

Выбор эхокардиографического показателя для оценки разных эффектов сердечной ресинхронизирующей терапии

© Н.Н. ИЛОВ^{1,2}, Д.Р. СТОМПЕЛЬ¹, О.В. ПАЛЬНИКОВА¹, А.А. НЕЧЕПУРЕНКО¹

¹ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, Астрахань, Россия;

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, Астрахань, Россия

Резюме

Цель исследования. Изучить взаимосвязь между ответом на сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ), оцененным по динамике фракции выброса (ФВ) и конечного систолического объема (КСО) левого желудочка (ЛЖ), сердечно-сосудистой летальностью и вероятностью возникновения желудочковых тахикардий (ЖТ).

Материал и методы. В исследование были включены 107 пациентов с ФВ ЛЖ <35%, которым было имплантировано устройство для СРТ с функцией кардиовертера-дефибриллятора (КД) с целью первичной профилактики внезапной сердечной смерти. Пациенты находились под наблюдением в течение 2 лет. Регистрировали конечные точки: пароксизм ЖТ и сердечно-сосудистая смерть (ССС).

Результаты. Эпизод ЖТ был зарегистрирован у 22 (20,6%) больных. Средний период до появления ЖТ составил 21,6 мес (95% ДИ 20,5—22,7). У 10 (9,3%) пациентов в среднем через 22,6 мес (95% ДИ 21,8—23,5) после имплантации устройства для СРТ наступила ССС. Шансы возникновения ЖТ уменьшались у респондеров по ФВ ЛЖ в 4,1 раза (95% ДИ 0,75—0,793; $p=0,027$). Частота ССС в группе респондеров по КСО ЛЖ составила всего 2%, в то время как при отсутствии ответа на СРТ по этому параметру ССС регистрировали у 12,5% пациентов ($p=0,075$). Диагностическая значимость ФВ ЛЖ и КСО ЛЖ при прогнозировании ЖТ и ССС была подтверждена с помощью ROC-анализа.

Вывод. Динамика разных эхокардиографических показателей может указывать на реализацию разных эффектов СРТ. Уменьшение КСО ЛЖ на 15% и более ассоциируется со снижением 2-летней сердечно-сосудистой летальности, в то время как прирост ФВ ЛЖ на $\geq 5\%$ более чувствителен к модификации аритмогенного риска.

Ключевые слова: сердечная недостаточность, желудочковые тахикардии, сердечная ресинхронизирующая терапия.

Информация об авторах:

Илов Н.Н. — <https://orcid.org/0000-0003-1294-9646>

Стомпель Д.Р. — <https://orcid.org/0000-0002-2400-8045>

Пальникова О.В. — <https://orcid.org/0000-0002-4476-5174>

Нечепуренко А.А. — <https://orcid.org/0000-0001-5722-9883>

Автор, ответственный за переписку: Илов Н.Н. — e-mail: nikolay.ilov@gmail.com

Как цитировать:

Илов Н.Н., Стомпель Д.Р., Пальникова О.В., Нечепуренко А.А. Выбор эхокардиографического показателя для оценки разных эффектов сердечной ресинхронизирующей терапии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2022;15(1):19–25. <https://doi.org/10.17116/kardio20221501119>

Echocardiography parameter for evaluation of various effects of cardiac resynchronization therapy

© N.N. ILOV^{1,2}, D.R. STOMPPEL¹, O.V. PALNIKOVA¹, A.A. NECHEPURENKO¹

¹Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan, Russia;

²Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

Abstract

Objective. To study the association between response to cardiac resynchronization therapy (CRT) evaluated by left ventricular (LV) ejection fraction (EF) and end-systolic volume (ESV), cardiovascular mortality (CVM) and ventricular tachyarrhythmias (VT).

Material and methods. A total of 107 patients with LV EF < 35% were included in this study. All patients underwent CRT-D implantation for primary prophylaxis of sudden cardiac death. Patients were followed-up for 2 years. We analyzed primary end-points (VT and CVM).

Results. VT was observed in 22 (20.6%) patients. Mean VT-free period was 21.6 months (95% CI 20.5—22.7). CVM was registered in 10 (9.3%) patients in 22.6 months after CRT-D implantation (95% CI 21.8—23.5). CRT responders (evaluated by LV EF increment) had a 4-fold reduction of VT risk (OR 4.1; 95% CI 0.75—0.793; $p=0.027$). ESV-based CRT responders had a CVM of 2% while non-responders had CVM of 12.5% ($p=0.075$). Diagnostic value of LV EF and ESV for prediction of VT and CVM was validated by ROC-curves.

