

НЕИНВАЗИВНОЕ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И ЭФФЕКТ ОТ КАРДИОРЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ: РОЛЬ ПОЗИЦИИ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА

Зубарев С.В., Чмелевский М.П., Буданова М.А., Трукшина М.А.,
Любимцева Т.А., Лебедева В.К., Лебедев Д.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-
Западный Федеральный медицинский исследовательский центр
им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Зубарев Степан Владимирович,
ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: zubarevstepan@gmail.com

Статья поступила в редакцию 02.05.2016
и принята к печати 01.06.2016.

Резюме

Цель исследования: изучение возможностей неинвазивного электрофизиологического картирования (НЭФК) в оценке зависимости кардиоресинхронизирующего эффекта от позиции левожелудочкового электрода (ЛЖЭ). **Материалы и методы.** 24 пациентам выполнено НЭФК с использованием системы «Amuscard 01C EP LAB». На сегментарной эпикардиальной модели желудочков сердца оценивалось положение стимулирующего полюса ЛЖЭ электрода и определялся эпицентр поздней зоны активации левого желудочка при полной блокаде левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ) по данным изопотенциальных карт НЭФК. Кроме того, было измерено межжелудочковое электродное расстояние. **Результаты.** Эпицентр поздней зоны активации при ПБЛНПГ наиболее часто определялся в базальном отделе на границе задней и боковой стенок ЛЖ — 42 % (n = 10). У пациентов с ответом на сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ) расстояние (стимулирующий полюс ЛЖЭ — эпицентр поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ) значительно не превышало измеренную ширину сегмента ЛЖ. Наименьшее межжелудочковое электродное расстояние в 49 мм выявлено у больного без ответа на СРТ. **Выводы.** С помощью НЭФК возможно с высокой точностью измерить дистанцию между стимулирующими полюсами желудочковых электродов и расстояние от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ. Эффект от СРТ отчетливее, если ЛЖЭ находится от поздней зоны на расстоянии, значительно не превышающем ширину одного сегмента ЛЖ.

Ключевые слова: неинвазивное электрофизиологическое картирование, полная блокада левой ножки пучка Гиса, позиция левожелудочкового электрода, сердечная ресинхронизирующая терапия

Для цитирования: Зубарев С.В., Чмелевский М.П., Буданова М.А., Трукшина М.А., Любимцева Т.А., Лебедева В.К., Лебедев Д.С. Неинвазивное электрофизиологическое картирование и эффект от кардиоресинхронизирующей терапии: роль позиции левожелудочкового электрода. Трансляционная медицина. 2016; 3 (3): 7–16.

////////////////////////////////////

NON-INVASIVE ELECTROPHYSIOLOGICAL MAPPING OF THE PATIENTS UNDERGOING CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY: THE ROLE OF LEFT VENTRICULAR LEAD POSITION

Zubarev S.V., Chmelevsky M.P., Budanova M.A., Trukshina M.A., Lyubimtseva T.A., Lebedeva V.K., Lebedev D.S.

Federal Almazov North-West Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Stepan V. Zubarev,
Federal Almazov North-West Medical
Research Centre,
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia
197341.
E-mail: zubarevstepan@gmail.com

Received 02 May 2016; accepted 01 June 2016



Abstract

Objective. To study possibilities of non-invasive electrophysiological mapping (NEM) in assessment of dependence of cardiac resynchronization effect from the position of the left ventricular electrode (LVE). **Design and methods.** NEM was performed on 24 patients, utilizing the «Amycard 01C EP LAB». Position of the stimulation LVE pole was estimated on the segmental epicardial ventricular model; and the epicenter of the late activation area of the left ventricular (LV) with complete left bundle branch block (LBBB) was determined. Also the interventricular electrode distance was measured. **Results.** The epicenter of the late zone on LBBB most frequently was determined in the basal area on the border of the posterior and lateral walls of the LV — 42 % (n = 10). In patients with response to cardiac resynchronization therapy (CRT) the distance (LVE pole — the epicenter of the epicardial late activation area of the LV on LBBB) was not significantly greater than the width of the LV segment. The smallest interventricular electrode distance of 49 mm was found in patient without response to CRT. **Conclusion.** Using NEM, one may accurately measure the distance between the stimulating poles of ventricular electrodes and the distance from the stimulating LVE pole to the epicenter of the epicardial late activation area of the LV on LBBB. The CRT effect is clearer if the distance between LVE and late zone is not significantly greater than the width of one LV segment.

Key words: non-invasive electrophysiological mapping, left bundle branch block, position LV lead, cardiac resynchronization therapy

For citation: Zubarev S.V., Chmelevsky M.P., Budanova M.A., Trukshina M.A., Lyubimtseva T.A., Lebedeva V.K., Lebedev D.S. Non-invasive electrophysiological mapping of the patients undergoing cardiac resynchronization therapy: the role of left ventricular lead position. Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine. 2016; 3 (3): 7–16.

