

DOI <https://doi.org/10.17816/cardar112154>

Оригинальные исследования



Факторы, ассоциированные с положительным гемодинамическим ответом на сердечную ресинхронизирующую терапию

А.А. Нечепуренко¹, Н.Н. Илов^{1,2}, Д.А. Зорин¹, Е.И. Романцов¹, О.В. Пальникова^{1,2}¹ Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, Астрахань, Россия² Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

Цель исследования — провести сравнительный анализ клинических, электрокардиографических и эхокардиографических факторов у больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН) с разным гемодинамическим ответом на проводимую сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ), оценить возможности их использования при прогнозировании положительного эффекта СРТ.

Материалы и методы. В исследование были включены 136 больных ХСН NYHA 3–4 функционального класса с фракцией выброса левого желудочка $\leq 35\%$ и длительностью QRS ≥ 150 мс либо продолжительностью QRS 130–149 мс и морфологией QRS по типу блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ), которым для лечения ХСН и с целью первичной профилактики внезапной сердечной смерти была проведена имплантация кардиовертера-дефибриллятора с функцией сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ-Д). Включенные в исследование пациенты проспективно наблюдались в течение года для регистрации конечной точки — гемодинамического ответа на СРТ, оцененного по снижению конечного систолического объема левого желудочка на $\geq 15\%$.

Результаты. В ходе 1-летнего наблюдения первичная конечная точка была зарегистрирована у 62 больных (46%). При однофакторной логистической регрессии выделено 4 исследуемых показателя с наибольшим прогностическим потенциалом ($p < 0,05$), связанных с возникновением исследуемой конечной точки. По результатам многофакторного регрессионного анализа была разработана прогностическая модель, в состав которой вошло три фактора, имеющих максимальные уровни статистической значимости: наличие в анамнезе указаний на ранее проведенную коррекцию клапанной недостаточности, продолжительность QRS, критерии БЛНПГ по Strauss. Диагностическая эффективность модели составила 73% (чувствительность 80%, специфичность 68%). Было обнаружено, что электрокардиографические показатели: критерии БЛНПГ по Strauss и продолжительность QRS — являются независимыми предикторами наступления изучаемой конечной точки.

Заключение. Разработанная многофакторная прогностическая модель может оказаться полезной в отборе больных ХСН с низкой фракцией выброса на имплантацию устройств с функцией СРТ, отсутствие внешней валидации ограничивает ее применение в практике.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность; сердечная ресинхронизирующая терапия; предикторы ответа; прогностическая система.

Как цитировать:

Нечепуренко А.А., Илов Н.Н., Зорин Д.А., Романцов Е.И., Пальникова О.В. Факторы, ассоциированные с положительным гемодинамическим ответом на сердечную ресинхронизирующую терапию // Cardiac Arrhythmias. 2022. Т. 2, № 3. С. 39–48. DOI: <https://doi.org/10.17816/cardar112154>

DOI <https://doi.org/10.17816/cardar112154>

Research article

Factors Associated with a Positive Hemodynamic Response to Cardiac Resynchronization Therapy

Anatoly A. Nechepurenko¹, Nikolay N. Ilov^{1,2}, Dmitry A. Zorin¹,
Eugeny I. Romantcov¹, Olesya V. Palnikova^{1,2}

¹ Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan, Russia

² Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

AIM: This study aimed to conduct a comparative analysis of clinical, electrocardiographic, and echocardiographic factors in patients with chronic heart failure (CHF) with different hemodynamic responses to cardiac resynchronization (CRT) to assess the possibility of their use in predicting the positive effect of CRT.

MATERIALS AND METHODS: The study included 136 patients with New York Heart Association grade 3–4 CHF with a left ventricular ejection fraction of $\leq 35\%$, QRS duration of ≥ 150 ms, QRS duration of 130–149 ms, and QRS morphology of left bundle branch block (LBBB). For CHF treatment and primary prevention of sudden cardiac death, a cardioverter-defibrillator with CRT (CRT-D) function was implanted. The enrolled patients were followed up prospectively for 1 year to record the endpoint, namely, hemodynamic response to CRT, assessed by a decrease in the end-systolic volume of the left ventricle by $\geq 15\%$.

