CC BY 4.0

https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-1-140-148
УДК 616.12-085:616.124.3-073.756.8

Фракция выброса правого желудочка по данным магнитно-резонансной томографии сердца – дополнительный предиктор ответа на сердечную ресинхронизирующую терапию (одноцентровое исследование случай-контроль)

Ушаков Р.Ю., Дурманов С.С., Палькова В.А., Базылев В.В.

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Пенза) («ФЦССХ» Минздрава России (г. Пенза)), 440071, Российская Федерация, Пенза, ул. Стасова, 6

Аннотация

Обоснование. В условиях высокой стоимости устройств для сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) критически важным становится поиск надежных дооперационных предикторов ответа, позволяющих оптимизировать отбор пациентов. Одним из перспективных прогностических факторов считается систолическая функция правого желудочка (ПЖ). Однако имеющиеся данные противоречивы, а эхокардиография (ЭхоКГ) не обеспечивает точной количественной оценки фракции выброса (ФВ) ПЖ ввиду анатомических особенностей камеры. Магнитно-резонансная томография (МРТ) – «золотой стандарт» для оценки объемов и функции ПЖ, но ее роль в прогнозировании ответа на СРТ изучена недостаточно из-за малочисленности существующих исследований.

Цель: изучить связь между исходной ФВ ПЖ, измеренной при помощи МРТ сердца, и эхокардиографическим ответом на СРТ.

Материал и методы. Выполнено одноцентровое ретроспективное исследование 368 пациентов, которым в период с 2014 по 2021 гг. в ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (г. Пенза) в соответствии с действующими клиническими рекомендациями имплантирован СРТ-П или СРТ-Д (с функцией кардиовертера-дефибриллятора), а также выполнено МРТ сердца непосредственно перед имплантацией. Отобраны 113 пациентов, которые в зависимости от наличия ответа разделены на две группы: респондеры и нереспондеры. Критерии ответа на СРТ – прирост ФВ на 5% и / или уменьшение конечно-систолического объема (КСО) на 15% от исходных значений.

Результаты. Полученные группы были сопоставимы по основным клинико-демографическим показателям, а также функциональному классу (ФК) хронической сердечной недостаточности (ХСН), ФВ левого желудочка (ЛЖ) и длительности комплекса QRS; различия заключались только в большей частоте встречаемости ишемической кардиомиопатии (ИКМП) в группе нереспондеров. При сравнении исходных МРТ-показателей в группе нереспондеров отмечались более низкие значения ФВ ПЖ (46 [39; 51] и 32 [22; 43] p = 0,001) и более высокие значения конечно-диастолического объема (КДО) и КСО ПЖ, а также чаще встречалась 2-я степень трикуспидальной регургитации (ТР). В послеоперационном периоде группы не различались по продолжительности стимулированного QRS. С целью поиска потенциальных предикторов ответа на СРТ были построены однофакторные модели логистической регрессии для исследуемых количественных и категориальных показателей и выбраны 4 показателя, влияющие на конечную точку: ИКМП (ОШ 0,381; 95% ДИ 0,157–0,924; p = 0,033), КСО ЛЖ (ОШ 0,994; 95% ДИ 0,920–0,999; p = 0,011), ФВ ПЖ (ОШ 1,060; 95% ДИ 0,992–1,132; p = 0,083), ТР 2-й степени и выше (ОШ 0,696; 95% ДИ 0,233–0,992; p = 0,040). С этими показателями в качестве предикторов ответа на СРТ построена многофакторная модель логистической регрессии, в которой статистически значимое влияние на наличие ответа на СРТ зафиксировано у двух показателей: ИКМП (ОШ 0,326; 95% ДИ 0,115–0,924; p = 0,035) и ФВ ПЖ (ОШ 1,057; 95% ДИ 1,022–1,094; p = 0,001).

Выводы. Продемонстрировано, что пациенты со стандартными показаниями к СРТ и более низкой ФВ ПЖ, согласно данным МРТ сердца, реже отвечают на терапию. Показатели ФВ ПЖ и ИКМП были независимо связаны с ответом на СРТ: ФВ ПЖ имеет прямое влияние, а наличие ИКМП – обратное влияние.

Ключевые слова:	фракция выброса правого желудочка; сердечная ресинхронизирующая терапия; магнитно-резонансная терапия сердца; респондер, сердечная недостаточность.
Финансирование:	исследование проводилось без финансовой поддержки грантов, общественных, некоммерческих, коммерческих организаций и структур.
Соответствие принципам этики:	протокол исследования был одобрен локальным комитетом по этике (протокол № 124, заседание от 12.12.2024 г.).

Ушаков Роман Юрьевич, e-mail ushakov_raman@mail.ru.

© Ушаков Р. Ю., Дурманов С. С., Палькова В. А., Базылев В. В., 2026

Для цитирования:	Ушаков Р.Ю., Дурманов С.С., Палькова В.А., Базылев В.В. Фракция выброса правого желудочка по данным магнитно-резонансной томографии сердца – дополнительный предиктор ответа на сердечную ресинхронизирующую терапию (одноцентровое исследование случай-контроль). *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2026;41(1):140–148. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-1-140-148

Right ventricular ejection fraction by cardiac magnetic resonance imaging is an additional predictor of response to cardiac resynchronization therapy (a single-center case-control study)

Ushakov R.Y., Durmanov S.S., Palkova V.A., Bazylev V.V.

Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” Ministry of Health of The Russian Federation (Federal Center for Cardiovascular Surgery), 6, Stasova str., Penza, 440071, Russian Federation

Abstract

Introduction. Given the high cost of cardiac resynchronization therapy (CRT) devices, the search for reliable preoperative predictors of response to optimize patient selection becomes critically important. One promising prognostic factor is right ventricular (RV) systolic function. However, existing data are contradictory, and echocardiography does not provide an accurate quantitative assessment of right ventricular ejection fraction (RVEF) due to the chamber's anatomical peculiarities. Cardiac magnetic resonance imaging (MRI) is the gold standard for assessing RV volumes and function, but its role in predicting response to CRT has been insufficiently studied due to the limited number of existing studies.