Введение

Несмотря на использование в практике современных международных рекомендаций по отбору пациентов на сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ), треть пациентов не отвечает на данный вид лечения даже при условии оптимальной медикаментозной терапии [1]. Причинами низкого ответа на СРТ могут являться: обширные рубцовые поля, отсутствие меж- и внутрижелудочковой дис-

синхронии на фоне исходного ритма, отсутствие целевой вены коронарного синуса (КС), неоптимальные параметры электрокардиостимуляции [1–4]. Несомненный вклад в ответ на СРТ также оказывает величина расстояния от стимулирующего полюса имплантированного левожелудочкового электрода до поздней зоны активации левого желудочка (ЛЖ). Доказано, что при увеличении данного расстояния на величину более одного сегмента ЛЖ

у пациентов не наблюдается отчетливого процесса обратного ремоделирования спустя 6 месяцев и более после имплантации СРТ [5]. Кроме того, стоит сказать о значении расстояния между стимулирующими полюсами правожелудочкового и левожелудочкового электродов (ПЖЭ и ЛЖЭ). Из ряда работ известно, что чем больше электрическая дистанция между данными полюсами, тем больше возможность изменения характера активации желудочков с помощью программирования межжелудочковой задержки при бивентрикулярной стимуляции (БиС) [6, 7].

Одним из новых направлений в области поиска оптимального прогнозирования и оценки эффекта от СРТ является методика неинвазивного электрофизиологического картирования (НЭФК) [8–10]. Данная технология используется на практике в виде системы «Amucard 01C EP LAB» (EP Solutions SA, Switzerland), позволяющей проводить оценку электрофизиологических параметров не только с эпикардиальной поверхности, но и на эндокарде [11, 12]. С помощью НЭФК возможна визуализация поздней зоны активации при полной блокаде левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ), эпицентр которой может являться местом оптимальной имплантации ЛЖЭ [10, 12]. Кроме того, в системе «Amucard 01C EP LAB» реализована визуализация данных мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ)

в режиме флюороскопии, что позволяет маркировать стимулирующие полюса желудочковых электродов. И далее, используя трехмерную эндокардиальную анатомическую модель сердца в режиме прозрачного эпикарда, можно точно измерить межжелудочковое электродное расстояние на реальных трехмерных анатомических моделях сердца.

Целью данной работы явилось изучение возможностей неинвазивного электрофизиологического картирования в оценке зависимости кардиоресинхронизирующего эффекта от позиции левожелудочкового электрода.

Материалы и методы

На базе ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ было обследовано 24 пациента с ПБЛНПГ и ранее имплантированными СРТ-системами. Правопредсердный электрод имплантировался в ушко, ПЖЭ — в верхушку, ЛЖЭ — в одну из ветвей КС. У всех больных доля БиС составляла 95 % и более по данным статистики СРТ-устройств. Группа больных, включенная в работу, была относительно небольшой и составляла 24 пациента. Включены только больные с ПЖЭ, имплантированным в верхушку ПЖ.

Пациенты, включенные в исследование, различались по степени ответа на СРТ. Критериями ответа считалось снижение функционального класса хронической сердечной недостаточности (ФК ХСН)

Таблица 1. Клинико-диагностические данные пациентов

Количество пациентов, n	24
Пол м/ж, n	20/4
Возраст, лет: среднее (мин; макс)	61 (46; 73)
Генез кардиомиопатии: ИБС/ДКМП, n	13/11
ПИКС в анамнезе, n	12
Шунтирование или стентирование коронарных артерий/ без реваскуляризации, n	9/15
Синусовый ритм / фибрилляция предсердий, n	19/5
Длительность QRS исходно, мс	191 (176; 210)*
II/III функциональный класс (NYHA), n	5/19
ФВ ЛЖ исходно, %	25 (23; 33)*
КДД ЛЖ исходно, мм	74 (69; 79)*
КСД ЛЖ исходно, мм	62 (59; 70)*
КДО ЛЖ исходно, мл	283 (240; 344)*
КСО ЛЖ исходно, мл	200 (153; 269)*

Примечание: * — медиана с 25-м и 75-м процентиллями в скобках; ПИКС — постинфарктный кардиосклероз; ДКМП — дилатационная кардиомиопатия; ФВ ЛЖ — фракция выброса ЛЖ; КДД, КСД, КДО, КСО ЛЖ — конечные диастолические и систолические размеры и объемы левого желудочка.

не менее чем на 1 ФК, уменьшение конечно-систолического объема (КСО) ЛЖ на 15 % и более [13, 14]. В случае одновременно положительной клинической (по ФК ХСН) и эхокардиографической (ЭхоКГ) динамики пациент считался полным респондером. При наличии только положительной клинической динамики больной считался неполным респондером. При отсутствии уменьшения ФК ХСН и КСО ЛЖ или отрицательной динамики данных показателей пациент расценивался как нереспондер. Исследование проводилось в сроки от 6 до 30 месяцев после имплантации СРТ с модой времени, равной 6 месяцам. В период обследования пациенты были компенсированы и получали оптимальную медикаментозную терапию ХСН. Клинико-диагностические исходные данные представлены в таблице 1.

Всем пациентам выполнено НЭФК с использованием системы «Amucard 01C EP LAB». На первом этапе проводилась многоканальная регистрация униполярных отведений (до 240) электрокардиограммы (ЭКГ). Для этих целей использовались 8-контактные полоски из вспененного материала производства FIAB S.p.A. (Италия) с рентген-непрозрачными электродами ЭКГ, содержащими хлорид серебра (AgCl). Электродные полоски накладывались продольно равномерно по всей окружности грудной клетки. Помимо записи униполярных отведений, одновременно осуществлялась 12-канальная запись стандартной ЭКГ. Вначале записывалась ЭКГ на установленном режиме БиС и далее собственный ритм с ПБЛНПГ при временном ингибировании стимуляции. Исходный режим БиС был ПЖ-ЛЖ 0 мс у 23 пациентов, у одного — ЛЖ-ПЖ 5 мс. Руки у пациентов находились вдоль туловища в расслабленном виде для минимизации помех во время записи.