Conclusion. Modification of different echocardiography parameters may indicate various CRT effects. LV ESV reduction by $\geq 15\%$ is associated with decrease of 2-year CVM while LV EF increment by $\geq 5\%$ is more sensitive for arrhythmic risk modification.

Keywords: heart failure, ventricular arrhythmias, cardiac resynchronization therapy.

Information about the authors:

Ilov N.N. — <https://orcid.org/0000-0003-1294-9646>

Stompel D.R. — <https://orcid.org/0000-0002-2400-8045>

Palnikova O.V. — <https://orcid.org/0000-0002-4476-5174>

Nechepurenko A.A. — <https://orcid.org/0000-0001-5722-9883>

Corresponding author: Ilov N.N. — e-mail: nikolay.ilov@gmail.com

To cite this article:

Ilov NN, Stompel DR, Palnikova OV, Nechepurenko AA. Echocardiography parameter for evaluation of various effects of cardiac resynchronization therapy. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg. = Kard. i serd.-sosud. khir.* 2022;15(1):19–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio20221501119>

Введение

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в лечении хронической сердечной недостаточности (ХСН), это состояние сохраняет статус важнейшей медико-социальной проблемы, ассоциированной с высокой заболеваемостью и смертностью [1]. В Российской Федерации распространенность клинически выраженной ХСН составляет 4,5%, а показатель летальности в этой группе больных достигает 12% [2]. Причиной смерти больных с ХСН является не только формирующийся гемодинамический дефицит, но и возникающие жизнеугрожающие желудочковые тахикардии (ЖТ), которые без оказания экстренной помощи приводят к внезапной сердечной смерти (ВСС) [3].

Выявление у больных с ХСН нарушений межжелудочковой и внутрижелудочковой проводимости позволило сформулировать концепцию сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ), эффективно устраняющей электрическую и механическую диссинхронию [4]. Совершенствование медицинских технологий, правильный отбор больных и повышение приверженности медикаментозной терапии существенно улучшили возможности СРТ в первичной профилактике ВСС [5], даже при отсутствии возможности проведения терапии кардиовертером-дефибриллятором (КД) [6]. Считается, что достигается это благодаря улучшению сократительной функции сердца и формированию обратного ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) [7].

Эффективная СРТ оказывает благоприятное влияние на электрофизиологический субстрат ВСС, корригируя регионарную электрическую гетерогенность миокарда желудочков и снижая вероятность индукции ЖТ [8]. В случае отсутствия гемодинамического ответа от СРТ возможен проаритмогенный эффект, связанный с прогрессивным нарастанием дисперсии реполяризации [9].

Эффективность СРТ традиционно оценивают по динамике эхокардиографических показателей: прирост фракции выброса (ФВ) ЛЖ [10] или снижение конечного систолического объема (КСО) ЛЖ [11]. Мы решили провести исследование, ставящее целью изучить взаимосвязь между ответом на СРТ (оцененным по динамике как КСО ЛЖ, так и ФВ ЛЖ) и сердечно-сосудистой летальностью и вероятностью ЖТ.

Материал и методы

Отбор больных

После подписания информированного согласия в данное проспективное клиническое исследование были включены 107 пациентов с ХСН и низкой ФВ ЛЖ (ХСНнФВ) (3–4-й функциональный класс по NYHA) и полной блокадой левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ), которым было имплантировано устройство для СРТ с функцией дефибриллятора (СРТ-Д). Больные, имеющие документированные устойчивые пароксизмы ЖТ либо эпизоды фибрилляции желудочков (ФЖ), анамнестические данные за перенесенный эпизод ВСС, а также показания для кардиохирургического вмешательства (коррекция клапанной недостаточности, реваскуляризация миокарда), в исследование не включались. Клинико-демографическая характеристика пациентов представлена в **табл. 1**.