RESULTS: During the 1-year follow-up, the primary endpoint was registered in 62 (46%) patients. With a one-way logistic regression, four indicators with the highest predictive potential ($p < 0.05$) and associated with the occurrence of the studied endpoint were identified. Based on the results of the multivariate regression analysis, a prognostic model was developed, which included three factors with the highest levels of statistical significance, namely, a history of indications of a previous correction of valvular insufficiency, QRS duration, and LBBB criteria according to Strauss. The diagnostic efficiency of the model was 73% (sensitivity, 80%; specificity, 68%). The electrocardiographic parameters of the Strauss LBBB criteria and QRS duration were independent predictors of the studied endpoint.

CONCLUSIONS: The developed multivariate prognostic model may be useful in the selection of patients with CHF reduced ejection fraction for implantation of devices with CRT function; the lack of external validation limits its application in practice.

Keywords: chronic heart failure; cardiac resynchronization therapy; response predictors; prognostic system.

To cite this article:

Nechepurenko AA, Ilov NN, Zorin DA, Romantcov EI, Palnikova OV. Factors associated with a positive hemodynamic response to cardiac resynchronization therapy. *Cardiac Arrhythmias*. 2022;2(3):39–48. DOI: <https://doi.org/10.17816/cardar112154>

Received: 28.10.2022

Accepted: 19.11.2022

Published: 30.12.2022

ВВЕДЕНИЕ

По данным исследования ЭПОХА ХСН (Эпидемиологическое Обследование больных с ХСН в реальной практике), распространенность хронической сердечной недостаточности (ХСН) в Российской Федерации за последние 20 лет увеличилась с 6,1 до 8,2% [1], что объясняет актуальность изучения этой медицинской проблемы.

Выявление у больных ХСН нарушений межжелудочковой и внутривентрикулярной проводимости позволило сформулировать концепцию сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) [2], которая эффективно устраняет электрическую и механическую диссинхронию, улучшает сократительную функцию сердца и инициирует обратное ремоделирование левого желудочка (ЛЖ) [3]. В ряде исследований было продемонстрировано, что снижение КСО ЛЖ на $\geq 15\%$ ассоциируется со снижением сердечно-сосудистой летальности у больных ХСН со сниженной фракцией выброса ЛЖ (ХСНнФВ), а значит, может использоваться в качестве надежного критерия положительного гемодинамического ответа на СРТ [4].

Одной из наиболее важных и актуальных проблем применения СРТ является проблема недостаточного ответа, которую отдельные исследователи связывают с несовершенством отбора больных на СРТ. Согласно действующим рекомендациям имплантация устройства с функцией СРТ показана больным ХСН с ФВ ЛЖ $\leq 35\%$, длительностью QRS ≥ 150 мс либо продолжительностью QRS 130–149 мс и морфологией QRS по типу блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) [5, 6]. Реализация такого подхода не привела к увеличению числа пациентов, «ответивших» на СРТ, что требует продолжения исследований в данном направлении.

Цель работы — провести сравнительный анализ клинических, электрокардиографических и эхокардиографических

факторов у больных хронической сердечной недостаточностью с разным гемодинамическим ответом на проводимую СРТ, оценить возможности их использования при прогнозировании положительного эффекта СРТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представленный материал является частью проводимого одноцентрового проспективного клинического исследования, проведенного в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Астраханского ГМУ Минздрава России (Протокол № 3 заседания ЛЭК от 30.12.2021), представлен в публичном регистре clinicaltrials.gov (NCT05539898). Все пациенты, подвергнутые наблюдению, подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Отбор больных

В качестве критериев включения в исследование выступали действующие показания к имплантации бивентрикулярного ИКД с функцией сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ-Д) [5]. В исследование были включены больные, не имеющие устойчивых эпизодов желудочковых аритмий / ВСС в анамнезе. Критерии исключения: гипертрофическая кардиомиопатия, аритмогенная дисплазия правого желудочка, верифицированные наследственные каналопатии, наличие показаний к кардиохирургическому вмешательству (реваскуляризации, коррекции клапанной недостаточности).