На втором этапе проводилась МСКТ («Somatom Definition 128 sl», Siemens, Германия) с внутривенным контрастированием (контраст «Ультравист 370»). Положение тела пациента и рук при МСКТ было таким же, как и при регистрации многоканальной ЭКГ. Сканирование проводилось в две серии: торса и сердца с ЭКГ-синхронизацией (на установленном исходно режиме БиС). Для торса толщина срезов составляла 3 мм, для сердца — 0,75 мм. Объем вводимого контраста рассчитывался из расчета 1 мл на 1 кг веса, но не более 100 мл. Средняя экспозиционная доза DLP составила 689 (472; 992) мГр×см. До МСКТ всем пациентам проводилась оценка функции почек на основании расчетной скорости клубочковой фильтрации и оценка гормонов щитовидной железы. Полученные данные ЭКГ и МСКТ импортировались в программное обеспечение системы «Amucard 01C EP LAB».

На третьем этапе проводилось построение индивидуальных эпи-/эндокардиальных моделей желудочков. Стимулирующие полюса ПЖЭ и ЛЖЭ обозначались специальными маркерами, и измерялось расстояние между ними на трехмерных эндокардиальных анатомических моделях желудочков (рис. 1А, Б). У всех пациентов стимулирующим полюсом ЛЖЭ был дистальный конец (tip). Стоит отметить, что только использование эндокардиальных моделей в режиме прозрачного эпикарда позволило достоверно провести измерение данной дистанции, так как ПЖЭ у всех располагался эндокардиально в верхушке ПЖ. Точность измерений составляла 1–2 мм в стандартной системе координат (x, y, z) при повторах тремя исследователями.

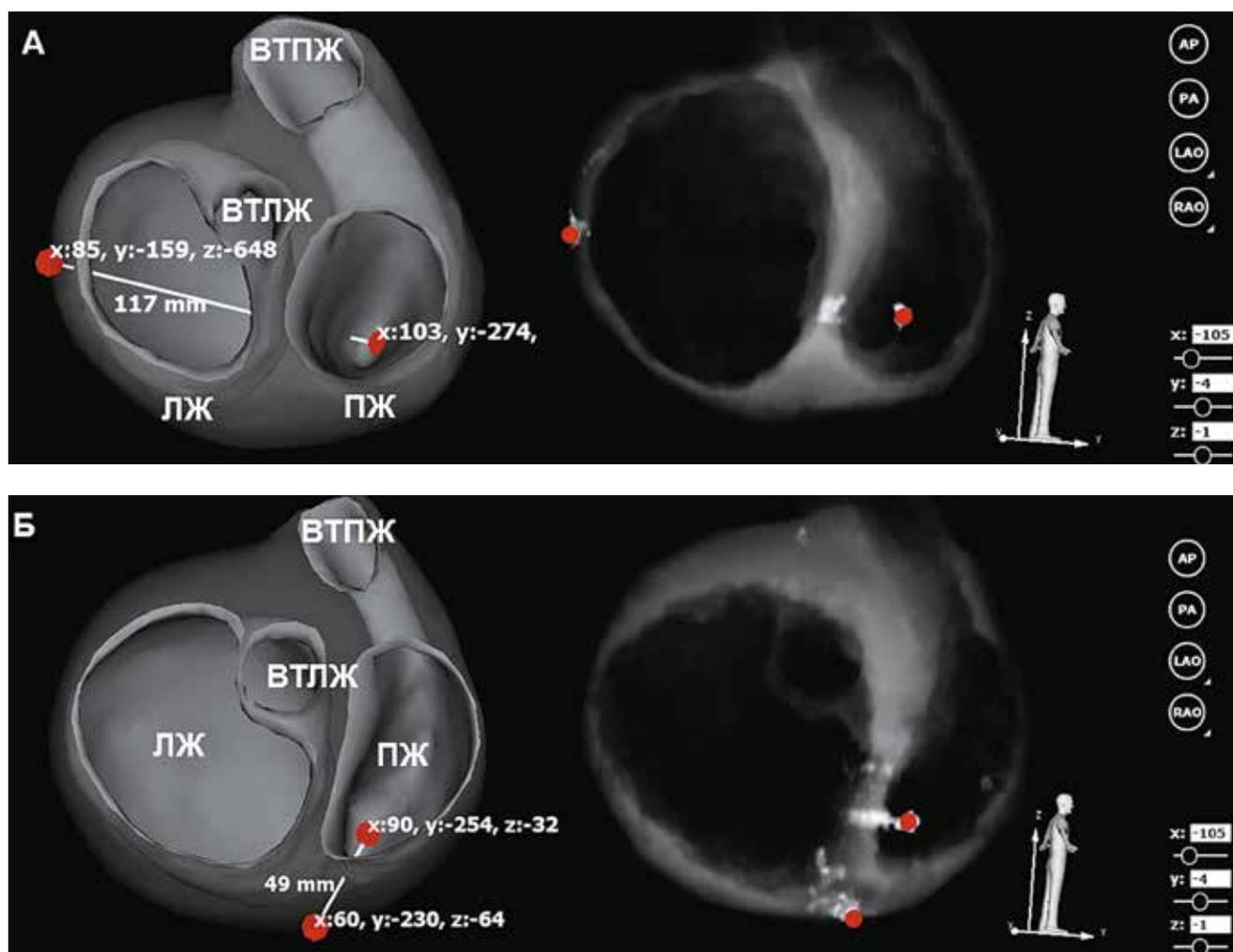
Маркировка ЛЖ осуществлялась согласно 17-сегментарной модели [15]. С помощью программного обеспечения системы «Amucard 01C EP LAB» изначально ЛЖ разделялся условными линиями на три равные трети — базальную, срединную и апикальную и верхушечный сегмент (арех). На эпикардиальной модели ЛЖ маркировались только свободные стенки на базальном и срединном уровне (рис. 2). Базальная и срединная треть ЛЖ по окружности делилась маркерами на равные отрезки. Точкой отсчета постановки маркеров являлся выставленный базальный маркер в зоне соединения стенки ПЖ с базальным отделом нижней стенки ЛЖ.

