

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЗОНЫ ПОЗДНЕЙ АКТИВАЦИИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ СТРУКТУРЫ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У КАНДИДАТОВ НА РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩУЮ ТЕРАПИЮ

Зубарев С. В., Чмелевский М. П., Буданова М. А., Рыжков А. В., Трукшина М. А., Лебедева В. К., Ситникова М. Ю., Лебедев Д. С.

Цель. С помощью неинвазивных методик изучить соотношение зоны поздней электрической активации с изменениями структуры миокарда левого желудочка (ЛЖ) у кандидатов на сердечную ресинхронизирующую терапию.

Материал и методы. В исследование включено 37 пациентов с III функциональным классом хронической сердечной недостаточности (ХСН). У всех больных отмечалась полная блокада левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ) с шириной комплекса QRS 205 (190; 215) мс. Неинвазивное электрофизиологическое картирование (НЭФК) было выполнено с использованием системы "Amyscard 01C EP LAB" (EP Solutions SA, Switzerland) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). На первом этапе проводилась многоканальная электрокардиография (ЭКГ). На втором этапе выполнялась МРТ (MAGNETOM Trio A Tim 3 T, Siemens AG, Germany) с внутривенным введением контраста "Гадовист". Изменения структуры миокарда ЛЖ (поствоспалительный фиброз или рубец) оценивались сегментарно по данным отсроченного контрастирования на МРТ. На третьем этапе проводилось построение индивидуальных моделей желудочков сердца. Активация эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ оценивалась с помощью НЭФК.

Результаты. Наиболее часто зона поздней активации по НЭФК выявлялась в базальном отделе на границе заднего и бокового сегментов ЛЖ — 17 пациентов (46%) и в базальном боковом сегменте ЛЖ — 8 (21%). По данным МРТ только поствоспалительный фиброз имел 21 больной, из них у 5 область фиброза была расположена на эпикарде ЛЖ и совпадала с зоной поздней активации по НЭФК. Из 12 пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) 2 имели рубец на эпикарде ЛЖ и совпадение его локализации с зоной поздней активации. Ни один из 4 больных с сочетанием поствоспалительного фиброза и ишемического рубца не имел совпадения структурных изменений на эпикарде с зоной поздней активации.

Заключение. Комбинированное использование НЭФК и МРТ в предоперационном периоде обследования позволяет соотносить структурные изменения миокарда ЛЖ с зоной его поздней электрической активации.

Ключевые слова: левый желудочек, магнитно-резонансная томография, неинвазивное электрофизиологическое картирование, полная блокада левой ножки пучка Гиса.

ФГБУ Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.

Зубарев С. В.* — кардиолог консультативно-диагностического отделения, Чмелевский М. П. — с.н.с. НИЛ электрокардиологии, Буданова М. А. — м.н.с. НИЛ электрокардиологии, Рыжков А. В. — зав. отделением МРТ, Трукшина М. А. — н.с. НИО сердечной недостаточности, Лебедева В. К. — к.м.н., с.н.с. НИО интервенционной аритмологии, Ситникова М. Ю. — д.м.н., профессор, руководитель НИО сердечной недостаточности, Лебедев Д. С. — д.м.н., профессор РАН, руководитель НИО интервенционной аритмологии.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
zubarevstepan@gmail.com

ИБС — ишемическая болезнь сердца, ЛЖ — левый желудочек/левожелудочковый, МЖП — межжелудочковая перегородка, МРТ — магнитно-резонансная томография, НЭФК — неинвазивное электрофизиологическое картирование, ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса, СРТ — сердечная ресинхронизирующая терапия, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЭКГ — электрокардиография, ЭхоКГ — эхокардиография, 3D — трехмерная.

