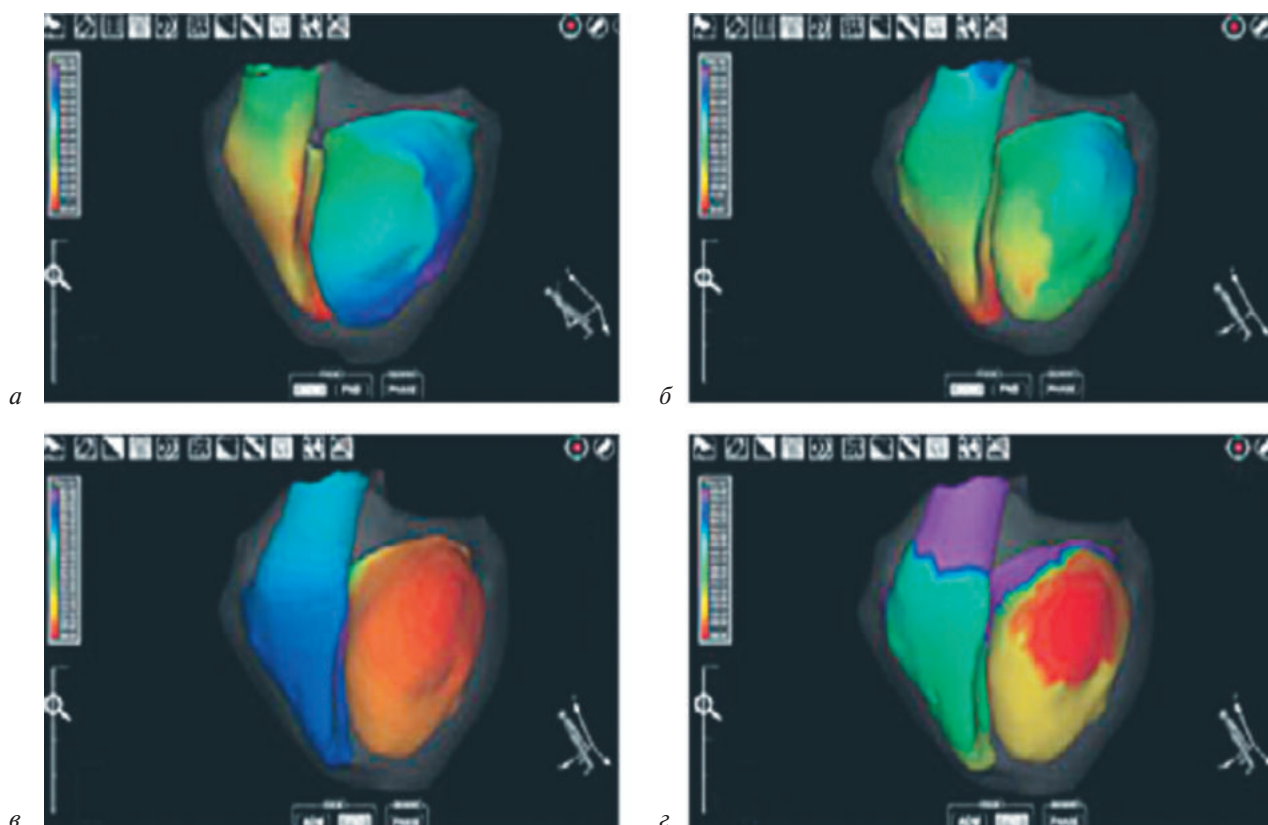


Рис. 1. Результаты поверхностного картирования при разных режимах стимуляции желудочков. На всех изохронных картах продемонстрирована последовательность распространения возбуждения:

a – на спонтанном ритме показана последовательность распространения возбуждения ПЖ (выделено красным цветом), за которым следует отсроченное возбуждение ЛЖ, что отражает наличие блокады левой ножки пучка Гиса; *б* – при стимуляции ПЖ происходит раннее возбуждение ПЖ (выделено красным цветом) с отсроченным возбуждением ЛЖ; *в* – при стимуляции ЛЖ показано раннее возбуждение ЛЖ (выделено красным цветом) с отсроченным возбуждением ПЖ; *г* – при бивентрикулярной стимуляции возбуждение ЛЖ (выделено красным цветом) происходит на 50 мс раньше, чем стимуляция ПЖ

картирования по D.L. Kuchar et al. (1989 г.), несколько видоизмененный нами с учетом удобства анатомической сегментации и степени значимости сегментов с точки зрения имплантации ЛЖЭ. Септальная стенка выделена в отдельный единый сегмент как не имеющая большого значения для имплантации ЛЖЭ (рис. 2).

Статистическую обработку данных осуществляли при помощи пакета статистических программ Statistica v.10. Для непрерывных переменных с нормальным распределением были рассчитаны среднее значение и его стандартное отклонение. Качественные переменные представлены в виде абсолютного и относительного количества наблюдений. Все переменные были приняты по умолчанию с нормальным распределением. Значения $p < 0,05$ считали статистически значимыми.

Результаты

Всем пациентам непосредственно после имплантации и через 6 мес после операции прово-

дили программирование ресинхронизатора под контролем ЭхоКГ, целью которого был подбор либо оптимизация параметров имплантированного устройства. Основные оцениваемые параметры представлены в таблице 1.

В раннем послеоперационном периоде в группе респондеров больные отмечали повышение толерантности к физической нагрузке, уменьшение одышки. На ЭКГ при бивентрикулярной стимуляции регистрировалось уменьшение ширины комплекса *QRS* до 100 мс (среднее значение – $137,3 \pm 16,7$).