После этого по поверхности эпикарда измерялась величина ширины сегмента ЛЖ на трехмерной сегментарной модели желудочков, и определялось местоположение ЛЖЭ (рис. 2).

Для оценки поздней зоны активации ЛЖ при ПБЛНПГ использовались изопотенциальные карты на основе реконструированных униполярных электрограмм. Данные карты применялись ранее при верификационном исследовании методики НЭФК и продемонстрировали высокую точность диагностики [11]. Область наиболее поздней электрической активации на данных картах окрашивалась красным цветом, а область наиболее ранней активации — фиолетовым цветом. Для расчета выбирался типичный QRS-комплекс на фоне исходного ритма с ПБЛНПГ. По данным изопотенциальных карт оценивалось расстояние от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра зоны поздней активации на эпикарде ЛЖ при ПБЛНПГ (рис. 3).

Далее оценивалось отношение, где в числителе было расстояние в миллиметрах от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации на эпикарде ЛЖ при ПБЛНПГ (рис. 3), а в знаменателе была величина в миллиметрах измеренной ширины сегмента ЛЖ (рис. 2). Данное отношение оценивалось для объективизации данных.

Рис. 1. Измерение межжелудочкового электродного расстояния.



Слева — эндокардиальные трехмерные анатомические модели желудочков. Справа — флюороскопические проекции. Красными маркерами обозначены стимулирующие полюса желудочковых электродов. Здесь и далее ВТПЖ и ВТЛЖ — выходные тракты правого и левого желудочков соответственно. Рис. 1А — расстояние 117 мм. Рис. 1Б — расстояние 49 мм.

Кроме того, пациентам было выполнено стандартное ЭхоКГ-исследование для оценки размеров, объемов ЛЖ, ФВ ЛЖ. Все ЭхоКГ-измерения проводились на аппарате «Vivid 7» (GE, Vingmed Dimensions, Норвегия) с датчиком 2,5 Mhz.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи пакета статистических программ «STATISTICA v.10» (StatSoft Inc., США). Для непрерывных переменных была рассчитана медиана и квартили (LQ; UQ). Качественные переменные представлены в виде абсолютного числа наблюдений. Парное сравнение зависимых выборок осуществлялось по критерию Уилкоксона. Согласно принципу Бонферрони при множественных сравнениях статистически значимыми принимались значения P менее 0,01.

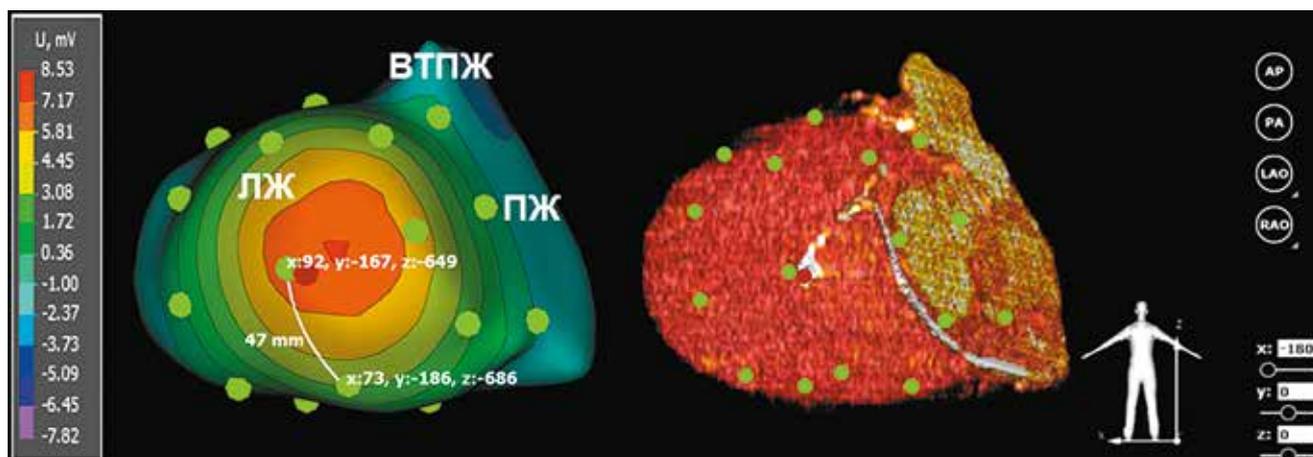
Исследование было одобрено Этическим комитетом при ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ и выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской Декларации.