Конечные точки исследования

Исходя из целей исследования, в качестве конечных точек были выбраны возникший устойчивый пароксизм

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика больных

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients

Показатель	Значение
Возраст, годы	56 [51; 61]
Мужской пол, <i>n</i> (%)	85 (79,4)
АГ, <i>n</i> (%)	51 (47,7)
ИБС, <i>n</i> (%)	30 (28)
Сахарный диабет, <i>n</i> (%)	20 (18,7)
Ожирение, <i>n</i> (%)	41 (38,3)
Перенесенный инсульт, <i>n</i> (%)	7 (6,5)
ХБП, <i>n</i> (%)	50 (46,7)
Неустойчивая ЖТ, <i>n</i> (%)	3 (2,8)
ФП (любая форма), <i>n</i> (%)	30 (28)
КДО до СРТ, мл	244 [204; 297]
КСО до СРТ, мл	177 [140; 213]
ФВ ЛЖ до СРТ, %	29 [24,5; 34]

Примечание. АГ — артериальная гипертензия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ХБП — хроническая болезнь почек, ЖТ — желудочковая тахикардия, ФП — фибрилляция предсердий.

ЖТ, пароксизм ЖТ/ФЖ, потребовавший дефибрилляции, и сердечно-сосудистая смерть (ССС).

Эффективность СРТ (ответ на СРТ) независимо оценивали по динамике двух показателей. К респондерам относили тех пациентов, у которых на фоне СРТ КСО снижался на $\geq 15\%$, либо регистрировали увеличение ФВ ЛЖ на $\geq 5\%$.

Эхокардиография

Эхокардиографию проводили на аппарате экспертного класса опытным оператором перед имплантацией СРТ-Д и через 1 год после выписки из стационара. ФВ и объемные показатели ЛЖ рассчитывали по модифицированному методу Simpson в 4- и 2-камерной позициях.

Имплантация и программирование СРТ-Д

Имплантацию СРТ-Д проводили согласно принятой методике. Биполярный или квадриполярный левожелудочковый электрод имплантировали при помощи системы доставки в одну из вен коронарного синуса. Предпочтительной для имплантации была боковая вена сердца, обычно располагающаяся над зоной поздней активации ЛЖ у больных с ПБЛНПГ.

Для обеспечения стимуляции ЛЖ выбирали вектор с меньшим порогом стимуляции и отсутствием стимуляции диафрагмального нерва. Подбор предсердно-желудочковой задержки осуществляли таким образом, чтобы обеспечить максимальный (приблизительный к 100%) процент бивентрикулярной стимуляции. Межжелудочковую задержку определяли по минимальной продолжительности стимулированного желудочкового комплекса на ЭКГ. При наличии возможности для подбора задержек использовали автоматические алгоритмы производителей [12].

Программирование КД осуществляли таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность необоснованных срабатываний и по возможности заменить высоковольтные разряды на антитахикардийную стимуляцию. Для детекции желудочковых нарушений ритма сердца применяли двухзональное программирование (зона ЖТ=160 уд/мин, зона ФЖ=200 уд/мин) с активацией алгоритмов дискриминации наджелудочковых тахикардий.

Послеоперационное наблюдение

Период наблюдения составил 2 года. Пациенты приглашались на визит в клинику через 3—12—24 мес после имплантации. Во время визита проводили тестирование устройства, анализировали сохраненные внутрисердечные эндограммы. Дополнительно 65 (60,7%) пациентов были включены в программу удаленного мониторинга за КД (Medtronic Carelink).

Статистический анализ

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа с использованием программы IBM SPSS Statistics 23. Центральные тенденции и рассеяния количественных признаков, имеющих приблизительно нормальное распределение, описывали в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» ($M \pm SD$), в случае отличного от нормального распределения — в виде медианы и межквартильного интервала ($Me [Q1; Q3]$). Сравнение показателей, измеренных в номинальной шка-

ле, проводили при помощи критерия χ^2 Пирсона. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей использовали отношение шансов (ОШ). Для оценки прогностической значимости количественных признаков и определения оптимального разделяющего значения (cut-off value) при определении вероятности наступления исследуемых конечных точек применяли анализ ROC-кривых. Качество моделей оценивали по значениям площади под ROC-кривой.

Результаты

На фоне СРТ отмечали достоверное повышение ФВ ЛЖ с 29 [24,5; 34] до 33% [28; 40] ($p=0,02$) и снижение КСО ЛЖ с 177 [140; 213] до 151 мл [114; 195] ($p=0,001$).

ФВ ЛЖ возросла у 63,5% больных, но респондерами по этому показателю оказались 45 (42,1%). При этом у 38 больных ФВ ЛЖ превысила 35%. Уменьшение КСО ЛЖ было зарегистрировано у 64% пациентов, у 44 (41,1%) из них эта динамика достигла критериев эффективности СРТ ($\geq 15\%$). Значимых отличий по большинству клинико-демографических показателей между респондерами и нереспондерами СРТ выявлено не было.