При оценке эхокардиографических параметров после имплантации СРТ и через 6 мес на графиках было показано, что в группе респондеров ФВ ЛЖ достоверно улучшилась и наблюдается ее увеличение с $23,5 \pm 5,0\%$ до $40 \pm 11\%$ по сравнению с группой нереспондеров, где показан незначительный прирост ФВ ЛЖ после имплантации с $28,3 \pm 1,5\%$ до $31 \pm 1,5\%$ с последующим ее снижением до $28,6 \pm 4,0\%$ (рис. 3).

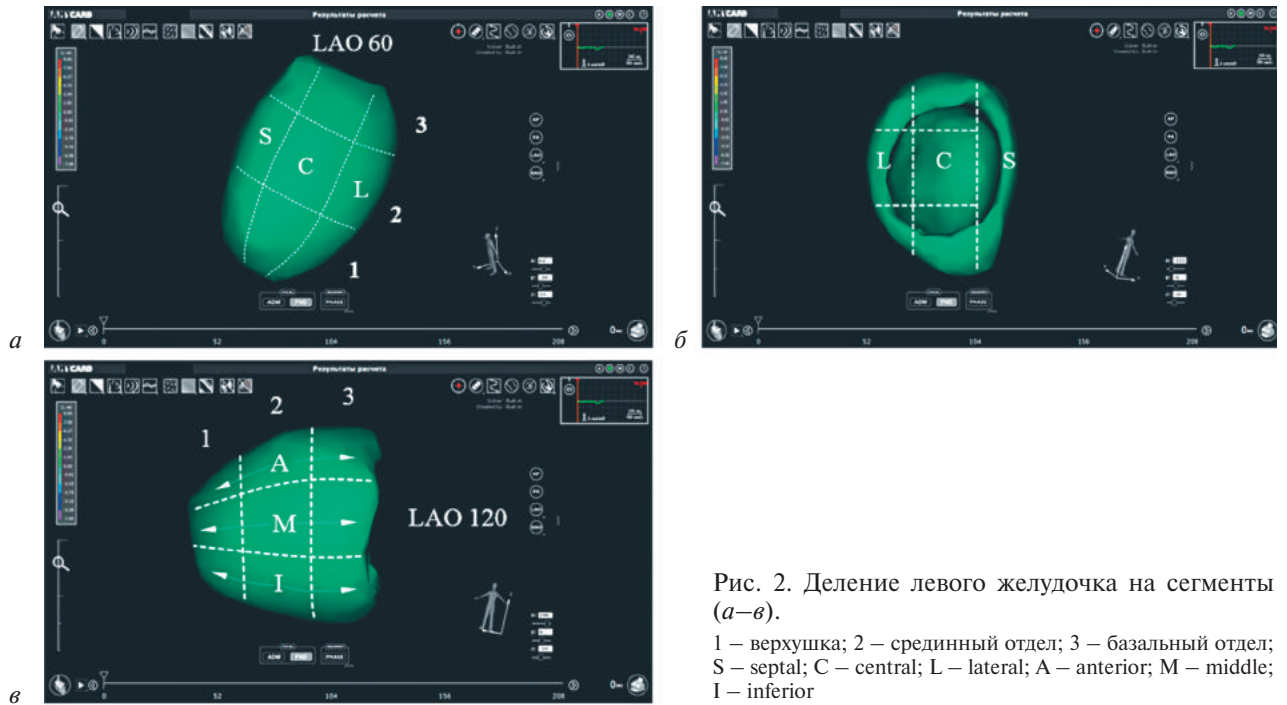


Рис. 2. Деление левого желудочка на сегменты (а–в).

1 – верхушка; 2 – срединный отдел; 3 – базальный отдел;
S – septal; C – central; L – lateral; A – anterior; M – middle;
I – inferior

Таблица 1

Результаты обследований пациентов

Параметр	1-я группа (респондеры, $n = 20$)	2-я группа (нереспондеры, $n = 9$)
Возраст, лет	$63,3 \pm 9,2$	$61,4 \pm 3,7$
Фракция выброса, %		
до имплантации	$23,5 \pm 5,0$	$28,3 \pm 1,5$
после имплантации	$35,3 \pm 9,8$	$31,7 \pm 1,8$
через 6 мес	$40,0 \pm 11,1$	$28,6 \pm 4,0$
Конечный диастолический объем, мл		
до имплантации	$295,0 \pm 62,3$	$336,6 \pm 45,8$
после имплантации	$216,5 \pm 57,7$	$338,1 \pm 50,6$
через 6 мес	$199,5 \pm 45,9$	$323,2 \pm 86,0$
Внутрижелудочковая диссинхрония (IVMD), мс		
до имплантации	$196,7 \pm 66,5$	$173,8 \pm 80,9$
после имплантации	$77,5 \pm 41,7$	$57,7 \pm 31,0$
Интеграл скорости линейного трансортального потока (VTI), см		
до имплантации	$21,4 \pm 4,6$	$18,6 \pm 3,2$
после имплантации	$24,7 \pm 4,5$	$20,4 \pm 4,7$
через 6 мес	$26,8 \pm 3,8$	$19,2 \pm 5,3$
Регургитация на митральном клапане, %		
до имплантации	$2,45 \pm 0,7$	$1,8 \pm 0,6$
после имплантации	$1,55 \pm 0,7$	$2,1 \pm 0,9$
Длительность QRS, мс		
спонтанно	$191,2 \pm 22,2$	$192,2 \pm 19,8$
на стимуляции	$137,3 \pm 16,7$	$185,3 \pm 17,2$
Класс NYHA		
до имплантации	$3,1 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,0$
после имплантации	$2,3 \pm 0,4$	$3,0 \pm 0,0$
Период наблюдения, мес	$21,0 \pm 13,7$	$23,9 \pm 6,9$
Бивентрикулярная стимуляция, %	$98,0 \pm 2,7$	$93,7 \pm 7,8$
Расчетное давление в правом желудочке, мм рт. ст.	$34,9 \pm 15,6$	$49,5 \pm 6,9$
Расстояние от левожелудочкового электрода до зоны поздней деполяризации, мм	$40,4 \pm 23,2$	$62,6 \pm 28,1$
Среднее время активации левого желудочка на собственном ритме, мс	$132,2 \pm 22,9$	$121,3 \pm 12,5$
Среднее время активации левого желудочка на бивентрикулярной стимуляции (VV-0), мс	$105,6 \pm 11,9$	$132,8 \pm 21,2$