Aim: To study the association between baseline RV EF, measured by cardiac MRI, and echocardiographic response to CRT.

Material and Methods. A single-center retrospective study was conducted involving 368 patients who received a CRT-P or CRT-D (with cardioverter-defibrillator function) implant at the Federal Center for Cardiovascular Surgery (Penza, Russia) between 2014 and 2021 in accordance with current clinical guidelines and who underwent cardiac MRI immediately prior to implantation. A total of 113 patients were selected. CRT response criteria were defined as an increase in left ventricular ejection fraction (LVEF) by ≥ 5% and/or a reduction in left ventricular end-systolic volume (LVESV) by ≥ 15% from baseline. Based on response, patients were divided into two groups: responders and non-responders.

Results. The formed groups were comparable in terms of key clinical and demographic characteristics, as well as heart failure functional class, LVEF, and QRS duration. The only difference was a higher frequency of ischemic cardiomyopathy (ICM) in the non-responder group. When comparing baseline MRI parameters, the non-responder group had significantly lower RVEF values (46 [39; 51] vs. 32 [22; 43], p = 0.001), higher right ventricular end-diastolic and end-systolic volumes, and a higher frequency of moderate (grade 2) or greater tricuspid regurgitation (TR). In the postoperative period, the groups did not differ in paced QRS duration. As expected, the groups differed significantly in LVEF and left ventricular end-diastolic volume. Univariate regression analysis identified four indicators statistically significantly associated with the endpoint: ICM (OR 0.381, 95% CI 0.157–0.924, p = 0.033), LVESV (OR 0.994, 95% CI 0.990–0.999, p = 0.011), RVEF (OR 1.060, 95% CI 0.992–1.132, p = 0.083), and TR grade ≥ 2 (OR 0.696, 95% CI 0.233–0.992, p = 0.040). Multivariate regression analysis using these indicators revealed that only two maintained a statistically significant association with CRT response: ICM (OR 0.326, 95% CI 0.115–0.924, p = 0.035) and RVEF (OR 1.057, 95% CI 1.022–1.094, p = 0.001).

Conclusion. The study demonstrated that patients with standard indications for CRT and lower baseline RVEF measured by cardiac MRI are less likely to respond to therapy. RVEF and ICM were independently associated with CRT response: RVEF showed a direct relationship, while the presence of ICM showed an inverse relationship.

Keywords:	right ventricular ejection fraction; cardiac resynchronization therapy; cardiac magnetic resonance imaging; responder.
Funding:	the study was conducted without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations, or other entities.
Compliance with ethical standards:	the study protocol was approved by the local ethics committee (protocol No. 124, meeting dated 12.12.2024).

For citation: Ushakov R.Y., Durmanov S.S., Palkova V.A., Bazylev V.V. Right ventricular ejection fraction by cardiac magnetic resonance imaging is an additional predictor of response to cardiac resynchronization therapy (a single-center case-control study). *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2026;41(1):140–148. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-1-140-148

Введение

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) является основным методом лечения больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН) со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), обусловленной диссинхронией на фоне полной блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ)[1].

Эффективность данной методики не вызывает сомнений, однако, согласно различным исследованиям, от 30 до 48% пациентов не отвечают на лечение [1, 2]. Высокая стоимость устройств обосновывает необходимость поиска новых дооперационных предикторов ответа на ресинхронизирующую терапию.

Высказано предположение о том, что исследование исходной систолической функции правого желудочка (ПЖ) может быть полезным для прогнозирования ответа на СРТ. Результаты проведенных исследований в данной области носят противоречивый характер. Кроме того, учитывая анатомические особенности ПЖ, рутинная визуализация методом эхокардиографии (ЭхоКГ) затруднена, и в большинстве опубликованных работ использовались косвенные эхокардиографические показатели систолической функции. Исследования, в которых выполнялась магнитно-резонансная томография сердца (МРТ) для оценки ФВ ПЖ, носят единичный характер и ограничены небольшим количеством пациентов [3–5].

Цель исследования: изучить связь между исходной ФВ ПЖ, измеренной при помощи МРТ сердца, и эхокардиографическим ответом на СРТ.

Материал и методы

Для проведения исследования «случай-контроль» получено соответствующее одобрение локального этического комитета (протокол № 124, заседание от 12.12.2024 г.). Ретроспективно оценены электронные истории болезни 368 пациентов, которым в период с 2014 по 2021 гг. в ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (г. Пенза) в соответствии с действующими клиническими рекомендация имплантирован СРТ-П или СРТ-Д (с функцией кардиовертера-дефибриллятора).

Критерии включения:

1. ИКМП / ДКМП с ФВ ЛЖ ≤ 35% по данным МРТ (при наличии в анамнезе реваскуляризации коронарных артерий, перенесенного инфаркта миокарда, соответствующего паттерна накопления контрастного вещества пациенты относились к группе с ИКМП).
2. Полная БЛНПГ шириной QRS > 130 мс.
3. МРТ сердца перед имплантацией сроком не более 3 мес.
4. ЭхоКГ в отдаленном периоде после имплантации.
5. Доступные результаты проверки СРТ.

Критерии исключения:

1. Реконструктивные операции на клапанах сердца и ЛЖ в анамнезе.
2. Нецелевые значения бивентрикулярной стимуляции.
3. Гибель пациента в срок до 12 мес., не позволяющая сделать вывод об ответе на СРТ.

После проверки на соответствие критериям включения / исключения отобраны 113 пациентов. Согласно клиническим рекомендациям, все пациенты на момент имплантации получали оптимальную медикаментозную терапию основного и сопутствующих заболеваний.

Проводилась МРТ сердца с контрастированием на МР-томографе Siemens Magnetom Avanto, 1,5 Тл. Методика оценки систолической функции ПЖ и ЛЖ, анализ накопления контрастного вещества подробно описаны в данной работе [7].