Эпизод ЖТ был зарегистрирован у 22 (20,6%) больных. Средний период до возникновения ЖТ составил 21,6 мес (95% ДИ 20,5—22,7). У 10 (9,3%) пациентов в среднем через 22,6 мес (95% ДИ 21,8—23,5) после имплантации СРТ-Д наступила СССР.

При сравнении частоты ЖТ в зависимости от ответа на СРТ, оцененного по ФВ ЛЖ, были получены статистически значимые различия ($p=0,027$) (рис. 1). Шансы возникновения ЖТ уменьшались у респондеров по ФВ ЛЖ в 4,1 раза (95% ДИ 0,75—0,793). Достоверного влияния прироста ФВ ЛЖ на $\geq 5\%$ на сердечно-сосудистую летальность выявлено не было (табл. 2).

Частота СССР в группе респондеров по КСО ЛЖ составила всего 2%, в то время как при отсутствии ответа на СРТ по этому параметру СССР регистрировали у 12,5% пациентов (рис. 2). Уровень значимости различий частоты СССР при клинически значимом снижении КСО ЛЖ был близок к критическому ($p=0,075$).

Диагностическая значимость ФВ ЛЖ и КСО ЛЖ при прогнозировании ЖТ и СССР была оценена с помощью метода ROC-кривых (рис. 3). Было найдено оптимальное разделяющее значение ФВ ЛЖ и КСО ЛЖ, позволяющее классифицировать пациентов по степени риска возникновения конечных точек (табл. 3).

Обсуждение

Клиническое значение уменьшения КСО ЛЖ на фоне СРТ

Полученные результаты показывают, что снижение КСО ЛЖ на 15% и более не только отражает позитивный гемодинамический ответ в раннем постимплантационном периоде, но и имеет отдаленное влияние на клинический статус пациентов, находящихся на СРТ. Похожие выводы были сделаны и в анализе 356 больных из исследования PREDICT-CRT, доказавшем, что волюметрический ответ на СРТ, оцененный через 1 год после имплантации, ассоциирован с отдаленной летальностью. Снижение КСО ЛЖ на каждые 10% от исходного уровня уменьшало смертность на 8% [13].

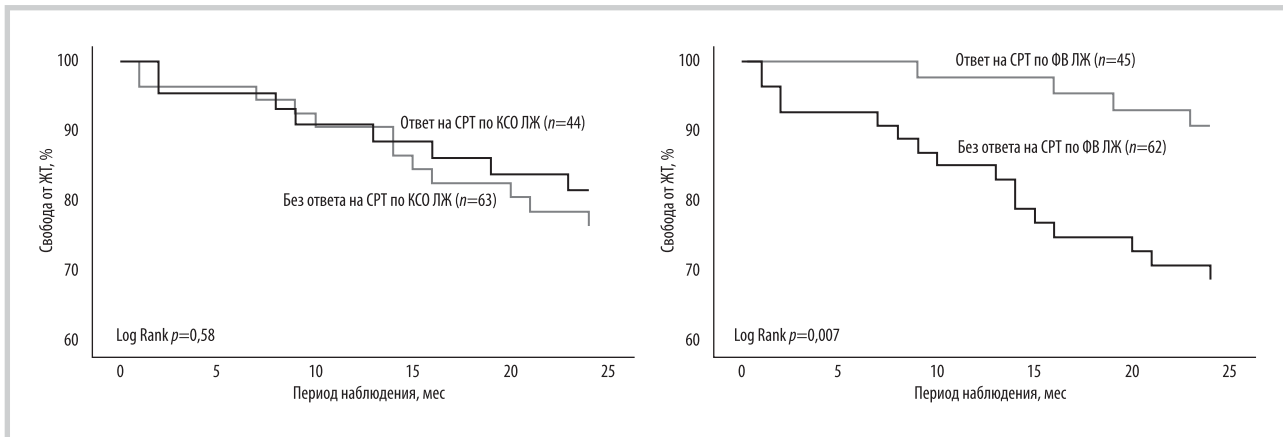


Рис. 1. Кривая Каплана—Майера, отражающая аритмический риск у пациентов с ХСНнФВ и разным ответом на СРТ.
Fig. 1. Kaplan—Meier curve of arrhythmic risk in patients with HFrEF and different responses to CRT.