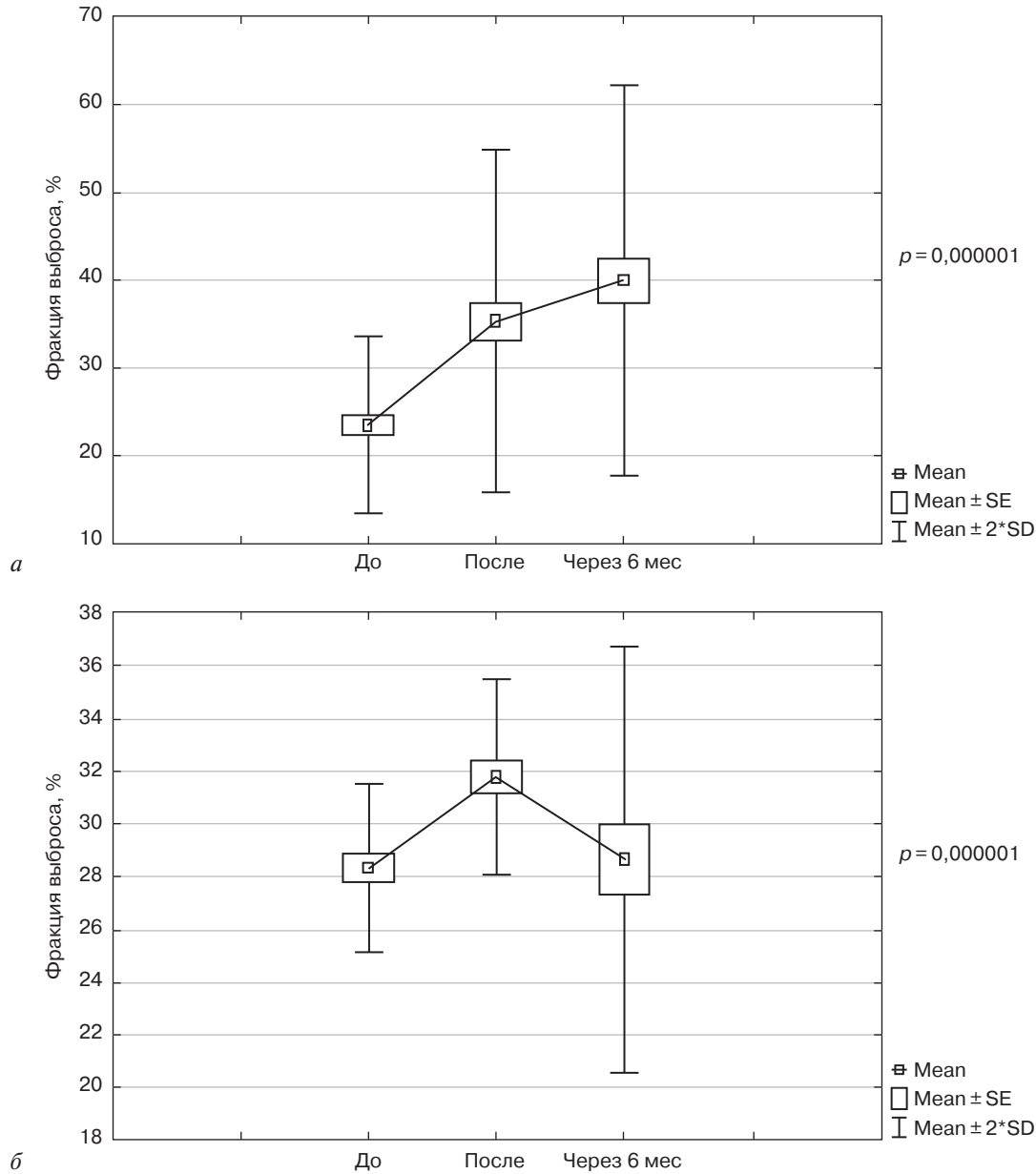


Рис. 3. Оценка фракции выброса левого желудочка до имплантации устройства СРТ, сразу после нее и через 6 мес:

а – в группе респондеров показатель достоверно улучшился, наблюдалось его увеличение с $23,5 \pm 5,0\%$ до $40 \pm 1\%$; б – в группе нереспондеров отмечен незначительный прирост фракции выброса после имплантации (с $28,3 \pm 1,5\%$ до $31 \pm 1,5\%$) с последующим ее снижением до $28,6 \pm 4,0\%$

В 1-й группе произошло достоверное уменьшение конечного диастолического объема ЛЖ через 6 мес (с $295 \pm 62,3$ до $199,5 \pm 45,9$ мл) по сравнению со 2-й группой, где отмечено незначительное снижение этого показателя через 6 мес (с $336,6 \pm 45,8$ до $323,2 \pm 86,0$ мл) (рис. 4).