После проверки на соответствие критериям включения/исключения в исследование были включены 180 пациентов, которым был имплантирован СРТ-Д (рис. 1). Имплантация устройств проводилась согласно принятым



Рис. 1. Поточная диаграмма процесса (flow chart), отражающая дизайн исследования.

Примечание: ВСС — внезапная сердечная смерть; ГКМП — гипертрофическая кардиомиопатия; АДПЖ — аритмогенная дисплазия правого желудочка; ИКД — имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор; СРТ-Д — имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор с функцией сердечной ресинхронизирующей терапии

методикам [10]. Биполярный или квадриполярный левожелудочковый электрод имплантировался 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 БЛНПГ.

Для обеспечения стимуляции ЛЖ выбирался вектор с наименьшим порогом стимуляции и отсутствием стимуляции диафрагмального нерва. Подбор предсердно-желудочковой задержки осуществлялся таким образом, чтобы обеспечить максимальную (приближенную к 100%) долю бивентрикулярной стимуляции. Межжелудочковая задержка определялась по минимальной продолжительности стимулированного желудочкового комплекса на ЭКГ. При наличии возможности для подбора задержек использовались автоматические алгоритмы производителей [11]. Особенности программирования электротерапии ИКД, протокол регистрации и анализа электрокардиограммы, результатов трансторакальной эхокардиографии были подробно описаны авторами ранее [12, 13]. Наличие БЛНПГ устанавливали в соответствии с критериями Strauss [14].

Послеоперационное наблюдение

Послеоперационное наблюдение составило 12 мес. Пациенты приглашались на визиты в клинику через 3–6–12 мес после имплантации, в ходе которых проводился осмотр врачом-кардиологом, трансторакальная эхокардиография, при необходимости проводилась коррекция запрограммированных параметров устройства. При декомпенсации сердечной деятельности пациент внепланово выходил на связь с врачом-исследователем, коррекция терапии и оценка клинического статуса проводились совместно с кардиологами по месту жительства. Дополнительно информация о возникновении конечных точек поступала из медицинской документации, при опросе родственников, при анализе сообщений удаленного мониторинга за ИКД (Medtronic Carelink, Biotronik HomeMonitoring).

Исследуемая конечная точка: гемодинамический ответ на СРТ оценивался по снижению конечного систолического объема ЛЖ на $\geq 15\%$.

Статистический анализ

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов проводилась в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2010. Статистический анализ осуществлялся с использованием программы IBM SPSS 23. Описание и сравнение количественных показателей выполнялось с учетом распределения, соответствие которого нормальному оценивалось с помощью критерия Колмагорова — Смирнова. При подтверждении нормальности распределения данные описывались с помощью средней арифметической (M) и стандартного

отклонения (SD). Сравнение выполнялось с помощью t -критерия Стьюдента. При отсутствии нормальности распределения указывались значения медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей ($Q1$ – $Q3$), показатели сравнивались с помощью критерия Манна-Уитни. Сравнение показателей, измеренных в номинальной шкале, проводилось при помощи критерия χ^2 Пирсона. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей нами использовался показатель отношения шансов (ОШ). Значимость фактора считалась доказанной в случае нахождения доверительного интервала (ДИ) за пределами границы отсутствия эффекта, принимаемой за 1. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. Построение многофакторной прогностической модели для определения ответа на ресинхронизирующую терапию на основании исследуемых ЭКГ показателей выполнялось при помощи метода бинарной логистической регрессии. Отбор независимых переменных производился методом пошаговой обратной селекции с использованием в качестве критерия исключения статистики Вальдовского. Статистическая значимость полученной модели определялась с помощью критерия Пирсона χ^2 .

Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил показатель R^2 Найджелкера. Для оценки прогностической значимости модели и нахождения порогового значения полученной функции в точке cut-off проводился ROC-анализ с расчетом площади под кривой (AUC).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полный протокол исследования прошли 136 больных. Исследуемая конечная точка была зарегистрирована у 62 больных (46 %). При анализе изучаемых клинико-демографических показателей были выявлены статистически достоверные различия по продолжительности QRS, частоте регистрации БЛНПГ по Strauss, наличию в анамнезе ранее выполненной хирургической коррекции клапанной недостаточности и постоянной формы фибрилляции предсердий, таблица 1.

Эти четыре фактора были подвергнуты однофакторному и многофакторному анализу (табл. 2).

С использованием метода бинарной логистической регрессии были разработаны прогностические модели, позволяющие определять вероятность гемодинамического ответа на СРТ у больных ХСНФВ на основании исследуемых показателей.

Лучшая прогностическая модель была описана следующим уравнением (1):

$$p = 1/(1 + e^{-z}) \times 100\% \\ z = -6,018 - 1,909 \times \text{Хклапаны} + 1,931 \times \text{ХБЛНПГ} + 0,026 \times \text{ХQRS} \quad (1)$$

где p — вероятность наступления сердечно-сосудистой смерти; Хклапаны — коррекция клапанной

Таблица 1. Сравнительная клинико-демографическая характеристика пациентов, в зависимости от достижения конечной точки

Клинический показатель	Все больные (n = 136)	Больные с ответом на СРТ (n = 62)	Больные без ответа на СРТ (n = 74)	P 3–4
1	2	3	4	5
Возраст, лет	56 (52–62)	56 (53–66)	55 (52–60)	0,844
Мужской пол, n (%)	108 (79)	46 (74)	62 (84)	0,250
ИМТ, кг/м ²	29,1 (25,7–31,8)	28,2 (25,6–32)	29 (26,6–32,1)	0,571
ИБС, n (%)	42 (31)	16 (26)	26 (35)	0,287
ПИКС из числа больных ИБС, n (%)	24 (18)	8 (13)	16 (22)	0,270
ДКМП, n (%)	94 (69)	46 (74)	48 (65)	0,912
ХСН 3 ФК, n (%)	119 (88)	56 (90)	63 (85)	0,221
ХСН 4 ФК, n (%)	17 (13)	6 (10)	11 (15)	0,317
АГ в анамнезе, n (%)	68 (50)	28 (45)	40 (54)	0,465
Сахарный диабет, n (%)	28 (21)	8 (13)	20 (27)	0,128
Ожирение, n (%)	54 (40)	24 (39)	30 (41)	0,878
Мозговой инсульт, n (%)	10 (7)	2 (3)	8 (11)	0,238
ХБП, n (%)	65 (48)	25 (41)	40 (54)	0,304
Анемия, n (%)	10 (7)	26 (10)	4 (6)	0,426
ФП (пароксизмальная/персистирующая форма), n (%)	32 (24)	20 (32)	12 (16)	0,103
ФП (постоянная форма), n (%)	10 (7)	0	10 (14)	0,042
ЖТнеуст, n (%)	6 (4)	2 (3)	4 (5)	0,567
САД, мм рт. ст.	120 (110–130)	120 (110–135)	120 (110–135)	0,866
ДАД, мм рт. ст.	80 (70–80)	80 (70–80)	80 (70–80)	0,995
ЧСС, уд/мин.	75 (68–85)	76 (71–82)	75 (64–87)	0,445
Продолжительность PQ, мс	190 (160–200)	180 (160–190)	180 (160–200)	0,615
Продолжительность QRS, мс	170 (160–190)	180 (160–190)	160 (150–185)	0,035
БЛНПГ по Strauss, n (%)	110 (81)	58 (94)	52 (70)	0,015
иКСО ЛЖ (мл/м ²)	95 (73–115)	95 (74–118)	82 (71–103)	0,182
иКДО ЛЖ (мл/м ²)	129 (102–156)	127 (110–154)	122 (100–135)	0,108
ФВ ЛЖ Simpson, %	29 (25–33)	29 (26–34)	30 (26–34)	0,710
иОТСЛЖ (см)	0,31 (0,26–0,36)	0,30 (0,27–0,36)	0,32 (0,27–0,39)	0,348
иММЛЖ (гр/м ²)	167 (137–205)	167 (136–185)	182 (133–221)	0,954
ВЛП (мл)	92 (76–120)	89 (84–93)	100 (79–104)	0,488
СДЛА (мм рт.ст.)	44 (31–56)	41 (30–53)	40 (31–55)	0,265
ПЖбаз, см	3,9 (3,4–4,5)	3,6 (3,5–3,6)	3,9 (3,5–4,6)	0,792
ПЖсредн, см	3,3 (2,7–4,0)	2,5 (2,3–2,6)	3,0 (2,8–3,3)	0,410
TAPSE, см	1,7 (0,8–1,9)	1,8 (1,7–1,8)	1,7 (1,2–1,95)	0,915
Хирургические вмешательства на сердце				
Реваскуляризация (коронарное шунтирование либо чрескожное коронарное вмешательство), n (%)	36 (26)	14 (23)	22 (30)	0,350
Коррекция клапанной недостаточности, n (%)	22 (16)	4 (6)	18 (24)	0,045
Пластика ЛЖ, n (%)	16 (12)	5 (8)	11 (15)	0,392
Квадриполярный левожелудочковый электрод, n (%)	24 (16)	12 (19)	10 (14)	0,372
Получаемая медикаментозная терапия				
В-адреноблокаторы, n (%)	136 (100)	62 (100)	74 (100)	0,913
иАПФ/АРА II, n (%)	93 (68)	43 (69)	50 (67)	0,851
АРНИ, n (%)	43 (32)	19 (31)	24 (33)	0,831
Антагонисты минералокортикоидов, n (%)	121 (89)	54 (88)	67 (90)	0,154
Петлевые диуретики, n (%)	131 (96)	59 (95)	72 (97)	0,912
иНГКТ-2, n (%)	11 (8)	5 (8)	6 (8)	0,381
Соталол, n (%)	22 (16)	7 (11)	15 (20)	0,191
Амиодарон, n (%)	43 (32)	22 (35)	21 (29)	0,152