Таблица 2. Влияние СРТ на обратное ремоделирование ЛЖ и возникновение конечных точек исследования

Параметр	Оценка по ФВ ЛЖ			Оценка по КСО ЛЖ		
	ответ (n=45)	нет ответа (n=62)	p-критерий	ответ (n=44)	нет ответа (n=63)	p-критерий
КДО после СРТ, мл	195 [154; 221]	240 [217,5; 301]	0,0001	179 [144; 214]	260 [220; 308]	0,0001
КСО после СРТ, мл	115 [75; 150]	173 [150; 208]	0,0001	179 [144; 214]	184 [150; 216]	0,0001
ФВ ЛЖ после СРТ, %	40 [33; 48]	29 [25; 33]	0,0001	41 [33,5; 49,5]	29 [25; 33]	0,0001
Время до возникновения конечной точки, мес	24 [24; 24]	24 [13,5; 24]	0,02	24 [24; 24]	24 [16; 24]	0,18
ССС, n (%)	2 (4,4)	7 (11,3)	0,292	1 (2,3)	7 (11,1)	0,075
Эпизоды ЖТ, n (%)	4 (8,9)	16 (25,8)	0,022	8 (18,2)	12 (21,4)	0,686

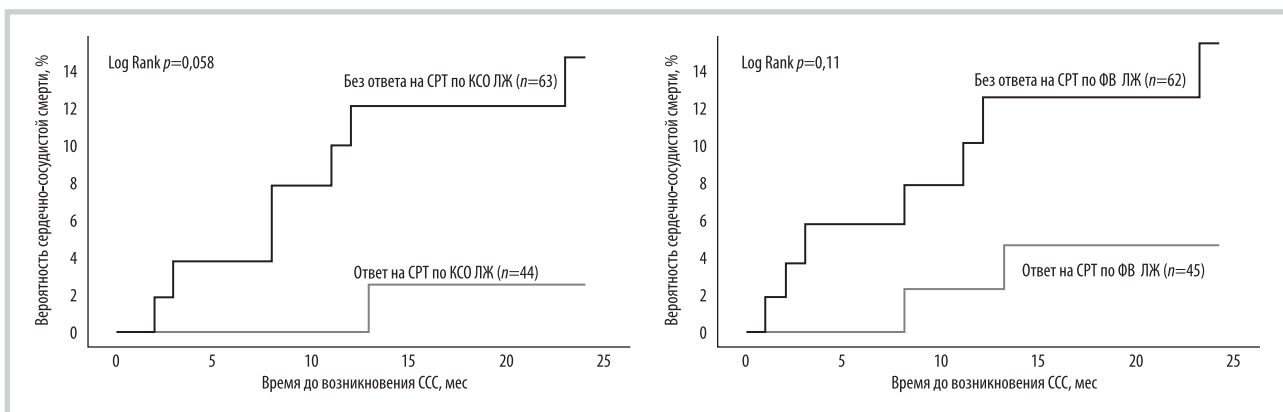


Рис. 2. Кривая Каплана—Майера, отражающая вероятность сердечно-сосудистой смерти у больных с ХСНнФВ и разным ответом на СРТ.
Fig. 2. Kaplan—Meier curve of cardiovascular mortality in patients with HFrEF and different responses to CRT.

A. Van der Heijden и соавт. [14] в длительном наблюдении 512 больных на СРТ обнаружили, что изменение КСО ЛЖ через 6 мес после имплантации СРТ-Д связано с различиями в сердечно-сосудистой летальности. В то же время даже при суперответе 5-летняя частота ЖТ оставалась высокой (23%) и достоверно не различалась между сравниваемыми группами.

Если влияние динамики КСО ЛЖ на ССС не подвергается сомнению, то взаимосвязь такого гемодинамического

ответа и вероятности возникновения ЖТ прослеживается не всегда, а большая часть данных, доказывающих существование такой ассоциации, касается пациентов с суперответом на СРТ [15, 16].

Проанализировав полученные ROC-кривые, мы определили, что КСО ЛЖ ≤ 88 мл позволяет с 95,5% чувствительностью и 80,2% специфичностью классифицировать больных с ХСНнФВ, находящихся на СРТ, по степени риска ЖТ.