В группе респондеров наблюдалось увеличение интеграла скорости линейного трансортального потока (VTI) через 6 мес с $21,4 \pm 4,6$ до $26,8 \pm 3,8$ см, в то время как в группе нереспондеров отмечен незначительный прирост VTI после имплантации (с $18,6 \pm 3,2$ до $20,4 \pm 4,7$ см)

с последующим его снижением до $19,2 \pm 5,3$ см (рис. 5).

В обеих группах через 6 мес зарегистрировано уменьшение ширины комплекса QRS при бивентрикулярной стимуляции: у респондеров со $191,2 \pm 22,2$ до $137,3 \pm 16,7$ мс, у нереспондеров – со $192,2 \pm 19,8$ до $185,3 \pm 17,2$ мс.

Было отмечено, что при оценке симптоматики через 6 мес в группе респондеров средний ФК сердечной недостаточности достоверно улучшился и тяжесть ХСН была достоверно ниже, чем в группе нереспондеров ($p = 0,000144$).

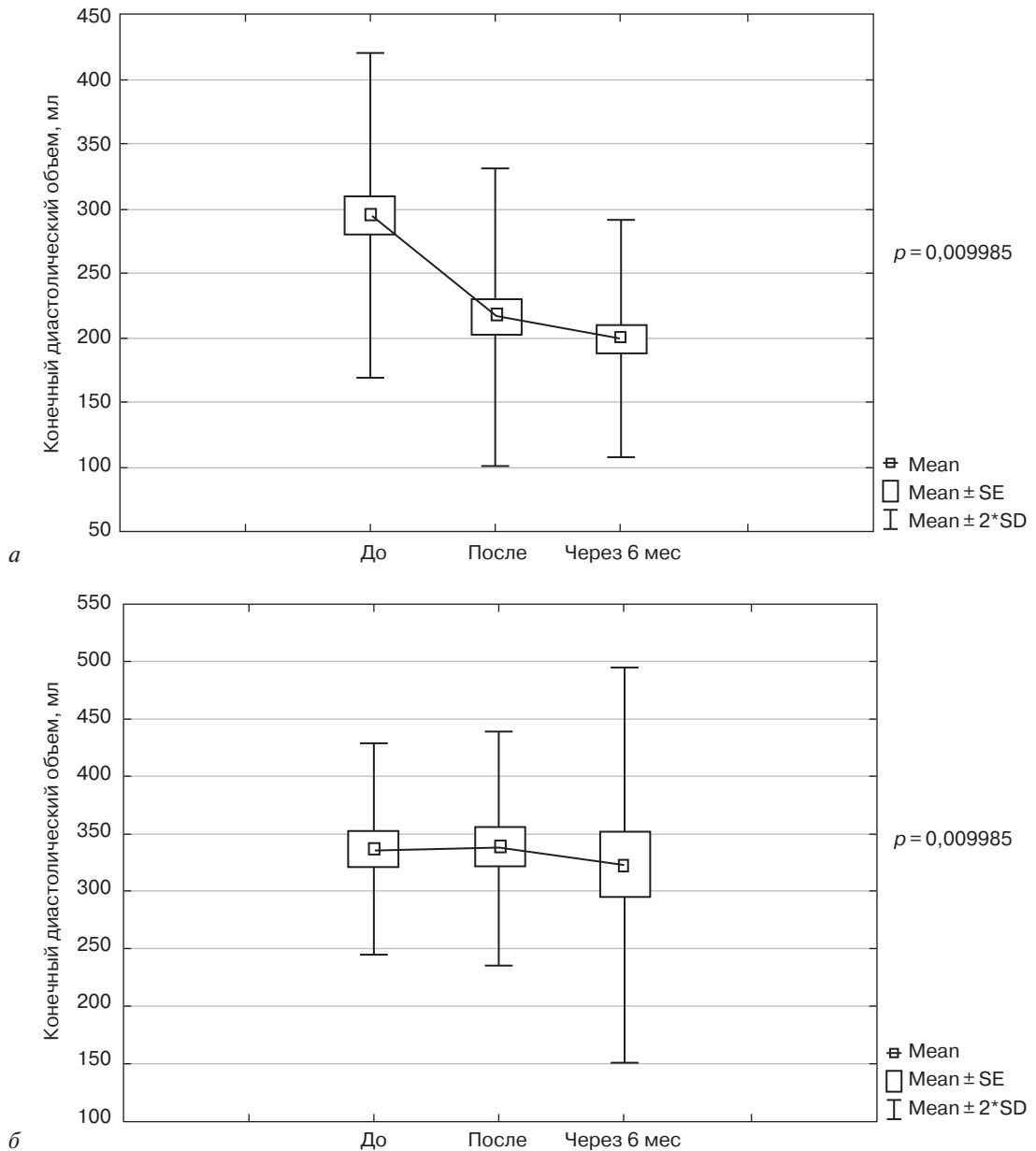


Рис. 4. Оценка конечного диастолического объема левого желудочка до имплантации устройства СРТ, сразу после нее и через 6 мес:

а – в группе респондеров показатель достоверно уменьшился через 6 мес с $295 \pm 62,3$ до $199,5 \pm 45,9$ мл; *б* – в группе нереспондеров показано незначительное снижение конечного диастолического объема через 6 мес (с $336,6 \pm 45,8$ до $323,2 \pm 86,0$ мл)

Остальные параметры приведены в таблице 2. Полученные результаты полностью сопоставимы с данными мировой литературы.

В рамках нашего исследования всем пациентам в послеоперационном периоде проводили неинвазивное поверхностное ЭКГ-картирование с использованием данных компьютерной томографии. На основании полученных результатов определяли точку наиболее поздней активации ЛЖ у пациентов с БЛНПГ и при ПЖ-стимуляции, оценивали совпадение полученных зон с местом имплантации ЛЖЭ и на основании этого – эффективность СРТ. В каче-

стве главных параметров рассматривали расстояние от кончика ЛЖЭ до зоны поздней деполяризации, время активации ЛЖ во время спонтанного ритма и при бивентрикулярной стимуляции (см. табл. 1).