Примечание: Данные представлены в виде абсолютного числа больных (%) или в виде *Me* (Q1–Q3), если не указано иное. ИМТ — индекс массы тела, ИБС — ишемическая болезнь сердца; ПИКС — постинфарктный кардиосклероз; ДКМП — дилатационная кардиомиопатия; АГ — артериальная гипертензия; ХБП — хроническая болезнь почек; ФП — фибрилляция предсердий; ЖТнеуст — неустойчивые пробежки желудочковых тахикардий; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка; иАПФ — ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента, АРА II — антагонисты к рецептору ангиотензина II, АРНИ — ангиотензиновых рецепторов и неприлизина ингибиторы, иНГКТ-2 — ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2-го типа.

Таблица 2. Взаимосвязь исследуемых факторов и первичной конечной точки

Факторы	Однофакторный анализ			Многофакторный анализ		
	ОШ	95% ДИ	<i>P</i>	ОШ	95% ДИ	<i>p</i>
ФП (постоянная форма)	0,005	0,002–1,032	0,467	–	–	–
БЛНПГ	6,135	1,242–30,292	0,026	6,896	1,310–36,307	0,023
Продолжительность QRS	1,026	1,002–1,050	0,034	1,026	1,000–1,053	0,048
Коррекция клапанной недостаточности в анамнезе	0,215	0,043–1,082	0,062	0,148	0,026–0,834	0,030

Примечание: ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал; ФП — фибрилляция предсердий; БЛНПГ — полная блокада левой ножки пучка Гиса.