Рукопись получена 15.04.2017

Рецензия получена 25.04.2017

Принята к публикации 10.05.2017

Российский кардиологический журнал 2017, 7 (147): 93–98

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-7-93-98>

RELATION OF THE LATE ACTIVATION ZONE WITH THE LEFT VENTRICLE MYOCARDIUM CHANGES IN CANDIDATES FOR RESYNCHRONIZING THERAPY

Zubarev S. V., Chmelevsky M. P., Budanova M. A., Ryzhkov A. V., Trukshina M. A., Lebedeva V. K., Sitnikova M. Yu., Lebedev D. S.

Aim. By non-invasive methods, to assess relations of the zone of late electrical activation with changes in the left ventricle (LV) myocardium structure in patients — candidates for cardiac resynchronizing therapy.

Material and methods. Totally, 37 patients included, with III functional class of chronic heart failure (CHF). In all patients, there was complete His left bundle branch block (LBBB) with QRS width 205 (190; 215) ms. Non-invasive electrophysiological mapping (NEM) was done with the "Amyscard 01C EP LAB" (EP Solutions SA, Switzerland), and magnetic-resonance imaging (MRI). At the first step, multichannel electrocardiography (ECG) was done. At the second step, MRI was done (MAGNETOM Trio A Tim 3 T, Siemens AG, Germany) with intravenous contrast "Gadovist" load. Changes in LV myocardium structure (post-inflammatory fibrosis or scar tissue) were evaluated by segments, within the delayed MRI contrasting. At the third stage, individual models of ventricles were built up. Activation of LV epicardium in LBBB was evaluated by NEM.

Results. Most often the zone of late activation by NEM was found in the basal region on the border of posterior and lateral LV segments — 17 patients (46%) and in basal lateral LV segment — 8 (21%). By MRI, only post inflammatory fibrosis was found in 21

patient, among them in 5 the area of fibrosis was located on LV epicardium and overlapped the zone of late activation by NEM. Among 12 patients with ischemic heart disease 2 had scar on LV epicardium overlapping with the late activation zone. No one of 4 patients with combination of post-inflammatory fibrosis and ischemic scar did not show overlap of structural changes on the epicardium with the late activation zone.

Conclusion. Combination of NEM and MRI in pre-operational period of patients investigation make it to relate structural changes in LV myocardium with the zone of its late electrical activation.

Russ J Cardiol 2017, 7 (147): 93–98

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-7-93-98>

Key words: left ventricle, magnetic-resonance imaging, non-invasive electrophysiological study, complete His left bundle branch block.

Federal Almazov North-West Medical Research Centre of the Ministry of Health, Saint-Petersburg, Russia.

На фоне уширения QRS комплекса за счет внутривентрикулярных блокад формируется диссинхрония, которая представляет собой рассогласованность функционирования различных участков миокарда. Это приводит к нарушению систолической и/или диастолической функций, митральной и трикуспидальной регургитации, лежащих в основе патогенеза хронической сердечной недостаточности (ХСН) [1]. Наибольшее внимание приковано к изучению полной блокады левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ). Известно, что данная блокада является независимым предиктором смерти у больных ХСН в течение года [2]. Одним из ведущих способов коррекции диссинхронии является метод сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ). Считается, что для достижения эффекта целесообразно позиционировать левожелудочковый (ЛЖ) электрод в зону поздней активации на фоне ПБЛНПГ [3]. Важным условием при этом является отсутствие рубца на эпикарде в зоне интереса, так как обычно ЛЖ электрод имплантируется трансвеннозным доступом со стороны эпикарда. В исследованиях TARGET и STARTER с применением тканевой эхокардиографии (ЭхоКГ) была продемонстрирована целесообразность данной стратегии позиционирования электрода [4, 5]. Однако стоит отметить ряд недостатков ЭхоКГ: не всегда удовлетворительное качество локации миокарда, затрудненность оценки рубцов и поствоспалительного фиброза на фоне ПБЛНПГ, зависимость результатов от исследователя. Оптимальной методикой в визуализации структурных изменений миокарда ЛЖ является магнитно-резонансная томография (МРТ) [6], но с ее помощью невозможно оценить позднюю зону активации.