Пациентам имплантированы устройства Allure RF (St. Jude Medical), Consalta, Claria MRI DF-1 (Medtronic), Iforia HF-T DF-1, Intica Neo 5 «BIOTRONIK SE & Co. KG». Имплантацию выполняли по общепринятой методике. Биполярный электрод имплантировали при помощи системы доставки в одну из ветвей коронарного синуса, предпочтительно в боковую вену сердца, обычно располагающуюся над зоной поздней активации ЛЖ у больных с полной БЛНПГ. У одного пациента ввиду анатомических особенностей электрод был имплантирован транссептальным доступом в полость ЛЖ.

Опрос и настройку СРТ проводили в день выписки из стационара. Предсердно-желудочковую задержку подбирали для достижения максимального процента бивентрикулярной стимуляции, межжелудочковую задержку с учетом длительности комплекса QRS на ЭКГ в 12 отведениях. Послеоперационное наблюдение за пациентами осуществлял врач-аритмолог поликлиники ФЦССХ (г. Пенза), первую проверку устройства проводили в срок от 3 до 6 мес., дальнейшее наблюдение осуществляли 1 раз в 12 мес. Пациентам, которые страдали фибрилляцией предсердий, вторым этапом дополнительно выполняли радиочастотную аблацию (РЧА) атриовентрикулярного (АВ) соединения. Контрольное эхокардиографическое исследование проводили во время второго визита через 12 мес. после первичной имплантации устройства. Эхокардиографическими критериями ответа на СРТ являлись прирост ФВ на 5% и / или уменьшение КСО на 15% от исходных значений.

В зависимости от наличия или отсутствия ответа на СРТ пациенты были разделены на две группы: 1-я группа – пациенты, ответившие на терапию (респондеры), 2-я группа – пациенты, не ответившие на терапию (нереспондеры). Все клинические данные пациентов были взяты из электронных историй болезни («Медиалог 7.10 B0119»).

[1] Бойцов С.А., Бубнова М.Г., Васюк Ю.А. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал.* 2024;29(11):6162. https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162. EDN WKIDLJ

Статистическую обработку материала выполняли с использованием пакета программ SPSS 27 (SPSS, Чикаго, Иллинойс, США). Основные характеристики пациентов были стратифицированы на основании ответа на ресинхронизирующую терапию. Описание и сравнение количественных показателей выполняли с учетом распределения. Проверку на нормальность распределения количественных показателей проводили с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. При подтверждении нормальности распределения данные описывали средним значением (*M*) и стандартным отклонением (*SD*), и сравнение средних значений показателя в двух независимых группах выполняли с помощью *t*-критерия Стьюдента. При отсутствии нормальности распределения указывали значения медианы (*Me*) и межквартильного промежутка [*Q1*; *Q3*]; показатели сравнивались в двух независимых группах с помощью критерия Манна – Уитни. Сравнение показателей, измеренных в номинальной шкале, проводили при помощи χ^2-критерия Пирсона. В множественном регрессионном анализе рассматривали показатели, предикторная роль которых была предварительно установлена с помощью однофакторного анализа. Для построения многофакторной модели логистической регрессии применяли одновременный метод включения переменных в уравнение. Зависимой переменной являлось достижение конечной точки. Адекватность построенной модели данным оценивали с использованием показателей R2 Найджелкерка и Хосмера – Лемешова. Для оценки прогностического качества построенной многофакторной модели выполнили ее ROC-анализ.

Результаты

Медиана периода наблюдения составила 53 мес. [26; 83]. Среди пациентов, отобранных в данное исследование, 27 человек имели ишемическую этиологию ХСН, 86 пациентов страдали дилатационной кардиомиопатией (ДКМП). У большинства пациентов сохранялся синусовый ритм; 34 пациента страдали фибрилляцией предсердий, 32 из них после имплантации прошли РЧА АВ узла с целью достижения целевого уровня бивентрикулярной стимуляции. До имплантации СРТ 34 пациентам была выполнена реваскуляризация коронарного русла. СРТ-Д была имплантирована 45 пациентам, остальным СРТ-П. Все пациенты достигли целевых значений бивентрикулярной стимуляции. На терапию СРТ ответили 74 пациента. Результаты сравнения групп, разделенных на основании ответа на СРТ, представлены в таблице 1.

Исходные показатели

Группы были сопоставимы по двум основным показателям, на основании которых проводили селекцию пациентов для имплантации СРТ: продолжительность комплекса QRS и исходная ФВ ЛЖ. В группе нереспондеров изначально отмечали большие значения КСО ЛЖ. Что касается правых камер сердца, то в группе нереспондеров установлены более низкие значения ФВ ПЖ и более высокий КДО ПЖ. Несмотря на это, не было получено статистически значимой разницы по значениям TAPSE. Группы были сопоставимы по тяжести исходной митральной регургитации (МР), но в группе с неэффективной СРТ чаще встречалась 2-я степень трикуспидальной регургитации (ТР). Группы составимы по частоте встречаемости позднего накопления гадолиния (ПНГ) в миокарде ЛЖ (оценивался бинарный показатель), но, вероятно, в группе нереспондеров количественный показатель был бы больше, учитывая большее количество больных ИКМП (табл. 2).

Отдаленный период

В послеоперационном периоде группы не различались по продолжительности стимулированного QRS, что также подтверждается сопоставимыми показателями дельты QRS. Группы закономерно различались по ФВ ЛЖ и КДО ЛЖ (табл. 3). В группе нереспондеров в отдаленном периоде были более низкие значения TAPSE. В отдаленном периоде не было установлено различий по степени МР и ТР.