В случае отсутствия ответа на ресинхронизирующую терапию одной из причин, предположительно, явилась невозможность постановки электрода в целевую вену, соответствующую зоне наиболее поздней активации. По результатам нашего исследования, 7 (24%) пациентов оказались нереспондерами в связи с отдаленным расположением ЛЖЭ от точки поздней активации

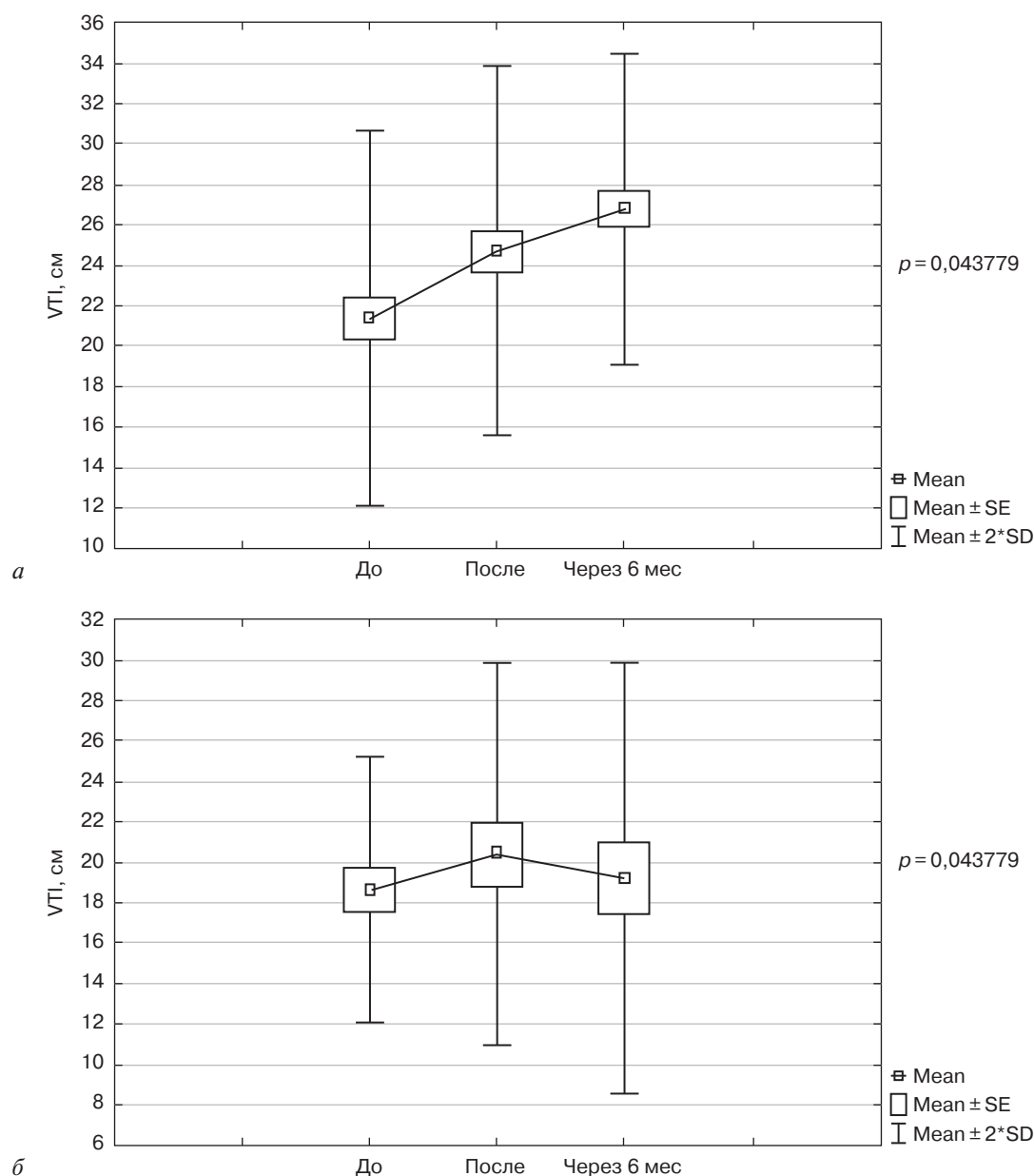


Рис. 5. Оценка интеграла скорости линейного трансортального потока (VTI) до имплантации устройства СРТ, сразу после нее и через 6 мес:

а – в группе респондеров представлено увеличение показателя VTI через 6 мес с $21,4 \pm 4,6$ до $26,8 \pm 3,8$ см; *б* – в группе нереспондеров показан незначительный прирост VTI после имплантации (с $18,6 \pm 3,2$ до $20,4 \pm 4,7$ см) с последующим его снижением до $19,2 \pm 5,3$ см

(от 7 до 12 см). Двое (6,9 %) больных были нереспондерами при полном совпадении расположения ЛЖЭ с точкой поздней активации. Мы предположили, что у ряда пациентов невозможно достигнуть адекватной механической синхронии даже при использовании ресинхронизирующих устройств, что может быть связано с особенностями миокарда ЛЖ либо количеством рабочего миокарда. У всех респондеров расстояние от зоны поздней активации до ЛЖЭ не превышало 6 см и составило в среднем $4,0 \pm 2,3$ см (рис. 6).