В настоящее время существует методика неинвазивного электрофизиологического картирования (НЭФК), реализованная в виде системы “Amyscard 01C EP LAB” [7]. С ее помощью при ПБЛНПГ визуализируется зона поздней активации [8]. Кроме того, стоит отметить, что реконструкция при НЭФК может выполняться с использованием трехмерной (3D) анатомической модели сердца, полученной по данным МРТ. Следовательно, имеется возможность дополнительно получить информацию о наличии поствоспалительного фиброза или рубца ЛЖ.

Целью данной работы явилось изучение соотношения зоны поздней электрической активации с изменениями структуры миокарда ЛЖ у кандидатов на СРТ.

Материал и методы

На базе ФГБУ “СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова” МЗ РФ обследовано 37 пациентов с III функциональным классом ХСН (NYHA) и ПБЛНПГ. Все больные были компенсированы и получали оптимальную медикаментозную терапию ХСН.

Пациентам выполнено НЭФК с использованием системы “Amyscard 01C EP LAB” (EP Solutions SA, Switzerland) (рис. 1).

На первом этапе с помощью модуля многоканального картирования осуществлялась синхронная регистрация электрокардиографических (ЭКГ) сигналов от униполярных отведений (максимально до 240). Для этих целей использовались полоски с 8-ю карбоновыми электродами ЭКГ. Полоски накладывались вертикально равномерно по всей окружности грудной клетки. Помимо записи униполярных отведений одновременно осуществлялась регистрация 12-каналь-

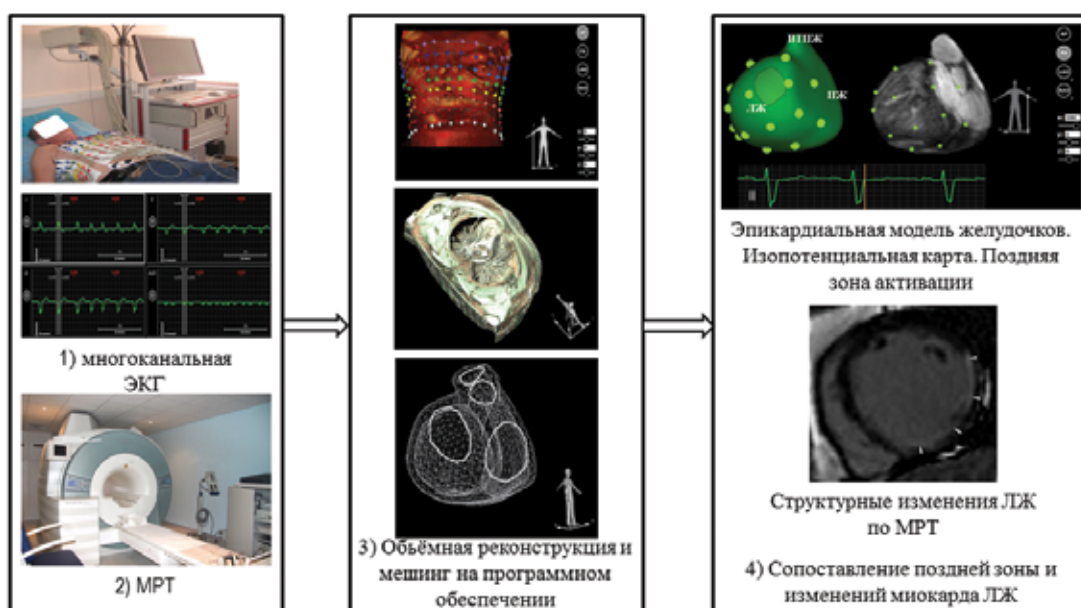


Рис. 1. Этапы проведения исследования.