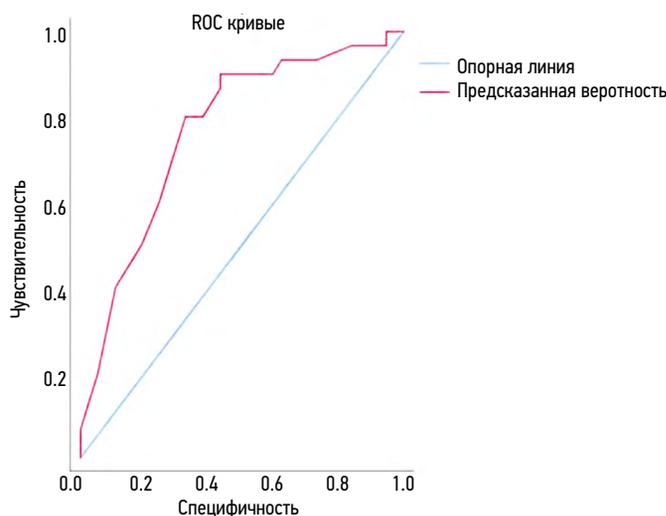


Рис. 2. ROC-кривая, отображающая взаимосвязь между вероятностью гемодинамического ответа на СРТ и значением полученного регрессионного уравнения

недостаточности в анамнезе; ХБЛНПГ — наличие БЛНПГ по Strauss, XQRS — продолжительность комплекса QRS.

Полученная регрессионная модель является статистически значимой ($p = 0,001$). Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, модель (1) учитывает 28,4% факторов, определяющих вероятность положительного гемодинамического ответа на СРТ.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза возникновения первичной конечной точки и значения регрессионной функции, составила $0,768 \pm 0,059$ с 95% ДИ 0,653–0,883 (рис. 2).

Пороговое значение функции (1) в точке cut-off составило 0,5. Значения, равные или превышающие данное значение, соответствовали хорошему прогнозу положительного гемодинамического ответа на СРТ. Чувствительность и специфичность метода составили 80 и 68% соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты соответствуют частоте положительного гемодинамического ответа на СРТ, описанной в литературе. В ранее проведенных крупных международных многоцентровых исследованиях с участием

схожей когорты больных этот показатель (оцененный как снижение КСО ЛЖ $\geq 15\%$) имеет разные значения: от 40 [15] до 56% [16].

В ходе реализации поставленной цели была предложена модель с высокой прогностической метрикой (диагностическая эффективность 73%), в состав которой вошли 1 клинико-анамнестический фактор и 2 электрокардиографических параметра.

Несколько неожиданным оказалось выявление предиктивного потенциала наличия в анамнезе указаний на ранее проведенную коррекцию клапанной недостаточности. Авторы, изучавшие этот фактор, обнаружили отсутствие его влияния на эффективность СРТ [17]. Между тем, принимая во внимание тесную анатомическую связь между крупными венами сердца и атриовентрикулярными кольцами [18], можно предположить, что в ходе оперативного вмешательства с целью коррекции клапанной болезни сердца возможно изменение анатомии венозного русла сердца в том числе той его части, которая могла быть использована как «целевая вена» для имплантации левожелудочкового электрода. Стоит подчеркнуть, что подобная гипотеза в рамках данного исследования не оценивалась, что снижает значение предложенного объяснения полученных результатов.

Известно, что увеличение продолжительности интервала QRS на поверхностной ЭКГ может отражать степень механической диссинхронии, которая, по данным ряда авторов, прямо коррелирует с вероятностью успешной СРТ [12, 19, 20]. В представленном исследовании больные, положительно ответившие на СРТ, имели более продолжительный QRS. Именно этот фактор, равно как и наличие электрокардиографических критериев БЛНПГ по Strauss, выступили в качестве независимого предиктора снижения КСО ЛЖ $\geq 15\%$.