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов по группам

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients by group

Показатель	Репондеры, *n* = 74	Нереспондеры, *n* = 39	*p*
Возраст, лет	59,3 ± 8	61,3 ± 7	0,238
Пол (муж), *n* (%)	54 (71)	30 (76,1)	0,648
Индекс массы тела, кг/м^2	29,8 ± 5	28,4 ± 5	0,177
Артериальная гипертензия, *n* (%)	60(81,1)	28 (71,8)	0,258
Сахарный диабет, *n* (%)	16(21,6)	4 (10,3)	0,132
ИКМП, *n* (%)	13 (17,6)	14 (35,9)	0,030
Реваскуляризация (КШ либо ЧКВ)	20 (27)	14 (35,9)	0,328
Скорость клубочковой фильтрации	66,5 ± 15,5	66,2 ± 18	0,923
Фибрилляция предсердий, *n* (%)	20 (27)	14 (35,9)	0,328
Процент бивентрикулярной стимуляции	96 ± 3	95 ± 4	0,112
СРТ-Д, *n* (%)	25 (33,8)	20 (51,3)	0,071
QRS до операции, мс	176 ± 20	177 ± 22	0,837
QRS после операции, мс	127 ± 19	132 ± 21	0,106
Дельта QRS, мс	47 [36; 51]	48 [34; 50]	0,923
ХСН II ФК, *n* (%)	36 (48)	15 (38,5)	0,817
ХСН III ФК, *n* (%)	35 (47,9)	22 (56,4)	
ХСН IV ФК, *n* (%)	3 (4,1)	2 (5,1)	
5-летняя летальность	8 (11)	15 (40,5)	0,001
Систолическая экскурсия кольца ТК (TAPSE)	17 ± 3	16 ± 3	0,098

Примечание: ИКМП – ишемическая кардиомиопатия, КШ – коронарное шунтирование, ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство, ТК – трикуспидальный клапан.

Таблица 2. МРТ-характеристики пациентов до имплантации сердечного ресинхронизирующего устройства
Table 2. MRI characteristics of patients prior to CRT implantation

Показатель	Репондеры, *n* = 74	Нереспондеры, *n* = 39	*p*
ФВ ЛЖ, %	25 ± 6	23 ± 5	0,081
ФВ ПЖ, %	46 [39; 51]	32 [22; 43]	0,001
КДО ПЖ, мл	142 [131; 181]	177 [123; 201]	0,008
КСО ЛЖ, мл	241 [130; 280]	280 [201; 312]	0,017
ПНГ, *n* (%)	37 (52,9)	23 (63,9)	0,278
МР			
I степени	51 (68,9)	19 (69,2)	
II степени	12 (16,2)	8 (20,5)	0,142
III степени	10 (13,5)	10 (25,6)	
IV степени	1 (1,4)	2 (5,1)	
ТР			
I степени	70 (94,6)	27 (69,2)	0,001
II степени	2 (2,7)	10 (25,6)	
III степени	2 (2,7)	2 (5,1)	

Общая смертность

В течение периода наблюдения погибли 23 пациента, из них в группе респондеров – 8, в группе пациентов, не ответивших на ресинхронизирующую терапию, – 15. Разница статистически значима. При проведении субанализа предикторов общей смертности ни один из показателей, включая исследуемые ФВ ПЖ, КДО ПЖ, а также тип имплантированного устройства (СРТ-П или СРТ-Д), не был ассоциирован с наступлением смерти.

Однофакторный и многофакторный регрессионный анализ

С целью поиска предикторов ответа на ресинхронизирующую терапию выполнен однофакторный регрессионный анализ (табл. 4), в результате получено 5 показателей, статистически значимо связанных с конечной точкой. (ИКМП, КДО ПЖ, КСО ЛЖ, ФВ ПЖ, ТР 2-й степени и выше. Для того чтобы не допустить мультиколлинеарности предикторов в многофакторной модели логистической регрессии, построена корреляционная матрица. Было выявлено, что показатель КДО ПЖ имеет значимую корреляционную связь с показателем ФВ ПЖ (r = 0,721). Поэтому принято решение не использовать его в многофакторном регрессионном анализе.

С использованием четырех указанных выше показателей выполнен многофакторный регрессионный анализ, статистически значимая связь с наступлением ответа на СРТ осталась только у двух показателей (ИКМП и ФВ ПЖ), результаты отражены на рисунке 1.

Построенная модель многофакторной логистической регрессии описывается следующими уравнениями:

$$p = (1/(1+e–y)) \times 100;$$
$$y = -1{,}320 + 0{,}056 \times X_{\text{ФВ ПЖ}} - 1{,}122 \times X_{\text{ИКМП}};$$

где p – прогнозируемая вероятность ответа на ресинхронизирующую терапию, $X_{\text{ФВПЖ}}$ – значение ФВПЖ, $X_{\text{ИКМП}}$ – ИКМП как причина снижения ФВ

e – математическая константа, приблизительно равная 2,71828.

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, включенных в уравнение, переменная ХФВ ПЖ имеет прямое, а ХИКМП – обратное влияние на вероятность возникновения исследуемой первичной конечной точки. Построенная модель статистически значима (χ^2 = 30,804; p = 0,001). Коэффициент детерминации Найджелкерка R^2 = 0,366, метрика Хосмера – Лемешова – 0,254.

Для определения прогностического качества полученной модели построена ROC-кривая. Площадь под ROC-кривой AUC = 0,799 ± 0,44 (95% ДИ AUC 0,712–0,896) (рис. 2). Выбранная по критерию Юдена точка «cut-off» составила 0,6771907. Диагностическая точность полученной прогностической модели равна 70,9%, чувствительность – 70,5%, специфичность – 72,3%.