Результаты

Среди пациентов с ответом на СРТ (n = 22) выявлено 13 полных респондеров (11 мужчин, с ПИКС — 5, с реваскуляризацией миокарда — 3, на синусовом ритме — 11). У данных больных отмечалось снижение ФК ХСН на два (n = 1), на один (n = 12) и одновременное снижение КСО ЛЖ на 35 (22; 45) % с исходным уровнем. Динамика прироста ФВ ЛЖ у них составила 8 (4; 13) %.

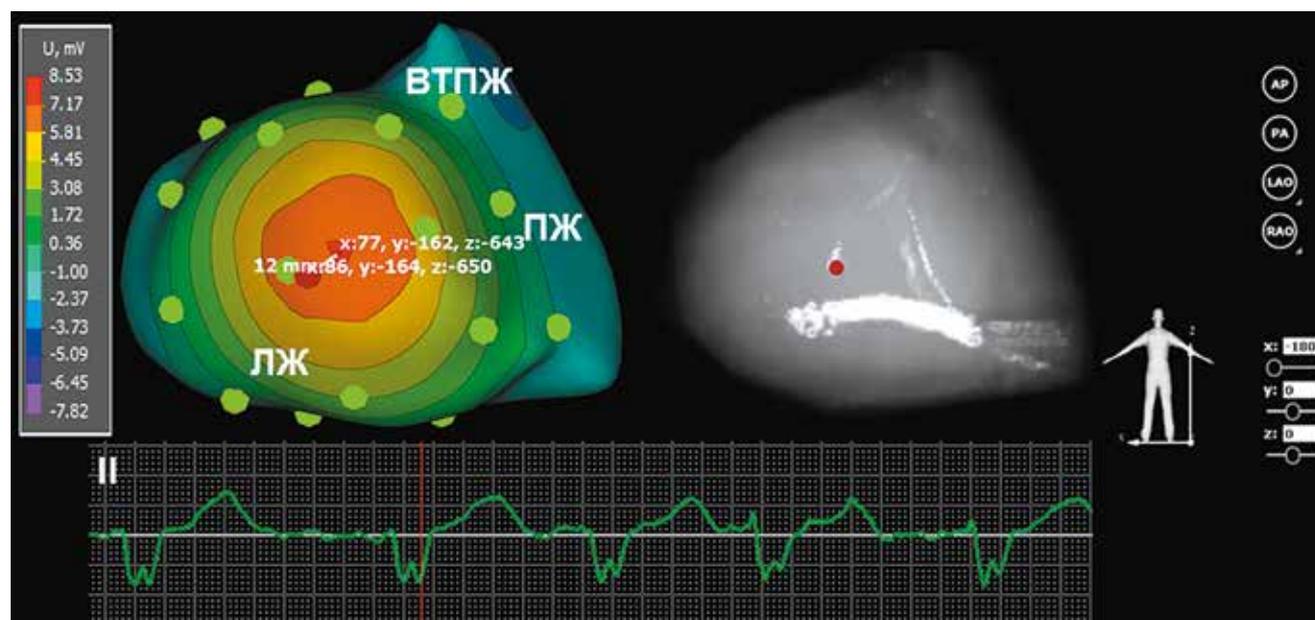
9 больных явились клиническими респондерами (мужчин — 8, с ПИКС — 7, с реваскуляризацией миокарда — 7, на синусовом ритме — 6). У дан-

Рис. 2. Измерение ширины сегмента ЛЖ на трехмерной сегментарной модели эпикарда желудочков.



Слева — изопотенциальная карта на эпикардиальной модели желудочков. Справа — МСКТ модель в режиме heart. Красным маркером обозначен стимулирующий полюс ЛЖЭ. Ярко-зеленые маркеры — условные границы сегментов ЛЖ на эпикардиальной модели желудочков.

Рис. 3. Измерение расстояния от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации ЛЖ при ПБЛНПГ.



Слева — изопотенциальная карта на эпикардиальной модели желудочков. Справа — МСКТ модель в режиме флюороскопии. Красным маркером обозначен стимулирующий полюс ЛЖЭ.

ных пациентов отмечалось снижение ФК ХСН на один ($n = 9$). Уменьшение КСО ЛЖ составило 7 (0; 10) %. Прирост ФВ ЛЖ — 1 (0; 3) %.

В целом, у пациентов с полным и частичным ответом на СРТ ($n=22$) выявлено статистически значимое снижение показателей: КДД ЛЖ со 73,5 (68; 75) мм до 68 (61; 72) мм, $p < 0,001$; КСД ЛЖ со 60,5 (59; 66) мм до 55 (47; 61) мм, $p < 0,001$; КДО ЛЖ

со 275 (240; 307) мл до 219 (197; 270) мл, $p < 0,001$; КСО ЛЖ со 198 (152; 230) мл до 158 (131; 177) мл соответственно, $p < 0,001$.

Бивентрикулярный QRS у пациентов с полным и частичным ответом на СРТ уменьшился со 190 (174; 204) мс до 169 (164; 177) мс соответственно, $p=0,04$.