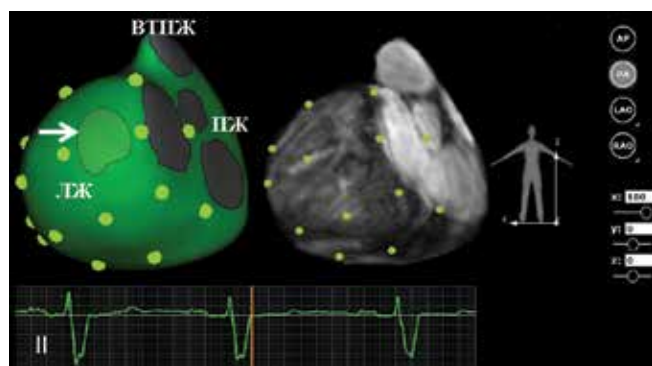


Рис. 2. Зона поздней активации в базальном отделе на границе заднего и бокового сегментов ЛЖ при ПБЛНПГ, задняя проекция. Маркеры — границы сегментов ЛЖ. Оранжевая линия — окончание QRS. Слева — изопотенциальная карта на эпикардиальной модели желудочков. Зона поздней активации указана стрелкой. Справа — визуализация желудочков в режиме МРТ.

Сокращения: ВПЖ — выходной тракт правого желудочка, ЛЖ — левый желудочек, МРТ — магнитно-резонансная томография, ПЖ — правый желудочек.

Таблица 1

Клинико-диагностические данные пациентов

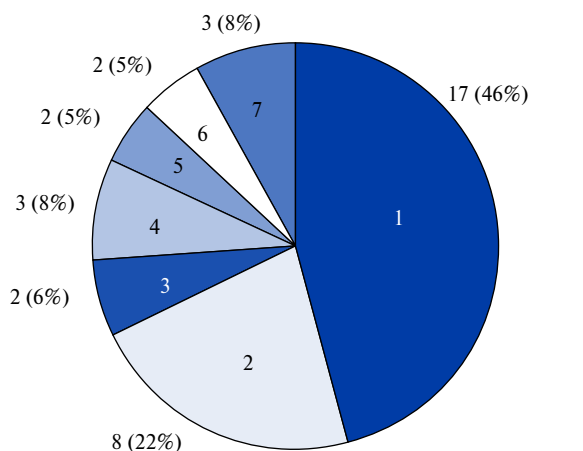
Количество больных, n	37
Пол м/ж, n	23/14
Возраст, лет: среднее (мин; макс)	64 (47; 83)
Генез кардиомиопатии: ИБС/ДКМП, n	16/21
Инфаркт миокарда в анамнезе, n	15
Шунтирование или стентирование коронарных артерий/без реваскуляризации, n	8/29
Синусовый ритм/фибрилляция предсердий, n	36/1
Длительность QRS, мс	205 (190; 215)*
ФВ ЛЖ, %	25 (22; 29)*
КДР ЛЖ, мм	71 (65; 76)*
КСР ЛЖ, мм	61 (54; 66)*
КДО ЛЖ, мл	283 (235; 352)*
КСО ЛЖ, мл	212 (178; 270)*

Примечание: * — медиана с 25-м и 75-м процентилями в скобках.

Сокращения: ДКМП — дилатационная кардиомиопатия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, КДР, КСР, КДО, КСО ЛЖ — конечные диастолические и систолические размеры, и объёмы левого желудочка, ФВ ЛЖ — фракция выброса ЛЖ по Симпсону.

ной стандартной ЭКГ в течение 30 минут. Записывался собственный ритм с ПБЛНПГ. Использовались фильтры 35 и 50 Гц.

На втором этапе проводилась МРТ (MAGNETOM Trio A Tim 3 T, Siemens, Germany) торса и сердца с контрастированием. Сканирование проводилось в две серии: торса и сердца без ЭКГ синхронизации на задержке дыхания в модифицированном режиме Vibe. Полученные серии использовались в последующем для реконструкции 3D моделей. Толщина реконструированных срезов торса в аксиальной плоскости составляла 2,5 мм, сердца — 2 мм. Для контрастирования использовался парамагнитный препарат “Гадовист” 15 мл из расчета 0,1 ммоль/кг веса. Визуализация рубцов и поствоспалительного фиброза осу-



- 1 ■ На границе заднего и бокового в базальном отделе
- 2 ■ Боковой базальный отдел
- 3 ■ Задний на границе базального и срединного отделов
- 4 ■ Задний базальный отдел
- 5 ■ Задний срединный отдел
- 6 ■ Боковой на границе базального и срединного отделов
- 7 ■ На границе заднего и бокового в срединном отделе

Рис. 3. Локализация зон поздней активации на эпикарде ЛЖ при ПБЛНПГ.