Обсуждение

Основной целью текущего исследования было оце-

Таблица 3. Показатели эхокардиографии в отдаленном периоде
Table 3. Echocardiographic parameters at long-term follow-up

Показатель	Репондеры, *n* = 74	Нереспондеры, *n* = 39	*p*
ФВ ЛЖ	40 ± 10	25 ± 6	0,001
КСО ЛЖ	123 [78; 170]	250 [179; 311]	0,011
TAPSE	18 ± 3	16 ± 3	0,042
МР			
I степени	65 (89)	14 (36)	0,142
II степени	9 (11)	12 (32)	
III степени	0	12 (32)	
ТР			
I степени	71 (96,4)	35 (89,4)	0,210
II степени	3 (3,6)	2 (5,3)	
III степени	0	2 (5,3)	

Таблица 4. Результаты однофакторного и многофакторного регрессионного анализа
Table 4. Results of univariate and multivariate regression analysis

Факторы	Однофакторная регрессия			Многофакторная регрессия		
	ОШ	95% ДИ	*p*	ОШ	*95% ДИ*	*p*
Пол (муж)	0,810	0,328–2,001	0,648	–	–	–
Индекс массы тела, кг/м²	1,055	0,976–1,141	0,178	–	–	–
Артериальная гипертензия	1,684	0,679–4,175	0,261	–	–	–
Сахарный диабет	2,414	0,747–7,804	0,141	–	–	–
ИКМП	0,381	0,157–0,924	0,033	0,326	0,115–0,924	0,035
Реваскуляризация (КШ либо ЧКВ)	0,661	0,288–1,519	0,330	–	–	–
Скорость клубочковой фильтрации	1,001	0,979–1,023	0,922	–	–	–
Фибрилляция предсердий	0,661	0,288–1,519	0,330	–	–	–
Возраст, лет	0,972	0,927–1,079	0,238	–	–	–
ХСН III–IV ФК	0,992	0,455–4,233	0,818	–	–	–
ФВ ЛЖ	1,060	0,992–1,132	0,083	–	–	–
КДО ПЖ	0,933	0,978–0,999	0,024	–	–	–
КСО ЛЖ	0,994	0,920–0,999	0.011	0,997	0,992–1,002	0,218
ФВ ПЖ	1,089	1,036–1,102	0,001	1,057	1,022–1,094	0,001
TAPSE	1,092	0,983–1,212	0,101	–	–	–
ТК 2-й степени и выше	0,696	0,233–0,992	0,040	2,677	0,643–10,935	0,177
ПНГ	0,633	0,277–1,488	0,279	–	–	–
QRS до операции, мс	0,998	0,979–1,017	0,833	–	–	–
QRS после операции, мс	0,983	0,962–1,004	0,108	–	–	–
Дельта QRS, мс	1,088	0,671–3,459	0,344	–	–	–

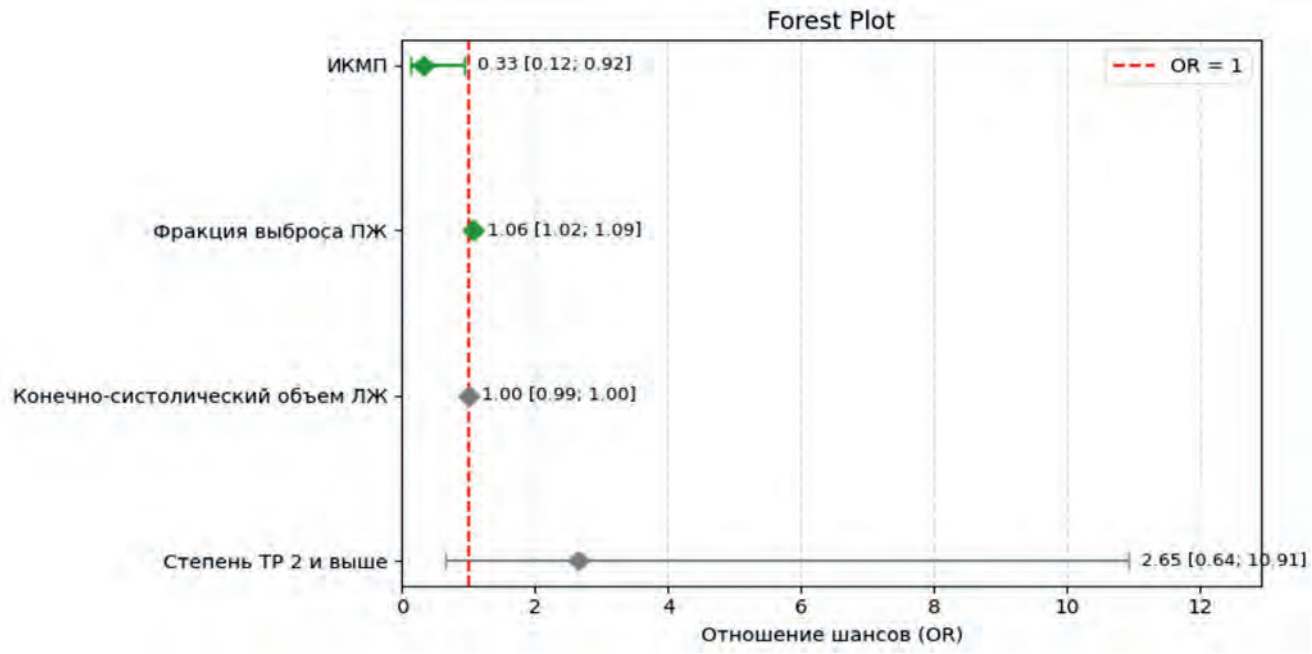

Рис. 1. Древовидный график (forest-plot), отражающий результаты многофакторного регрессионного анализа
Fig. 1. Forest plot showing the results of the multivariate regression analysis