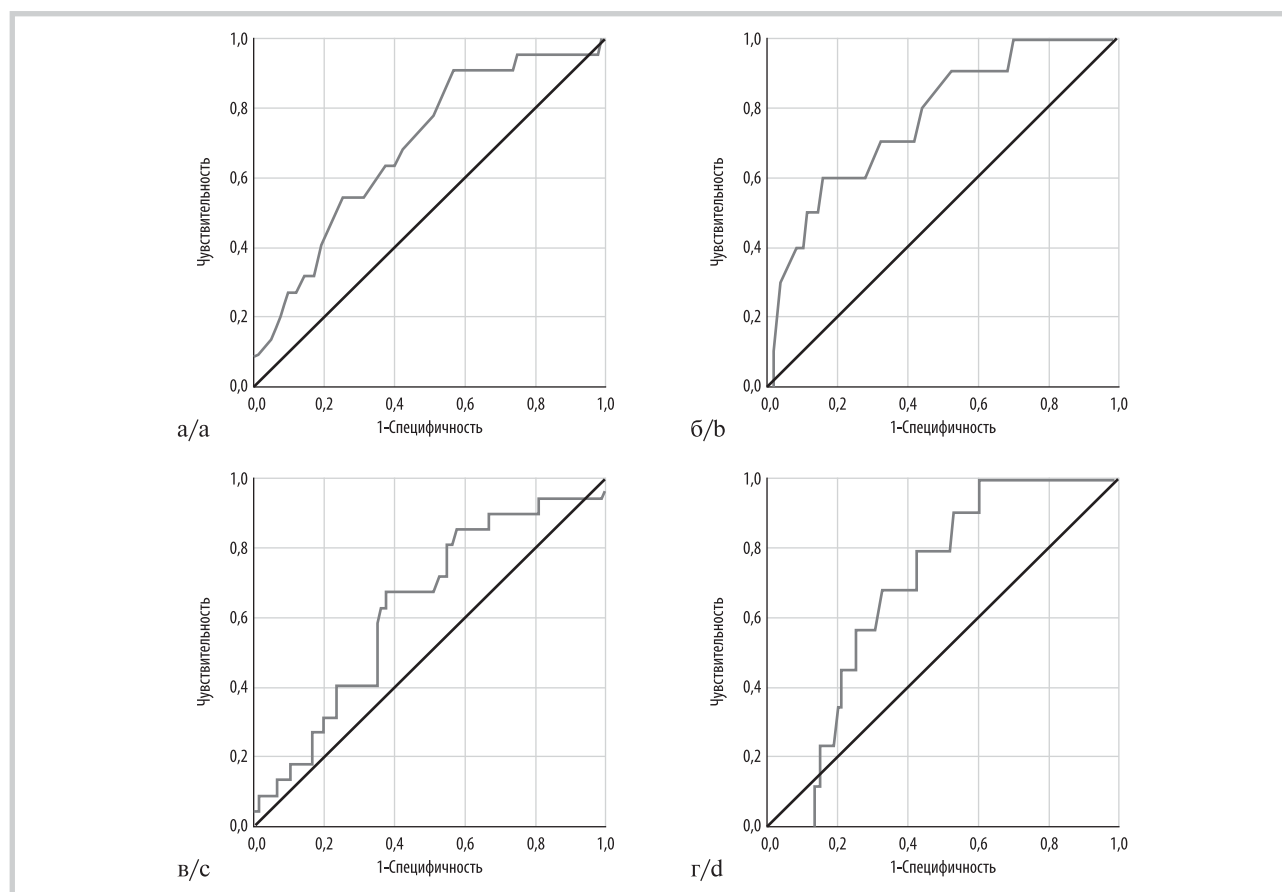


Рис. 3. ROC-кривые, отображающие взаимосвязь между эхокардиографическими параметрами на фоне СРТ и исследуемыми конечными точками: ФВ ЛЖ и ЖТ (а), ФВ ЛЖ и ССС (б); КСО ЛЖ и ЖТ (в), КСО ЛЖ и ССС (г).

Fig. 3. ROC-curves of relationship between echocardiography parameters under CRT and various endpoints: LV EF and VT (a), LV EF and CVM (b); LV ESV and VT (c), LV ESV and CVM (d).