Сокращения: ЛЖ — левый желудочек, ПБЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса.

ществлялась PSIR режимом МРТ. Контрастные сканирования сердца проводились через 15 минут после введения препарата. Оценка структурных нарушений проводилась врачом-экспертом вручную на основании общепринятой модели деления ЛЖ на сегменты [9]. Оценивалась также глубина повреждений по слоям стенки ЛЖ (эндокард, интрамуральный отдел, эпикард). Заключение представлялось в виде рисунка и текстового объяснения.

На третьем этапе полученные данные ЭКГ и МРТ импортировались в программу обработки “Amyscard 01C EP LAB”. Проводилась объемная реконструкция торса. Далее каждый сигнал ЭКГ привязывался к определяемым трехмерным координатам центра соответствующего электрода ЭКГ. Затем проводилось построение воксельных и полигональных 3D моделей желудочков сердца с последующей реконструкцией униполярных электрограмм. Маркировка ЛЖ при НЭФК осуществлялась врачом вручную по принципу деления на сегменты, аналогичному для томографии [9] и была описана ранее [8].

После этого проводилась сегментарная оценка зоны поздней активации эпикарда ЛЖ при ПБЛНПГ (рис. 2). Использовались изопотенциальные карты на основе униполярных электрограмм на 3D моделях желудочков [7]. Для расчета выбирался типичный QRS комплекс на фоне исходного ритма с ПБЛНПГ.

Далее врачом вручную сравнивались полученные данные МРТ и НЭФК. Термин “полное совпадение” применялся при сегментарном соответствии зоны поздней активации и структурных

Таблица 2

Сегментарная оценка структурных изменений миокарда ЛЖ по данным МРТ

Сегменты ЛЖ по уровням	Вид и локализация поражения	Поствоспалительный фиброз (n=21)			ИБС (n=12) с рубцом (n=11)			Поствоспалительный фиброз и рубец (n=4)		
		Эндо	Интра	Эпи	Эндо	Интра	Эпи	Эндо	Интра	Эпи
Задний	Б	0	5	5	6	4	2	1	0	0
	С	0	4	5	8	7	3	2	0	0
Боковой	Б	0	5	5	4	3	0	1	1	0
	С	0	6	7	2	0	0	1	1	1
	А	0	0	0	5	4	2	0	0	0
Нижний	Б	0	2	6	3	3	2	1	0	0
	С	0	2	6	4	4	2	2	0	0
	А	0	0	0	5	4	0	1	1	0
Передний	Б	0	2	0	2	2	0	0	0	0
	С	0	1	0	7	4	1	1	1+1*	0
	А	0	0	0	7	5	1	0	0	0
Переднеперегородочный	Б	0	16	0	3	1	0	0	3*	0
	С	0	15	0	6	4	1	0	2*	0
Нижнеперегородочный	Б	0	19	0	2	1	0	0	0	0
	С	0	19	0	4	1	0	1	3*	0
Перегородка	А	0	5	0	5	4	1	0	2*	0
Верхушка	А	0	0	0	5	5	5	0	0	0
Нет изменений	-	0			1			0		

Примечание: цифры в таблице указывают количество пациентов, * — поствоспалительные изменения.

Сокращения: Б — базальный уровень, С — срединный уровень, А — апикальный, ИБС — ишемическая болезнь сердца, Интра — срединный слой миокарда ЛЖ, ЛЖ — левый желудочек, МРТ — магнитно-резонансная томография, Эндо — эндокардиальный слой миокарда ЛЖ, Эпи — эпикардиальный слой миокарда ЛЖ.