У больных без ответа на СРТ ($n = 2$, мужчин — 1, ДКМП на синусовом ритме — 2) не наблюдалось

Таблица 2. Локализация эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ по данным неинвазивного картирования

Сегментарное положение эпицентра поздней зоны ЛЖ при ПБЛНПГ, n = 24	Полный респондер, n = 13	Клинический респондер, n = 9	Без ответа на СРТ, n = 2
На границе заднего и бокового в базальном отделе, n	8	1	1
На границе заднего и бокового в срединном отделе, n	0	0	0
Задний базальный, n	0	1	0
Задний срединный, n	0	0	1
Задний на границе базального и срединного отделов, n	2	0	0
Боковой базальный, n	2	7	0
Боковой срединный, n	0	0	0
Боковой на границе базального и срединного отделов, n	1	0	0

Таблица 3. Сегментарное положение левожелудочкового электрода

Положение ЛЖ электрода, n = 24	Полный респондер, n = 13	Клинический респондер, n = 9	Без ответа на СРТ, n = 2
На границе заднего и бокового в базальном отделе, n	4	3	0
На границе заднего и бокового в срединном отделе, n	0	1	0
Задний базальный, n	2	2	0
Задний срединный, n	1	1	0
Задний на границе базального и срединного отделов, n	3	0	0
Боковой базальный, n	2	1	0
Боковой срединный, n	1	0	0
Передний базальный, n	0	1	0
Передний срединный, n	0	0	1
Нижний срединный, n	0	0	1

снижения ФК ХСН. У одного пациента была отрицательная динамика в виде увеличения КСО ЛЖ на 44 % и дальнейшее снижение ФВ ЛЖ на 8 %, до значения 21 %. У второго пациента также была отрицательная динамика в виде увеличения КСО ЛЖ на 42 %.

По данным изопотенциальных карт НЭФК на трехмерных сегментарных эпикардиальных моделях желудочков (n = 24) определен эпицентр поздней зоны активации ЛЖ при ПБЛНПГ, который имел разную локализацию (табл. 2). Наиболее часто он визуализировался в базальном отделе на границе задней и боковой стенок ЛЖ — 42 % (n = 10).

С помощью НЭФК оценена позиция ЛЖЭ на трехмерной эпикардиальной модели желудочков сердца (табл. 3).

У всех пациентов измерено расстояние от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ по данным НЭФК (рис. 4).

Далее у всех больных было посчитано отношение, где в числителе было расстояние в миллиметрах от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ, а в знаменателе была величина в миллиметрах измеренной ширины сегмента ЛЖ (рис. 5).

Рис. 4. Расстояние от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ, мм.

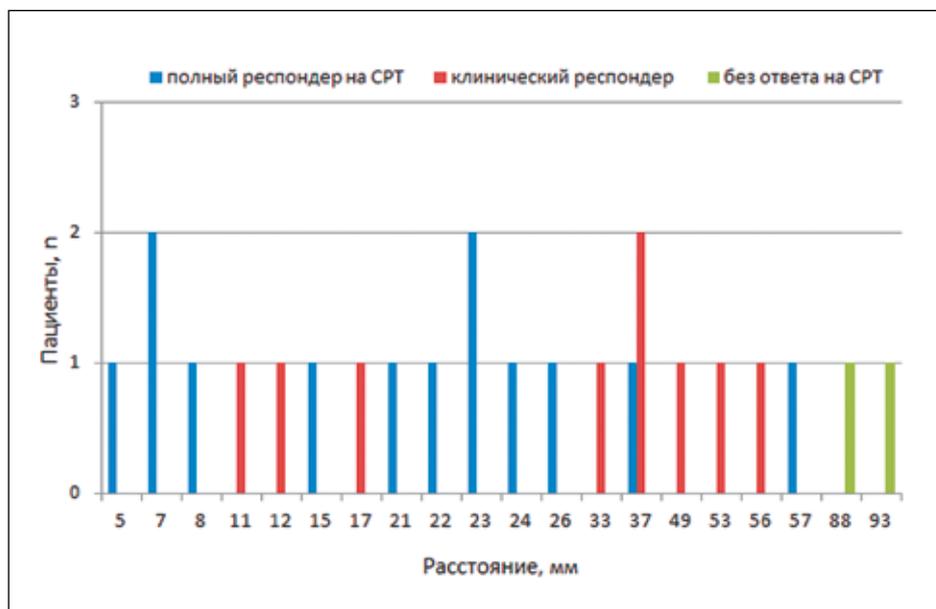
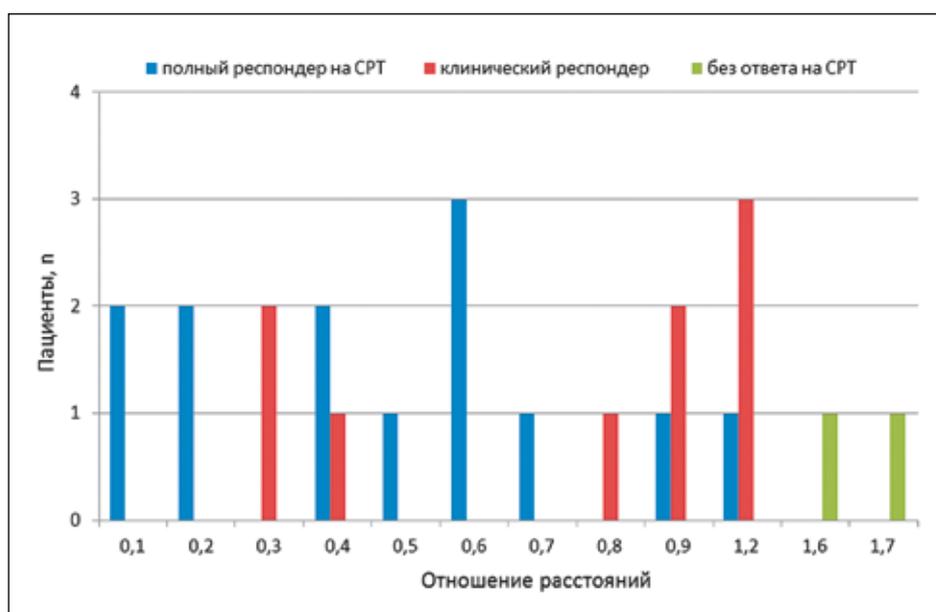