нить зависимость ответа на СРТ от исходной ФВ ПЖ по данным МРТ сердца. В результате проведенного исследования в группе респондеров были зафиксированы более высокие исходные значения ФВ ПЖ, более низкие значения КДО ПЖ при сопоставимых показателях ФВ ЛЖ, длительности комплекса QRS до имплантации и длительности стимулированного комплекса QRS после имплантации. При поиске предикторов ответа на СРТ методом регрессионного анализа показатель ФВ ПЖ оказался независимо связан с конечной точкой и в однофакторном, и в многофакторном анализе с учетом ишемической этиологии ХСН, КСО ЛЖ и тяжести ТР. Используя полученные данные, была построена прогностическая модель, состоящая из двух показателей – ФВ ПЖ и ИКМП, которая позволяет прогнозировать ответ на СРТ с чувствительностью 70,5% и специфичностью 72,3%. Результаты текущего исследования согласуются с результатами проведенных ранее работ. Так, в исследовании P. Manca и соавт. на смешанной когорте пациентов среди пациентов с ФВ ПЖ выше 55% частота ответа на СРТ была значимо выше (75 против 50%; $p = 0,003$). Аналогично ФВ ПЖ была ассоциирована с ответом на СРТ при проведении однофакторного и многофакторного анализа [5]. В другом небольшом одноцентровом исследовании в группах респондеров и нереспондеров зарегистрирована разница значений ФВ ПЖ (41,8 ± 11,1 и 36,9

 https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-1-140-148

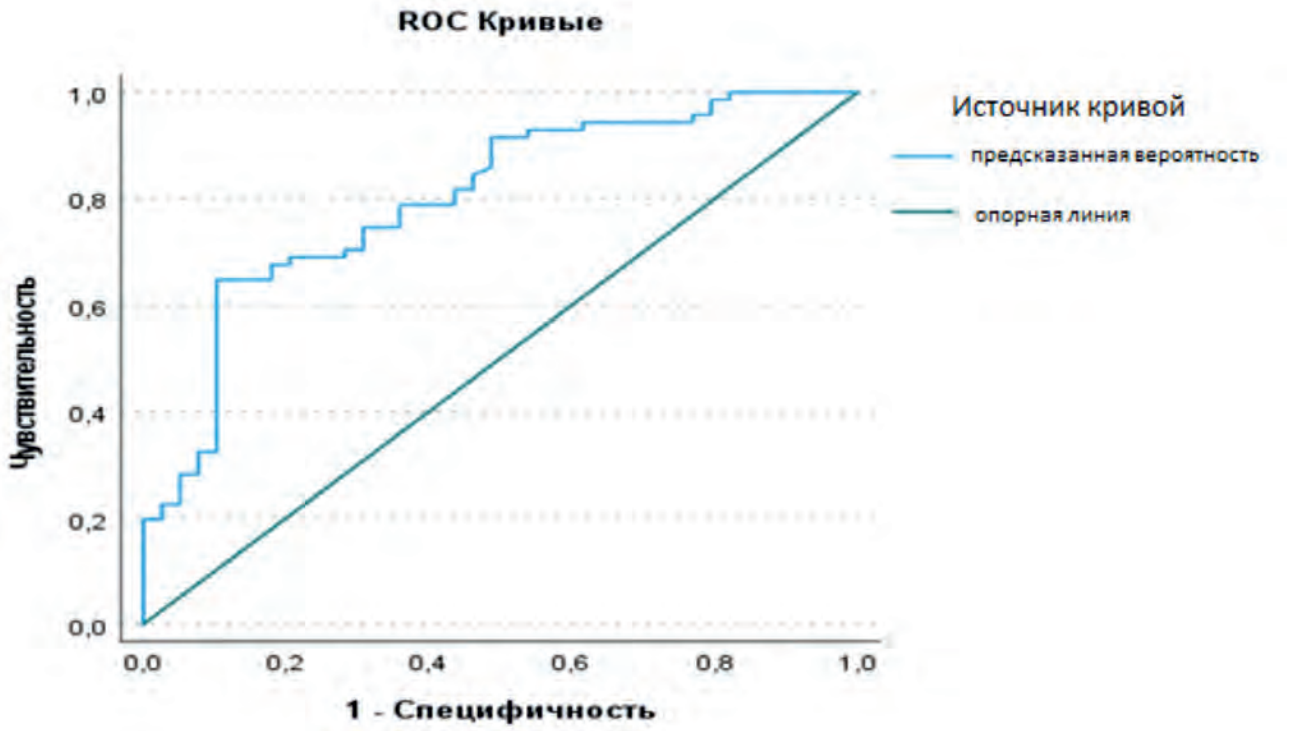

Рис. 2. ROC-кривая многофакторной регрессионной модели (AUC = 0,799)
Fig. 2. ROC curve of the multivariate regression model (AUC = 0.799)

± 12,5 соответственно, p = 0,12), не достигшая статистической значимости. Тем не менее, пациенты различались по уровню исходных индексов КДО ПЖ (p = 0,003) и КСО ПЖ (p = 0,006), а учитывая небольшой объем выборки, можно предположить, что для достижения статистической значимости исследованию не хватило мощности [7]. В свою очередь, в исследовании F. Alpendurada и соавт. сохраненная ФВ ПЖ, наряду с объемом рубцовой ткани ЛЖ, была ассоциирована с ответом на СРТ, а пациенты, имеющие ФВ ПЖ менее 30%, продемонстрировали крайне низкую частоту ответа на СРТ (18,2%) [8].

Учитывая анатомические особенности ПЖ, в большинстве проведенных исследований использовались косвенные эхокардиографические показатели систолической функции ПЖ. Так, в ретроспективном анализе крупного исследования CARE-HF среди пациентов, которым имплантировали СРТ, исходный уровень TAPSE коррелировал с общим плохим прогнозом, однако не оказывал влияния на частоту ответа на СРТ [9]. В крупном метаанализе исследований систолической функции ПЖ и ответа на СРТ проводился объединенный анализ 10 исследований, демонстрировавших влияние базового TAPSE на уровень ФВ ЛЖ до и после СРТ. Авторы не обнаружили статистически значимой связи между эффективностью СРТ и исходным TAPSE (p = 0,989) [10]. В данном исследовании группы отличались по исходному уровню TAPSE, в группе нереспондеров значения были несколько ниже (17 ± 3 и 16 ± 3 соответственно), но разница не достигла статистически значимых значений. Также не было продемонстрировано связи между TAPSE и ответом на СРТ в регрессионном анализе (p = 0,101). В группе респондеров отмечается увеличение показателя TAPSE по сравнению с исходным, что может свидетельствовать об улучшении систолической функции ПЖ наряду с ЛЖ у пациентов, ответивших на СРТ, чего не наблюдалось в группе нереспондеров. Данное наблюдение подтверждается результатами метаанализа 2024 г., в котором в результате имплантации СРТ отмечалось увеличение показателя TAPSE Но при анализе подгрупп на основании статуса ответа или не ответа на СРТ выяснилось, что данная разница получена за счет пациентов, ответивших на терапию [11]. Напротив, в исследованиях L. Scuteri и соавт. [12] и G. Boriani и соавт. [13] не обнаружено никаких существенных изменений в размерах и функции ПЖ через 6 и 3 мес. соответственно после имплантации СРТ. Аналогичным образом субанализ исследования REVERSE, проведенный J. Kjaergaard и соавт., включающий пациентов с симптомами I и II ФК по NYHA, не обнаружил клинически значимых изменений в TAPSE при 12-месячном наблюдении как в группах с СРТ ВКЛ, и СРТ ВЫКЛ, что позволило сделать вывод о том, что СРТ не оказывал клинически значимого влияния на TAPSE [14].