Таблица 3

Сопоставление структурных изменений миокарда ЛЖ с зоной его поздней активации

Зона поздней активации, n=37	Поствоспалительный фиброз (n=21)	ИБС (n=12) с рубцом (n=11)	Поствоспалительный фиброз и рубец (n=4)
Не попадает ни в фиброз, ни в рубец, n	14	6	3
Попадает в рубец (с эпикардом), n	0	2	0
Попадает в рубец (эндокард и интрамуральный отдел), n	0	1	0
Попадает в рубец (только эндокард), n	0	1	0
Частично попадает в рубец (эндокард и интрамуральный отдел), n	0	1	1
Частично попадает в рубец (эндокард)	0	1	0
Попадает в фиброз (эпикард и интрамуральный отдел), n	2	0	0
Попадает в фиброз (только эпикард), n	2	0	0
Попадает в фиброз (интрамуральный отдел), n	2	0	0
Частично в фиброз (эпикард и интрамуральный отдел), n	1	0	0

Примечание: цифры в таблице указывают количество пациентов.

Сокращения: ИБС — ишемическая болезнь сердца, ЛЖ — левый желудочек.

изменений миокарда ЛЖ. Термин “частичное совпадение” использовался при расположении поздней зоны на границе двух сегментов и наличием поствоспалительного фиброза или рубца только в одном из этих сегментов ЛЖ.

Кроме того, на аппарате Vivid 7 (GE, Vingmed Dimensions, Norway) с датчиком 2,5 МГц пациентам была выполнена стандартная ЭхоКГ для оценки размеров, объёмов ЛЖ, фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ).

Статистический анализ. Характеристики исследованной группы были представлены с помощью методов описательной статистики. Проверка на нормальность распределения количественных показателей осуществлялась с использованием теста Шапиро-Уилка. Статистически значимыми принимались значения $p < 0,05$. Для непрерывных переменных с ненормальным распределением были рассчитаны медиана и квартили (LQ; UQ). Для непрерывных переменных с правильным распределением была рассчитана сред-

няя величина, а также указаны минимальное и максимальное значение. Качественные переменные представлены в виде абсолютного и относительного числа наблюдений. Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи пакета статистических программ STATISTICA v.10 (StatSoft Inc., USA).

Результаты

Клинико-диагностические характеристики исследованной группы пациентов представлены в таблице 1.

Наиболее часто зона поздней активации по НЭФК выявлялась в базальном отделе на границе заднего и бокового сегментов ЛЖ — 17 пациентов (46%) и в базальном боковом сегменте ЛЖ — 8 (21%) (рис. 3).

На основании МРТ сердца с отсроченным контрастированием получены сегментарные данные о структурных изменениях миокарда ЛЖ. Исходя из этих результатов, все пациенты были разделены на три подгруппы (табл. 2). Подгруппа № 1 (n=21) включала больных с наличием только поствоспалительного фиброза. Подгруппа № 2 включала 12 пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) (11 с рубцом, 6 с реваскуляризацией миокарда). Стоит отметить, что у одного больного из подгруппы с ИБС не был выявлен рубец. Однако по данным коронарографии у него ранее было визуализировано поражение артерий и проведено эффективное стентирование. Подгруппа № 3 включала 4 больных с поствоспалительным фиброзом и ишемическим рубцом (2 с реваскуляризацией миокарда).

Отображенные в таблице 2 результаты демонстрируют, что 25 пациентов имели поствоспалительный фиброз миокарда. Данные изменения наиболее часто локализовались в интрамуральных отделах межжелудочковой перегородки (МЖП) на срединном и базальном уровне. В срединном нижнеперегородочном сегменте МЖП выявлен интрамуральный фиброз у 22 пациентов (88%), в базальном нижнеперегородочном отделе — 19 (76%). В переднеперегородочном базальном сегменте МЖП интрамуральный фиброз определялся у 19 больных (76%), в переднеперегородочном срединном — 17 (68%).