Рис. 5. Отношение (расстояние от ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ в мм / ширина сегмента ЛЖ в мм).



Кроме того, с помощью НЭФК измерено межжелудочковое электродное расстояние. Данная величина составила: у полных респондеров — 92 (71; 129) мм (медиана (min-max)), у клинических респондеров — 93 (80; 117) мм, без ответа на СРТ — 49 и 71 мм.

Обсуждение

Известно, что ответ на СРТ будет положительным при формировании однородной ЛЖ-деполяризации [6]. Повлиять на это с помощью электрической стимуляции возможно только комплексно,

с помощью нескольких факторов. К данным мерам стоит отнести: во-первых, близкое расположение ЛЖЭ к эпицентру поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при БЛНПГ (зависит от наличия целевой вены КС и позиции ЛЖЭ в ней); во-вторых, максимально большая электрическая дистанция между желудочковыми электродами; в-третьих, послеоперационный подбор атриовентрикулярной и межжелудочковой задержек [4–6]. В нашем исследовании подробно изучено влияние первых двух составляющих.

В данной работе с помощью НЭФК получена следующая закономерность. У пациентов с полным

и частичным ответом на СРТ расстояние (стимулирующий полюс ЛЖЭ — эпицентр поздней зоны активации ЛЖ при ПБЛНПГ) значимо не превышало измеренную ширину сегмента ЛЖ. Величина отношения данных измерений составляла от 0,1 до 1,2. Аналогичный анализ у пациентов без ответа на СРТ выявил отношение измерений 1,6 и 1,7, что было обусловлено отсутствием целевых вен и вынужденной имплантацией ЛЖЭ в другие вены КС. Наши результаты по НЭФК, соответствующая клиническая и ЭхоКГ-динамика показателей подтверждают литературные данные, свидетельствующие о роли величины отношения измерений описанных выше. При расстоянии (стимулирующий полюс ЛЖЭ — эпицентр поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ) значимо не превышающем ширину одного сегмента ЛЖ может происходить более отчетливая положительная динамика ФК ХСН, размеров ЛЖ, ФВ ЛЖ, что свидетельствует о большем эффекте СРТ [5]. Стоит отметить, что НЭФК обладает преимуществом перед методом тканевой доплер-ЭхоКГ, так как позволяет визуализировать именно электрическую позднюю зону на эпикарде ЛЖ и что особо важно ее эпицентр. Поэтому, зная эпицентр поздней зоны на эпикарде ЛЖ при ПБЛНПГ, можно спрогнозировать оптимальную точку имплантации ЛЖЭ, но с учетом отсутствия трансмуральных рубцовых полей миокарда в ней. При отсутствии же подходящей целевой вены КС возможно рассмотрение вопроса об альтернативных доступах для имплантации ЛЖЭ по данным НЭФК.

Из ряда научных публикаций следует, что большая электрическая дистанция между стимулирующими полюсами ЛЖЭ и ПЖЭ приводит к большему слиянию фронтов возбуждения с данных электродов на значительной площади. В конечном итоге это приводит к ряду более выраженных положительных сдвигов: уменьшается парадоксальное движение межжелудочковой перегородки, нормализуется функция папиллярных мышц, уменьшается степень митральной регургитации, увеличивается время диастолического наполнения ЛЖ и повышается ФВ ЛЖ [6, 7]. В нашей работе ПЖЭ у всех был имплантирован в верхушку. Поэтому на величину межжелудочковой дистанции влияло только разное положение ЛЖЭ. Наименьшее значение межжелудочкового электродного расстояния в 49 мм выявлено у больного без ответа на СРТ.

Методика НЭФК, помимо хорошей визуализации расположения желудочковых электродов, позволяет соотносить анатомические данные с функциональными изменениями электрического проведения, что и представляет наибольший интерес для повышения ответа на СРТ.