Таблица 3. Прогностические возможности динамики ФВ ЛЖ и КСО ЛЖ на фоне СРТ

Table 3. Predictive capabilities of LV EF and LV ESV changes following CRT

Параметр	Прирост ФВ ЛЖ		Снижение КСО ЛЖ	
	вероятность ЖТ	вероятность ССС	вероятность ЖТ	вероятность ССС
Площадь под ROC-кривой	0,692	0,767	0,641	0,686
Стандартная ошибка	0,062	0,75	0,063	0,065
Значение <i>p</i>	0,006	0,006	0,043	0,067
95% доверительный интервал	0,571—0,813	0,62—0,915	0,517—0,766	0,558—0,813
Пороговое значение ФВ ЛЖ в точке cut-off, %	35	35	88	88
Чувствительность, %	90,9	90	95,5	100
Специфичность, %	56,6	55,8	80,2	81,9

Клиническое значение прироста ФВ ЛЖ на фоне СРТ

ФВ ЛЖ может отражать наличие потенциального морфологического субстрата ВСС [17], что может объяснять наши результаты: шансы возникновения ЖТ при увеличении ФВ ЛЖ на 5% и более снижались в 4,1 раза (95% ДИ 0,75—0,793; $p=0,027$).

Устранение или снижение интенсивности механической дисперсии миокарда является основным патогенетическим объяснением позитивного влияния СРТ на частоту ЖТ [18]. Согласно недавно опубликованным данным, увеличение ФВ ЛЖ на фоне СРТ значительно снижает частоту ЖТ [19]. Меж-

ду тем в нашем исследовании порядка 9% (4) больных, ответивших на СРТ увеличением ФВ ЛЖ более чем на 5%, все же пережили эпизод ЖТ. Стоит заметить, что 3 из них имели ФВ ЛЖ <35% через 1 год после имплантации, т.е. несмотря на значительное увеличение ФВ ЛЖ по сравнению с исходным уровнем, продолжили находиться в когорте больных с высоким аритмическим риском [20]. Согласно нашим данным, в случае достижения на фоне СРТ значения ФВ ЛЖ $\geq 35\%$ у больных с ХСНнФВ снижается как аритмический риск, так и вероятность летального исхода вследствие декомпенсации сердечной деятельности.

Ограничения исследования

Данное исследование имеет несколько ограничений. Главным из них является относительно небольшое число включенных пациентов. Конечную точку оценивали на основании данных опроса имплантированных КД. Ограничением идентификации эпизодов ЖТ была величина нижней частоты детектируемых устройством желудочковых событий (для всех пациентов это желудочковая аритмия с частотой <160 в 1 мин). По этой причине эпизоды ЖТ с более низкой частотой могли быть не диагностированы.

Заключение

В исследовании было продемонстрировано, что динамика разных эхокардиографических показателей может указывать на реализацию разных эффектов СРТ.

Уменьшение КСО ЛЖ на 15% и более ассоциируется со снижением 2-летней сердечно-сосудистой летальности, в то время как прирост ФВ ЛЖ на 5% и более чувствителен к модификации аритмогенного риска. При достижении ФВ ЛЖ $\geq 35\%$ на фоне СРТ у больных с ХСНнФВ снижается как аритмический риск, так и вероятность летального исхода вследствие декомпенсации сердечной деятельности. КСО ЛЖ >88 мл может свидетельствовать о сохраняющемся риске ЖТ.