Далее были сопоставлены структурные изменения миокарда с зоной поздней активации эпикарда ЛЖ (табл. 3).

В подгруппе № 1 с поствоспалительным фиброзом лишь у 5 (24%) больных отмечалось полное или частичное совпадение зон поздней активации по НЭФК с поствоспалительным фиброзом эпикарда (изолированным или сочетанным с интрамуральным слоем). У 14 (67%) пациентов эти зоны не совпадали со структурными изменениями миокарда.

В подгруппе № 2 с ИБС в 2 случаях (17%) выявлено обширное поражение и полное совпадение с рубцом, захватывающим эпикард ЛЖ. У 6 больных

(50%) поздние зоны не попадали в структурные изменения миокарда ЛЖ.

В третьей подгруппе ни один из пациентов не имел совпадения зоны поздней активации с поствоспалительным фиброзом или ишемическим рубцом эпикарда ЛЖ.

Обсуждение

Область поздней активации наиболее часто выявлялась в базальном отделе на границе бокового и заднего сегментов или в базальном боковом сегменте ЛЖ. Реже отмечались другие локализации. Полученный результат сопоставим с литературными данными [10, 11].

В настоящее время МРТ обладает наибольшей разрешающей способностью визуализации поствоспалительного фиброза и рубцовой ткани. Более того, такая томография не сопряжена с лучевой нагрузкой, а применяемый контраст не содержит йод. Это расширяет возможности проведения диагностики у больных с ХСН и сопутствующей патологией [12]. В представленном исследовании МРТ с контрастированием позволила выполнить оценку в рамках сегментарной модели и дифференцировки по слоям стенки ЛЖ. На основании полученных данных выделено три подгруппы: поствоспалительный фиброз, ИБС, сочетание поствоспалительных и рубцовых изменений. В нашей работе установлено, что поствоспалительный фиброз миокарда наиболее часто локализовался в интрамуральных отделах МЖП. При этом, ни у одного пациента с изолированным поствоспалительным фиброзом эндокард не был вовлечен в процесс. Полученный результат не противоречит ранее проведенным работам. Так, анализ статей показывает, что регионы отсроченного накопления контраста при неишемическом генезе обычно располагаются в интрамуральном или эпикардальном слоях [13, 14].

В литературе описано использование МРТ для построения 3D модели желудочков сердца с целью определения зоны поздней активации при ПБЛНПГ, однако, без сопоставления с данными о поствоспалительном фиброзе или рубце миокарда [10]. Новизной нашего исследования является проведение такого сопоставления. Для этих целей была применена сегментация 3D модели при НЭФК, аналогичная томографии.

Большинство пациентов не имели совпадения зоны поздней активации с эпикардальным поствоспалительным фиброзом или рубцом. Данным больным возможно проведение целевой имплантации электрода ЛЖ в область интереса без опасения попадания в невозбуждаемый миокард.

В 2 случаях выявлено совпадение с ишемическим рубцом, захватывающим эпикард. Стратегия в данной ситуации предусматривает вначале оценку обширности поражения. После этого решается вопрос о возможности трансвенозной или альтернативной имплантации ЛЖЭ в близлежащие неповрежденные области

в надежде на частичный ответ от СРТ. В двух наших наблюдениях больным возможна только имплантация кардиовертера-дефибриллятора без ЛЖ электрода в связи с обширностью рубцового поля.

В 5 случаях отмечалось совпадение зон с пост-воспалительным фиброзом эпикарда. Данным пациентам при операции рационально изменить позицию ЛЖ электрода с имплантацией в ближайший неповрежденный сегмент. Это целесообразно для того, чтобы значимо не удаляться от зоны поздней активации для большей эффективности от СРТ [3]. В случае имплантации все же в позднюю зону с эпикардальным фиброзом, стимуляция может быть эффективна. Это обусловлено неоднородной “пятнообразной” структурой ткани, за счет чередования замещающей фиброзной ткани и живых миоцитов между ней [14].