Как было отмечено ранее, одним из показателей, связанных с отсутствием эффекта от ресинхронизирующей терапии, в нашей когорте пациентов являлась ишемическая этиология сердечной недостаточности. В сравнении с ДКМП наличие ИКМП на 68% снижало шанс ответа на СРТ. Как правило, больший объем нежизнеспособного миокарда, наличие рубцов в зоне поздней активации ЛЖ снижали эффективность проводимой терапии. При неишемической кардиомиопатии и БЛНПГ чаще именно диссинхрония является причиной дилатации ЛЖ, и, как следствие, данные пациенты имеют лучший ответ на СРТ. Подтверждение нашему наблюдению получено в работе S. Sudesh и соавт. Метаанализ 7 клинических исследований пациентов с СРТ показал закономерно более высокий процент ответа на лечение среди пациентов с неишемической этиологией ХСН [15].

Проведенное исследование, как и предыдущие работы, свидетельствует о том, что пациенты с исходно

сниженной ФВ ПЖ, по-видимому, хуже реагируют на имплантацию СРТ. С другой стороны, следует отметить, что исходная ФВ ПЖ не была связана с общей смертностью и, по всей видимости, не оказывала значимого воздействия на клинический исход в нашей когорте пациентов. По результатам данного наблюдения сложно сделать вывод о влиянии исходной ФВ ПЖ на смертность, так как все пациенты получили СРТ. Необходима контрольная группа пациентов без СРТ, для того чтобы отличить влияние СРТ от естественного течения заболевания. Тем не менее, учитывая полученные результаты, выполнение МРТ сердца с подсчетом ФВ ПЖ перед имплантацией СРТ может быть полезным для прогнозирования эхокардиографического ответа на лечение.

Ограничения исследования

Ограничением данного исследования является небольшой размер выборки, что не позволяет провести значимый анализ подгрупп. Ввиду ретроспективного дизайна нашего исследования не все характеристики пациентов были учтены, в том числе список принимаемых лекарственных препаратов, улучшение ФК сердечной недостаточности в послеоперационном периоде.

Выводы

В ходе проведенного исследования показана потенциальная польза дооперационной оценки ФВ ПЖ при помощи МРТ сердца. Продемонстрировано, что пациенты со стандартными показаниями к СРТ и более низкой ФВ ПЖ по данным МРТ сердца реже отвечают на терапию. Показатели ФВ ПЖ и ИКМП были независимо связаны с ответом на СРТ: ФВ ПЖ имела прямую связь, а наличие ИКМП – обратную связь.