Полученная информация может оказаться полезной при оценке эффективности СРТ и решении вопроса о целесообразности КД терапии у конкретного больного с СРТ устройством.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Fomin IV. Chronic heart failure in russian federation: What do we know and what to do. *Russ J Cardiol.* 2016;136:7-13. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-8-7-13>
- Mareev VY, Fomin OV, Ageev FT, Begrambekova YL, Vasyuk YA, Garganeeva AA, et al. Russian heart failure society, Russian society of cardiology. Russian scientific medical society of internal medicine guidelines for heart failure: Chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya.* 2018;58:8-164. <https://doi.org/10.18087/cardio.2475>
- Packer M. What causes sudden death in patients with chronic heart failure and a reduced ejection fraction? *Eur Heart J.* 2020;41:1757-1763. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz553>
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail.* 2016;18:891-975. <https://doi.org/10.1002/ejhf.592>
- Barra S, Providência R, Narayanan K, Boveda S, Duehmke R, Garcia R, et al. Time trends in sudden cardiac death risk in heart failure patients with cardiac resynchronization therapy: a systematic review. *Eur Heart J.* 2020;41:1976-1986. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz773>
- Cleland JGF, Daubert J-C, Erdmann E, Freemantle N, Gras D, Kappenberger L, et al. Longer-term effects of cardiac resynchronization therapy on mortality in heart failure [the CARDiac REsynchronization-Heart Failure (CARE-HF) trial extension phase]. *Eur Heart J.* 2006;27:1928-1932. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl099>
- Galand V, Singh JP, Heist EK. Can cardiac resynchronization therapy be used as a tool to reduce sudden cardiac arrest risk? *Prog Cardiovasc Dis.* 2019;62:242-248. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.04.004>
- Aiba T, Hesketh GG, Barth AS, Liu T, Daya S, Chakir K, et al. Electrophysiological Consequences of Dyssynchronous Heart Failure and Its Restoration by Resynchronization Therapy. *Circulation.* 2009;119:1220-1230. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.794834>
- Cvijić M, Antolić B, Klemen L, Zupan I. Repolarization heterogeneity in patients with cardiac resynchronization therapy and its relation to ventricular tachyarrhythmias. *Heart Rhythm.* 2018;15:1784-1790. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.06.023>
- Singh JP, Solomon SD, Fradley MG, Barac A, Kremer KA, Beck CA, et al. Association of Cardiac Resynchronization Therapy With Change in Left Ventricular Ejection Fraction in Patients With Chemotherapy-Induced Cardiomyopathy. *JAMA.* 2019;322:1799. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.16658>
- Leclercq C, Burri H, Curnis A, Delnoy PP, Rinaldi CA, Sperzel J, et al. Rationale and design of a randomized clinical trial to assess the safety and efficacy of multipoint pacing therapy: MORE RESPONSE on Cardiac Resynchronization Therapy with MultiPoint Pacing (MORE-CRT MPP—PHASE II). *Am Heart J.* 2019;209:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2018.12.004>
- Covino G, Volpicelli M, Capogrosso P. Automatic Continuous CRT Optimization to Improve Hemodynamic Response: An Italian Single-Center Experience. *Int J Vasc Med.* 2020;2020:7942381. <https://doi.org/10.1155/2020/7942381>
- Stankovic I, Belmans A, Prinz C, Ciarka A, Daraban AM, Kotrc M, et al. The association of volumetric response and long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017;18:1109-1117. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex188>
- Van Der Heijden AC, Höke U, Thijssen J, Borleffs CJW, Van Rees JB, Van Der Velde ET, et al. Super-responders to cardiac resynchronization therapy remain at risk for ventricular arrhythmias and benefit from defibrillator treatment. *Eur J Heart Fail.* 2014;16:1104-1111. <https://doi.org/10.1002/ejhf.152>
- Killu AM, Mazo A, Grupper A, Madhavan M, Webster T, Brooke KL, et al. Super-response to cardiac resynchronization therapy reduces appropriate implantable cardioverter defibrillator therapy. *Europace.* 2018;20:1303-1311. <https://doi.org/10.1093/europace/eux235>
- Barsheshet A, Wang PJ, Moss AJ, Solomon SD, Al-ahmad A, McNitt S, et al. Reverse Remodeling and the Risk of Ventricular Tachyarrhythmias in the MADIT-CRT (Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial — Cardiac Resynchronization Therapy). 2011;57:24:2416-2423. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.12.041>

17. Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л. Сравнение эхокардиографических методик Тейхольца и Симпсона в оценке систолической функции левого желудочка у больных ишемической болезнью сердца. *Лучевая диагностика и терапия*. 2015;1:76-81. Babukov RM, Bartosh FL. Comparison of echocardiographic techniques teichholz and simpson in assessing left ventricular systolic function in patients with coronary heart disease. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2015;1:76-81. (In Russ.). <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2015-1-76-81>
18. Hasselberg NE, Haugaa KH, Bernard A, Ribe MP, Kongsgaard E, Donal E, et al. Left ventricular markers of mortality and ventricular arrhythmias in heart failure patients with cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17:343-350. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev173>
19. Briongos FS, Estevez A, Perez M, Martinez-Ferrer J, Alvarez L, Anguera I, et al. Impact of an adaptive CRT optimization algorithm on the risk of life-threatening ventricular arrhythmias of heart failure patients. *Eur Heart J*. 2020;41(suppl 2):ehaa946.0763. <https://doi.org/10.1093/ehjci/ehaa946.0763>
20. Priori SG, Blomstrom-Lundqvist C, Mazzanti A, Bloma N, Borggrefe M, Camm J, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death the Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the Europea. *Eur Heart J*. 2015;36:2793-2867. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv316>

Поступила 15.02.2021

Received 15.02.2021

Принята к печати 17.04.2021

Accepted 17.04.2021