Однако стоит осознавать, что на фоне стимуляции в данной зоне возбуждение будет идти медленнее, огибая фиброзные тяжи. В настоящее время больные, у которых выявлено совпадение поствоспалительного фиброза эпикарда и зоны поздней активации, являются наиболее сложными в понимании вопроса о месте имплантации ЛЖ электрода. Требуется дальнейшее исследование на большей выборке по изучению и послеоперационному отслеживанию эффективности СРТ у данных пациентов.

Заключение

Комбинированное использование НЭФК и МРТ в предоперационном периоде обследования позволяет соотносить структурные изменения миокарда ЛЖ с зоной его поздней электрической активации.

Литература

1. Jaffe LM, Morin DP. Cardiac resynchronization therapy: history, present status, and future directions. *Ochsner J* 2014; 14: 596-07.
2. Baldasseroni S, Gentile A, Gorini M, et al. Intraventricular conduction defects in patients with congestive heart failure: left but not right bundle branch block is an independent predictor of prognosis. A report from the Italian Network on Congestive Heart Failure (IN-CHF database). *Ital. Heart J* 2003; 4: 607-13.
3. Gorcsan J, Abraham T, Agler DA, et al. ASE Expert Consensus Statement: Echocardiography for Cardiac Resynchronization Therapy: Recommendations for Performance and Reporting — A Report from the American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group. Endorsed by the Heart Rhythm Society. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21(3): 191-213.
4. Khan FZ, Virdee MS, Palmer CR, et al. Targeted left ventricular lead placement to guide cardiac resynchronization therapy: the TARGET study: a randomized, controlled trial. *J Am Coll Cardiol* 2012; 59: 1509-18.
5. Saba S, Marek J, Schwartzman D, et al. Echocardiography-guided left ventricular lead placement for cardiac resynchronization therapy: results of the Speckle Tracking Assisted Resynchronization Therapy for Electrode Region trial. *Circ Heart Fail* 2013; 6: 427-34.
6. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA, et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study. *Lancet* 2003; 361: 374-79.
7. 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: 1282-88.
8. Zubarev SV, Chmelevsky MP, Budanova MA, et al. Non-invasive electrophysiological mapping of the patients undergoing cardiac resynchronization therapy: the role of left ventricular lead position. *Translyatsionnaya meditsina* 2016; 3: 7-16. Russian (Зубарев С.В., Чмелевский М.П., Буданова М.А. и др. Неинвазивное электрофизиологическое картирование и эффект от кардиоресинхронизирующей терапии: роль позиции левожелудочкового электрода. *Трансляционная медицина* 2016; 3: 7-16).
9. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. AHA Scientific Statement: 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: 539-42.
10. Berger T, Pfeifer B, Hanser FF, et al. Single-beat noninvasive imaging of ventricular endocardial and epicardial activation in patients undergoing CRT. *PLoS One* 2011; 6: 1-7.
11. 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: 2435-43.
12. Sitnikova MYu, Bortsova MA, Galenko VL, et al. Continuum stages for prognosis improvement in different subgroups of heart failure patients: from the organization of management and optimization of physical rehabilitation program to specification of risk factors. *Translyatsionnaya meditsina* 2015; 2: 62-72. Russian (Ситникова М.Ю., Борцова М.А., Галенко В.Л. и др. Этапы континуума для улучшения прогноза в разных подгруппах больных ХСН: от организации менеджмента и оптимизации программы физической реабилитации к уточнению доступных для исследования факторов риска. *Трансляционная медицина* 2015; 2: 62-72).
13. Doltra A, Stawowy P, Dietrich T, et al. Magnetic resonance imaging of cardiovascular fibrosis and inflammation: from clinical practice to animal studies and back. *Biomed Res Int* 2013; 1-10.
14. Mahrholdt H, Goedecke C, Wagner A, et al. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology. *Circulation* 2004; 109: 1250-58.