Всем 9 пациентам-нереспондерам проводили повторную оптимизацию параметров СРТ, по истечении 3 мес у 3 (10,3%) больных отмечено незначительное улучшение (в том числе на фоне консервативной терапии). В 6 (20,7%) случаях эффекта не было, среди них у 4 (13,8%) пациентов наблюдалось несовпадение зоны поздней электрической активации с зоной позиционирования ЛЖЭ по данным неинвазивного картирования, в связи с чем этой группе больных будет предложена мини-торакотомия с эпикардальной имплантацией ЛЖЭ. Остальным

Таблица 2

Статистическая значимость разницы между полученными показателями до и после имплантации*

Показатель	<i>p</i>
Фракция выброса левого желудочка до имплантации и сразу после имплантации и через 6 мес	0,000532** 0,000001**
Конечный диастолический объем левого желудочка до имплантации и сразу после имплантации и через 6 мес	0,002449** 0,009985**
Интеграл скорости линейного трансаортального потока (VTI) до имплантации и сразу после имплантации и через 6 мес	0,085356 0,043779**
Внутрижелудочковая диссинхрония (IVMD) до имплантации и сразу после имплантации и через 6 мес	0,911538 0,004188**
Длительность QRS спонтанно и на стимуляции	0,171052
ФК по NYHA до имплантации и через 6 мес	0,000144**

* Использовались показатели «респондер/нереспондер» и критерий Стьюдента для сравнения средних в двух группах.

** Разница статистически достоверна.

пациентам, не ответившим на СРТ, будут предложены пересадка сердца либо, при ее невозможности, продолжение консервативной терапии.

Обсуждение

Оптимизация СРТ является одним из перспективных и актуальных направлений современной кардиологии и кардиохирургии. С момента появления ресинхронизирующей терапии перед медицинской общественностью встала

проблема пациентов, не отвечающих на данный вид терапии. В связи с этим возникла необходимость разработки диагностических подходов, которые позволили бы точно определять показания и противопоказания к проведению СРТ, а также выбирать оптимальные параметры работы сердечного ресинхронизирующего устройства.

Неинвазивное поверхностное компьютерное картирование с помощью нового многоканального ЭКГ-регистратора «Амикард» (Россия), в основе которого лежит математическая обработка ЭКГ-измерений с поверхности грудной клетки, позволяет с высокой точностью реконструировать совокупность электрограмм на поверхности миокарда желудочков. Большой интерес к данному направлению обусловлен возможностью многократного определения последовательности активации желудочков сердца как в условиях нативного ритма, так и при различных режимах бивентрикулярной стимуляции, что позволяет точно определять зону поздней активации ЛЖ и оптимизировать параметры бивентрикулярной стимуляции, добиваясь восстановления наиболее близкой к нормальной последовательности электрической активации желудочков.

Одной из важных причин, по которой пациент может не отвечать на ресинхронизирующую терапию, является неправильное определение места имплантируемого электрода. В последние годы ряд исследований показывает, что при трансвенозном доступе к имплантации ЛЖЭ мы зачастую ограничены в выборе места имплантации, что не позволяет нам интраоперационно

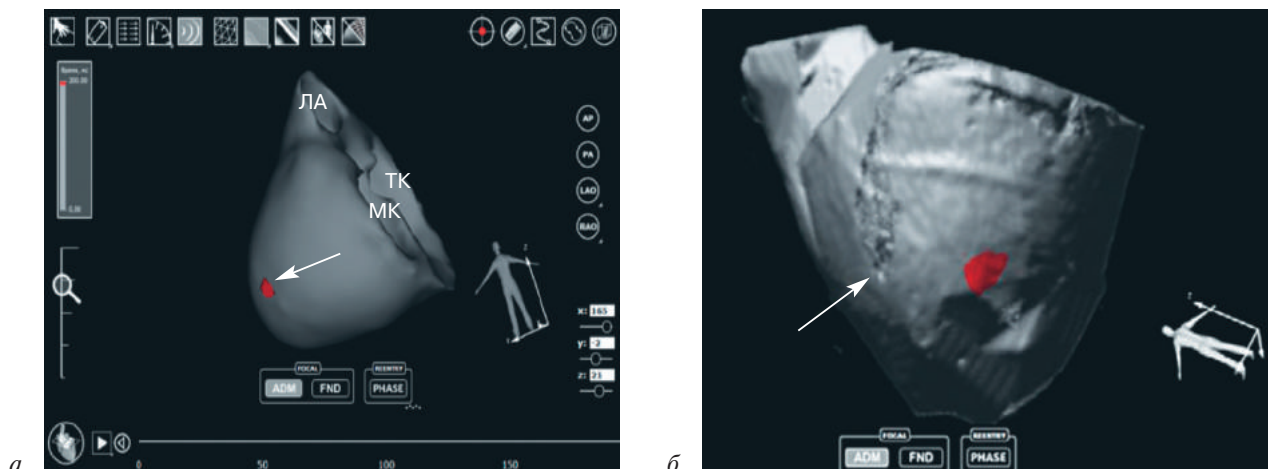


Рис. 6. Примеры регистрации двух точек поздней активации (красный цвет) левого желудочка с расстоянием между ними 35 мм:

a – точка поздней активации соответствует зоне позиционирования левожелудочкового электрода в заднебоковой вене (указана стрелкой); *б* – точка позиционирования левожелудочкового электрода (указана стрелкой) расположена на расстоянии от точки поздней электрической активации

провести стимуляцию многих зон ЛЖ. В исследовании Н. Maig et al. (2005 г.) желаемое место имплантации было достигнуто только у 70% пациентов [19].