Выводы

Эпицентр поздней зоны электрической активации при ПБЛНПГ имеет разное местоположение на эпикарде ЛЖ. С помощью НЭФК возможно с высокой точностью измерить дистанцию между стимулирующими полюсами желудочковых электродов и расстояние от стимулирующего полюса ЛЖЭ до эпицентра поздней зоны активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ. Результаты НЭФК подтвердили факт, что эффект от СРТ отчетливее, если ЛЖЭ находится от поздней зоны активации при ПБЛНПГ на расстоянии значимо не превышающем ширину одного сегмента ЛЖ.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность всему отделению компьютерной томографии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ. Отдельная благодарность — Солнцеву В.Н. за помощь в проведении статистического анализа данных.

Список литературы / References

1. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J.* 2013; 34(29): 2281-329.
2. Bleeker G, Schalij M, Van Der Wall E et al. Postero-lateral scar tissue resulting in non-response to cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2006; 17(8): 899-901.
3. Bax J, Bleeker G, Marwick T et al. Left ventricular dyssynchrony predicts response and prognosis after cardiac resynchronization therap. *J Am Coll Cardiol.* 2004; 44(9): 1834-1840.
4. Bertini M, Delgado V, Bax J et al. Why, how and when do we need to optimize the setting of cardiac resynchronization therapy? *Europace.* 2009; 11 (5 Suppl): S.46-57.
5. Gorcsan J, Abraham T, Agler D et al. Echocardiography for cardiac resynchronization therapy: Recommendations for performance and reporting — a Report from the American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group. ASE Expert Consensus Statement. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008; 21 (3): 191-213.
6. Singh J, Heist E, Ruskin J et al. “Dialing-in” cardiac resynchronization therapy: Overcoming constraints of the coronary venous anatomy. *J Interv Card Electrophysiol.* 2006; 17(1): 51–8.
7. Heist E, Fan D, Mela T et al. Radiographic left ventricular right ventricular interlead distance predicts the acute hemodynamic response to cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol.* 2005; 96(5): 685-90.
8. Revishvili ASH, Kalinin VV, Lyadzhina OS et al. Verification of a novel technique of noninvasive electro-

physiological study based on the inverse electrocardiography problem. *Journal of arrhythmology=Vestnik aritmologii*. 2008; 51: 7-13. In Russian. [Ревিশвили А.Ш, Калинин В.В, Ляджина О.С. и др. Верификация новой методики неинвазивного электрофизиологического исследования сердца, основанной на решении обратной задачи электрокардиографии. *Вестник аритмологии*. 2008; 51: 7-13].

9. Ploux S, Lumens J, Whinnett Z et al. Noninvasive Electrocardiographic Mapping to Improve Patient Selection for Cardiac Resynchronization Therapy Beyond QRS Duration and Left Bundle Branch Block Morphology. *J Am Coll Cardiol*. 2013; 61(24): 2435-2443.

10. Varma N, Jia P, Rudy Y. Electrocardiographic imaging of patients with heart failure with left bundle branch block and response to cardiac resynchronization therapy. *J Electrocardiol*. 2007; 40(6 Suppl): S174-178.

11. Revishvili AS, Wissner E, Lebedev DS et al. Validation of the mapping accuracy of a novel non-invasive epicardial and endocardial electrophysiology system. *Europace*. 2015; 17(8): 1282-1288.

12. Zubarev SV, Chmelevsky MP, Budanova MA et al. Improving noninvasive methodology of surface epi-and endocardial mapping in patients with impaired intraventricular conduction. *Journal of arrhythmology=Vestnik aritmologii*. 2015; 80: 42-7. In Russian. [Зубарев С.В, Чмелевский М.П, Буданова М.А. и др. Совершенствование методики поверхностного неинвазивного эпи-эндокардиального картирования при нарушениях внутривентрикулярной проводимости. *Вестник Аритмологии*. 2015; 80: 42-7].

13. Foley P, Leyva F, Frenneaux MP. What is treatment success in cardiac resynchronization therapy? *Europace*. 2009; 11: 58-65.

14. Bleeker G, Bax J, Fung J et al. Clinical versus echocardiographic parameters to assess response to cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol*. 2006; 97(2): 260-263.

15. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002; 105(4): 539-542.

Информация об авторах

Зубарев Степан Владимирович — врач-кардиолог КДЦ ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Чмелевский Михаил Петрович — старший научный сотрудник НИЛ электрокардиологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Буданова Маргарита Александровна — младший научный сотрудник НИЛ электрокардиологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Трукшина Мария Александровна — научный сотрудник НИО сердечной недостаточности ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Любимцева Тамара Алексеевна — врач-кардиолог отделения РХА и ЭКС КПК ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Лебедева Виктория Кимовна — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник НИО интервенционной аритмологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России;

Лебедев Дмитрий Сергеевич — доктор медицинских наук, руководитель НИО интервенционной аритмологии, профессор кафедры хирургических болезней ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information

Stepan V. Zubarev, Cardiologist, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Mikhail P. Chmelevsky, Senior Researcher of Electrocardiology Research Laboratory, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Margarita A. Budanova, Junior Researcher of Electrocardiology Research Laboratory, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Maria A. Trukshina, Researcher of Heart Failure Department, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Tamara A. Lyubimtseva, Cardiologist of Department of Interventional Arrhythmology, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Viktoria K. Lebedeva, PhD, Senior Researcher of Department of Interventional Arrhythmology, Federal Almazov North-West Medical Research Centre;

Dmitry S. Lebedev, MD, Professor of Department of Surgical Morbidity, head of Department of Interventional Arrhythmology, Federal Almazov North-West Medical Research Centre.