Литература / References

1. Чумарная Т.В., Любимцева Т.А., Солодушкин С.И., Лебедева В.К., Лебедев Д.С., Соловьева О.Э. и др. Оценка долгосрочной эффективности ресинхронизирующей терапии. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7):4531. https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4531
Chumarnaya T.V., Lyubimtseva T.A., Solodushkin S., Lebedeva V.K., Lebedev D.S., Solovieva O.E. et al. Evaluation of the long-term effectiveness of cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7):4531. (In Russ.). https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4531
2. Илов Н.Н., Бойцов С.А., Кривошеев Ю.С., Нечепуренко А.А. и др. Сердечная ресинхронизирующая терапия: потенциал для модификации аритмического риска. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(5):3555. https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3555
Ilov N.N., Boitsov S.A., Krivosheev Yu.S., Nechepurenko A.A. et al. Cardiac resynchronization therapy: potential for arrhythmic risk modification. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(5):3555. (In Russ.) https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3555
3. Alpendurada F., Guha K., Sharma R., Ismail T.F., Clifford A., Banya W. et al. Right ventricular dysfunction is a predictor of non-response and clinical outcome following cardiac resynchronization therapy. *J. Cardiovasc. Magn. Reson*. 2011;13(1):68. https://doi.org/10.1186/1532-429X-13-68
4. Zegard A., Okafor O., Moody W., Marshall H., Qiu T., Stegemann B. et al. Right ventricular function and long-term clinical outcomes after cardiac resynchronization therapy: A cardiovascular magnetic resonance study. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2022;45(9):1075–1084. https://doi.org/10.1111/pace.14572
5. Manca P., Cossa S., Matta G., Scalone A., Tola G., Schintu B. et al. Right ventricular function assessed by cardiac magnetic resonance predicts the response to resynchronization therapy. *J. Cardiovasc. Med. (Hagerstown)*. 2020;21(4):299–304. https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000931
6. Ушаков Р.Ю., Базылев В.В., Дурманов С.С., Палькова В.А., Микуляк А.И. Влияние систолической дисфункции правого желудочка на прогноз больных со сниженной фракцией выброса левого желудочка и имплантированным кардиовертером-дефибриллятором. *Креативная кардиология*. 2025;19(1):88–97. https://doi.org/10.24022/1997-3187-2025-19-1-88-97
Ushakov R.Yu., Bazylev V.V., Durmanov S.S., Palkova V.A., Mikulyak A.I. The impact of right ventricle systolic dysfunction on prognosis in patients with reduced left ventricular ejection fraction and implanted cardioverter defibrillator. *Creative Cardiology*. 2025;19(1):88–97. (In Russ.). https://doi.org/10.24022/1997-3187-2025-19-1-88-97
7. Ching S., Li J.J., Werhahn S.M., Beyer R.E., Estepa M., Stehning C. et al. Right ventricular and left atrial strain predict volumetric response to cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc. Dev. Dis*. 2025;12(4):152. https://doi.org/10.3390/jcdd12040152
8. Alpendurada F., Guha K., Sharma R., Ismail T.F., Clifford A., Banya W. et al. Right ventricular dysfunction is a predictor of non-response and clinical outcome following cardiac resynchronization therapy. *J. Cardiovasc. Magn. Reson*. 2011;13(1):68. https://doi.org/10.1186/1532-429X-13-68
9. Damy T., Ghio S., Rigby A.S., Hittinger L., Jacobs S., Leyva F. et al. Interplay between right ventricular function and cardiac resynchronization therapy: an analysis of the CARE-HF trial (Cardiac Resynchronization-Heart Failure). *J. Am. Coll. Cardiol*. 2013;61(21):2153–2160. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.049
10. Sidiropoulos G., Antoniadis A., Saplaouras A., Bazoukis G., Letsas K.P., Karamitsos T.D. et al. Impact of baseline right ventricular function on the response to cardiac resynchronization therapy – A meta-analysis. *Hellenic. J. Cardiol*. 2023;73:61–68. https://doi.org/10.1016/j.hjc.2023.03.002
11. Sidiropoulos G., Karakasis P., Antoniadis A., Saplaouras A., Karamitsos T., Fragakis N. The effect of cardiac resynchronization therapy on right ventricular function: a systematic review and meta-analysis. *J. Clin. Med*. 2024;13(14):4173. https://doi.org/10.3390/jcm13144173
12. Scuteri L., Rordorf R., Marsan N.A., Landolina M., Magrini G., Klersy C. et al. Relevance of echocardiographic evaluation of right ventricular function in patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2009;32(8):1040–1049. https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2009.02436.x
13. Boriani G., Fallani F., Martignani C., Biffi M., Saporito D., Greco C. et al. Cardiac resynchronization therapy: effects on left and right ventricular ejection fraction during exercise. *Pacing Clin. Electrophysiol*. 2005;28(Suppl_1):S11–S14. https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2005.00005.x
14. Kjaergaard J., Ghio S., St. John Sutton M., Hassager C. Tricuspid annular plane systolic excursion and response to cardiac resynchronization therapy: results from the REVERSE trial. *J. Card. Fail*. 2011;17(2):100–107. https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2010.09.002
15. Sudesh S., Abraham W.T., Cleland J.G.F., Curtis A.B., Friedman D.J., Gold M.R. et al. Cardiac resynchronization therapy in ischemic versus nonischemic cardiomyopathy: patient-level meta-analysis of 7 randomized clinical trials. *JACC Heart Fail*. 2024;12(11):1915–1924. https://doi.org/10.1016/j.jchf.2024.08.010

Информация о вкладе авторов

Ушаков Р.Ю. – концепция, разработка дизайна исследования, сбор данных, выполнение практической части исследования, анализ и интерпретация статистических данных, написание рукописи; Палькова В.А. – ретроспективная оценка МРТ показателей, разработка дизайна исследования; Дурманов С.С. – научное руководство работой, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания, проверка критически важного интеллектуального содержания статьи; Базылев В.В. – научное руководство работой, проверка критически важного интеллектуального содержания статьи.

Information on author contributions

Ushakov R.Y. – study concept and design, data collection, implementation of the practical part of the study, statistical data analysis and interpretation, writing a manuscript; Palkova V.A. – retrospective assessment of MRI parameters, study design; Durmanov S.S. – scientific guidance of the work, critical revision with the introduction of valuable intellectual content, verification of the critically important intellectual content of the article; Bazylev V.V. – scientific guidance of the work, verification of the critically important intellectual content of the article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Ушаков Роман Юрьевич, врач-кардиолог, отделение хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции № 3, ФЦССХ Минздрава России, Пенза, Россия, e-mail: ushakov_raman@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-9406-8537.

Дурманов Сергей Семенович, канд. мед. наук, заведующий отделением хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции № 3, ФЦССХ Минздрава России, Пенза, Россия, e-mail: ssd58@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-4973-510X.

Палькова Вероника Анатольевна, врач-рентгенолог, рентгеновское отделение, ФЦССХ Минздрава России, Пенза, Россия, e-mail: cardio-penza@yandex.ru; https://orcid.org/0009-0005-1253-6544.

Базылев Владлен Владленович, д-р мед. наук, профессор, главный врач ФЦССХ Минздрава России, Пенза, Россия, e-mail: cardio-penza@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0001-6089-9722.

Поступила 12.01.2026;
рецензия получена 03.02.2026;
принята к публикации 25.02.2026.

Information about the authors

Roman Y. Ushakov, Cardiologist, Department of Surgical Treatment of Complex Heart Rhythm Disorders and Electrical Pacing No. 3, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia, e-mail: ushakov_raman@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-9406-8537.

Sergey S. Durmanov, Cand. Sci. (Med.), Head of Department, Department of Surgical Treatment of Complex Heart Rhythm Disorders and Electrical Pacing No. 3, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia, e-mail: ssd58@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-4973-510X.

Veronica A. Palkova, Radiologist, Radiology Department, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia, e-mail: cardio-penza@yandex.ru; https://orcid.org/0009-0005-1253-6544.

Vladlen V. Bazylev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Physician, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia, e-mail: cardio-penza@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0001-6089-9722.

Received 12.01.2026;
review received 03.02.2026;
accepted for publication 25.02.2026.