По данным поверхностного ЭКГ-картирования мы обнаружили, что добились значительного прогресса в механизме электрической активации боковой стенки ЛЖ во время бивентрикулярной стимуляции, проявляющегося в электрической синхронности распространения возбуждения у большинства обследованных пациентов – как респондеров, так и не ответивших на терапию. Двое (6,9%) больных оказались нереспондерами в связи с невозможностью одновременного достижения механической и электрической синхронии при полном совпадении расположения ЛЖЭ с точкой поздней электрической активации. Отсутствие ответа у этих 2 пациентов показывает, что электрическая синхронность не всегда коррелирует с клиническим улучшением. Таким образом, отсутствие терапевтического эффекта может быть связано с неадекватным механическим ответом на электрическую ресинхронизацию. Именно поэтому необходимо исследование соотношения между электрической и механической синхронизацией.

По результатам нашего исследования, у всех респондеров расстояние от зоны поздней активации до ЛЖЭ не превышало 6 см, а 7 (24%) больных стали нереспондерами в связи с расположением ЛЖЭ, отдаленным от точки поздней активации (от 7 до 12 см). Не всегда в этой зоне имеется венозная система, и при ее отсутствии становится необходимым использование мини-тораотомии для эпикардиальной имплантации ЛЖЭ.

У ряда пациентов (перенесших в прошлом острый инфаркт миокарда) основными проблемами была неправильно выбранная зона стимуляции стенки ЛЖ и наличие блокады выхода импульса ввиду большого количества рубцовых тканей вокруг зоны стимуляции.

В нашей работе эффект от СРТ в группе респондеров наблюдался у 12 (60%) пациентов в случае позиционирования ЛЖЭ в нижнелатеральном сегменте ЛЖ (что соответствовало сегментам L2I, L3I). Обратный эффект от СРТ в группе нереспондеров отмечен у 2 (22,2%) больных в случае позиционирования ЛЖЭ в переднем сегменте ЛЖ, у 4 (44,4%) – в переднем и среднелатеральном сегментах ЛЖ, у 3 (33,3%) – в нижнем сегменте ЛЖ (что соответствовало наличию поздней зоны деполяризации ЛЖ в сегментах L2M, L3I, L2–3A, L3A) (табл. 3).

Результаты исследования позволяют с высокой долей вероятности предположить, что у больных ХСН, которые получают СРТ, применение неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования позволит снизить класс сердечной недостаточности, улучшить качество жизни, а использование этого метода на дооперационном этапе – прогнозировать эффективность предстоящей ресинхронизирующей терапии (выявлять потенциальных респондеров и нереспондеров).

Заключение

Современная система неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования с высокой точностью определяет локализацию наиболее поздней электрической активации ЛЖ, позволяет выявить анатомические особенности строения венозной системы сердца, что дает возможность имплантировать ЛЖЭ в оптимальную зону, тем самым увеличивая эффективность проводимой ресинхронизирующей терапии.

Дооперационное применение неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования необходимо рассматривать как часть обычной диагностики у пациентов с умеренной и выраженной ХСН и диссинхронией ЛЖ, подтвержденной данными ЭхоКГ и ЭКГ, в дополнение к медикаментозному и хирургическому методам лечения данной

Таблица 3

Описание локализаций сегментов левого желудочка

Локализация сегмента левого желудочка	1-я группа (респондеры, n = 20)	2-я группа (нереспондеры, n = 9)
L2M: Lateral 2 (Middle) Middle	2	2
L3M: Lateral 3 (Basal) Middle	4	–
L2I: Lateral 2 (Middle) Inferior	6	–
L3I: Lateral 3 (Basal) Inferior	6	3
C2A: Central 2 (Middle) Anterior	2	–
L2–3A: Lateral 2 (Middle) –3 (Basal) Anterior	–	2
L3A: 3 Lateral 3 (Basal) Anterior	–	2

патологии. При невыполнимости эндокардиальной постановки ЛЖЭ (отсутствие венозного подхода, невозможность одновременного достижения механической и электрической синхронии вследствие как обширности рубцовой зоны, так и анизотропии миокарда) методика позволяет определить показания к эпикардиальной имплантации ЛЖЭ.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список [References]

1. Ho K.K., Pinsky J.L., Kannel W.B., Levy D. The epidemiology of heart failure: the Framingham Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1993; 22 (4 Suppl. A): 6A–13A.
2. Komajda M., Follath F., Swedberg K., Cleland J., Aguilar J.C., Cohen-Solal A. et al. The EuroHeart survey programme – a survey on the quality of care among patients with heart failure in Europe. Part 2: treatment. *Eur. Heart J.* 2003; 24 (5): 464–74.
3. Агеев Ф.Т., Даниелян М.О., Мареев В.Ю., Беленков Ю.Н. Больные с хронической сердечной недостаточностью в российской амбулаторной практике: особенности контингента, диагностики и лечения (по материалам исследования ЭПОХА-О-ХСН. *Сердечная недостаточность.* 2004; 5 (1): 4–7. [Ageev F.T., Danielyan M.O., Mareev V.Yu., Belenkov Yu.N. Patients with chronic heart failure in the Russian outpatient practice: contingent features, diagnosis and treatment (by the materials of EPOCH-O-CHF Study. *Serdechnaya Nedostatochnost' (Russian Heart Failure Journal)*. 2004; 5 (1): 4–7 (in Russ.).]
4. Фомин И.В., Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Бадин Ю.В., Галвич А.С. и др. Распространенность хронической сердечной недостаточности в Европейской части Российской Федерации – данные ЭПОХА-ХСН. *Сердечная недостаточность.* 2006; 7 (3): 112–5. [Fomin I.V., Belenkov Yu.N., Mareev V.Yu., Ageev F.T., Badin Yu.V., Galyavich A.S. et al. Prevalence of chronic heart failure in the European part of the Russian Federation: data from EPOCH-CHF. *Serdechnaya Nedostatochnost' (Russian Heart Failure Journal)*. 2006; 7 (3): 112–5 (in Russ.).]
5. Джорджия Т.Р., Ревшвили А.Ш., Сопов О.В., Лабарткава Е.З., Машкеплишвили С.Т., Александрова С.А., Магомедова С.М. Оптимизация сердечной ресинхронизирующей терапии с помощью методики неинвазивного поверхностного ЭКГ-картирования. *Анналы аритмологии.* 2014; 10 (S2): 183. [Dzhordzhikiya T.R., Revishvili A.Sh., Sopov O.V., Labartkava E.Z., Matskeplishvili S.T., Aleksandrova S.A., Magomedova S.M. Optimization of cardiac resynchronization therapy using non-invasive surface ECG-mapping techniques. *Annaly Aritmologii (Annals of Arrhythmology)*. 2014; 10 (S2): 183 (in Russ.).]
6. Даниелян М.О. Прогноз и лечение хронической сердечной недостаточности (данные 20-летнего наблюдения). Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2001. [Danielyan M.O. The prognosis and treatment of chronic heart failure (20-years observation). Theses of cand. med. sc. diss. Moscow; 2001 (in Russ.).]
7. Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., Коротеев А.В., Мареев Ю.В., Овчинников А.Г. и др. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр). Утверждены на конгрессе ОССН 7 декабря 2012 года, на правлении ОССН 31 марта 2013 и конгрессе РКО 25 сентября 2013 года. *Сердечная недостаточность.* 2013; 14 (7): 379–472. [Mareev V.Yu., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Koroteev A.V., Mareev Yu.V., Ovchinikov A.G. et al. EHF, RSC and RSMSIM national guidelines on CHF diagnostics and treatment (fourth revision). Approved at the SEHF Congress on December 7, 2012, at the SEHF Board of Directors meeting on March 31, 2013, and at the RSC Congress on September 25, 2013. *Serdechnaya Nedostatochnost' (Russian Heart Failure Journal)*. 2013; 14 (7): 379–472 (in Russ.).]
8. Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., Коротеев А.В., Ревшвили А.Ш., Беленков Ю.Н. и др. Национальные рекомендации ВНОК и ОССН по диагностике и лечению ХСН (третий пересмотр). (Утверждены конференцией ОССН 15 декабря 2009 года). *Сердечная недостаточность.* 2010; 11 (1): 3–62. [Mareev V.Yu., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Koroteev A.V., Revishvili A.Sh., Belenkov Yu.N. et al. National recommendations of VNOK and SSHF on the diagnostics and treatment of chronic heart failure (third review) (Approved by OSSN Conference, December 15, 2009. *Serdechnaya Nedostatochnost' (Russian Heart Failure Journal)*. 2010; 11 (1): 3–62 (in Russ.).]
9. Abraham W.T., Fisher W.G., Smith A.L., Delurgio D.B., Leon A.R., Loh E. et al. Cardiac resynchronization for heart failure. *N. Engl. J. Med.* 2002; 346 (24): 1845–53. DOI: 10.1056/NEJMoa013168
10. Revishvili A.S., Wissner E., Lebedev D.S., Lemes C., Deiss S., Metzner A. et al. Validation of the mapping accuracy of a novel non-invasive epicardial and endocardial electrophysiology system. *Europace.* 2015; 17 (8): 1282–8. DOI: 10.1093/europace/euu339
11. Bistow M.R., Saxon L.A., Boehmer J., Krueger S., Kass D.A., De Marco T. et al. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N. Engl. J. Med.* 2004; 350 (21): 2140–50. DOI: 10.1056/NEJMoa032423
12. Cleland J.G., Daubert J.C., Erdmann E., Freemantle N., Gras D., Kappenberger L. et al. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N. Engl. J. Med.* 2005; 352 (15): 1539–49. DOI: 10.1056/NEJMoa050496
13. Farwell D., Patel N.R., Hall A., Ralph S., Sulke A.N. How many people with heart failure are appropriate for biventricular resynchronization? *Eur. Heart J.* 2000; 21 (15): 1246–50. DOI: 10.1053/euhj.1999.1985
14. Daubert J.C., Saxon L., Adamson P.B., Auricchio A., Berger R.D., Beshai J.F. et al. 2012 EHRA/HRS expert consensus statement on cardiac resynchronization therapy in heart failure: implant and follow-up recommendations and management. *Europace.* 2012; 14 (9): 1236–86. DOI: 10.1093/europace/eus222
15. Jia P., Ramanathan C., Ghanem R.N., Ryu K., Varma N., Rudy Y. et al. Electrocardiographic imaging of cardiac resynchronization therapy in heart failure: observation of variable electrophysiologic responses. *Heart Rhythm.* 2006; 3 (3): 296–310. DOI: 10.1016/j.hrthm.2005.11.025
16. Orayi S. (Ed.) *Electrophysiology: from plants to heart.* Intech; 2012.
17. Tse H.F., Lee K.L., Wan S.H., Yu Y., Hoersch W., Pastore J. et al. Area of left ventricular regional conduction delay and preserved myocardium predict responses to cardiac resynchronization therapy. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2005; 16 (7): 690–5. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2005.40568.x
18. Kuchar D.L., Ruskin J.N., Garan H. Electrocardiographic localization of the site of origin of ventricular tachycardia in patients with prior myocardial infarction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1989; 13 (4): 893–903.
19. Mair H., Sachweh J., Meuris B., Nollert G., Schmoekel M., Schuetz A. et al. Surgical epicardial left ventricular lead versus coronary sinus lead placement in biventricular pacing. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 27 (2): 235–42.

Поступила 27.10.2017

Принята к печати 16.11.2017