Разработанные на основании анализа компьютерных моделей и данных электроанатомического картирования сердца критерии по Strauss, по мнению ряда исследователей, обладают лучшим сочетанием чувствительности и специфичности при прогнозировании ответа на СРТ [21, 22]. Увеличение нижней границы интервала QRS ≥ 130 мс у женщин и ≥ 140 мс у мужчин исследователи объяснили временем, необходимым для проведения импульса по межжелудочковой перегородке от эндокарда правого желудочка к эндокарду ЛЖ, и последующим распространением возбуждения и деполяризацией миокарда задне-боковой стенки ЛЖ. С этим паттерном активации желудочков, характерным для БЛНПГ, связано и появление двойной зазубрины в боковых отведениях (V5, V6, I, aVL и/и в V1, V2) [14]. Согласно нашим данным, верификация критериев БЛНПГ по Strauss увеличивала вероятность положительного эффекта СРТ в 6 раз.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

К ограничениям проведенного исследования можно отнести одноцентровый характер. Разработанная модель не прошла внешней валидации, что ограничивает ее применение в практике. Динамика КСО ЛЖ оценивалась в течение 12 мес после имплантации устройства, увеличение периода наблюдения может повысить число больных, ответивших на СРТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная многофакторная прогностическая модель может оказаться полезной в отборе больных ХСНФВ на имплантацию устройств с функцией СРТ. Из числа изученных в ходе исследования показателей электрокардиографические критерии БЛНПГ по Strauss и продолжительность QRS продемонстрировали независимый прогностический потенциал, позволяющий оценивать вероятность положительного гемодинамического ответа на СРТ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков Д.С., Фомин И.В., Беленков Ю.Н., и др. Хроническая сердечная недостаточность в Российской Федерации: что изменилось за 20 лет наблюдения? Результаты исследования ЭПОХА-ХСН // Кардиология. 2021. Т. 61, № 4. С. 4–14. DOI: 10.18087/cardio.2021.4.n1628
2. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., 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. Vol. 18, No. 8. P. 891–975. DOI: 10.1002/ehfj.592
3. Galand V., Singh J.P., Heist E.K. Can cardiac resynchronization therapy be used as a tool to reduce sudden cardiac arrest risk? // Prog Cardiovasc Dis. 2019. Vol. 62, No. 3. P. 242–248. DOI: 10.1016/j.pcad.2019.04.004
4. 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. Т. 15, № 1. С. 19–25. DOI: 10.17116/kardio20221501119
5. Терещенко С.Н., Галявич А.С., Ускач Т.М., и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25, № 11. С. 4083. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4083
6. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M., et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure // Eur Heart J. 2021. Vol. 42, No. 36. P. 3599–726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368
7. Бабуков Р.М., Попылькова О.В., Бартош Ф.Л., и др. Глубина коаптации створок митрального клапана как независимый предиктор ответа на ресинхронизирующую терапию // Анналы аритмологии. 2018. Т. 15, № 3. С. 174–180. DOI: 10.15275/annaritmol.2018.3.5
8. Широков Н.Е., Кузнецов В.А., Солдатова А.М., Кривоножкин Д.В. Систолическая фракция утолщения межжелудочковой перегородки как предиктор суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию – концепция спиральной желудочковой ленты // Вестник аритмологии. 2020. Т. 27, № 1. С. 40–46. DOI: 10.35336/VA-2020-1-40-46
9. Шлевков Н.Б., Гаспарян А.Ж., Жамбеев А.А., и др. Растворимый рецептор подавления туморогенности второго типа

(sST2) – новый потенциальный биомаркер положительных результатов применения сердечной ресинхронизирующей терапии и модуляции сердечной сократимости у больных хронической сердечной недостаточностью // Альманах клинической медицины. 2021. Т. 49, № 2. С. 99–112. DOI: 10.18786/2072-0505-2021-49-025

10. Chairs T.F., Daubert J.-C., Saxon L., et al. 2012 EHRA/HRS expert consensus statement on cardiac resynchronization therapy in heart failure: implant and follow-up recommendations and management: A registered branch of the European Society of Cardiology (ESC), and the Heart Rhythm Society; and in col // *Europace*. 2012. Vol. 14, No. 9. P.1236–1286. DOI: 10.1093/europace/eus222

11. Covino G., Volpicelli M., Capogrosso P. Automatic Continuous CRT Optimization to Improve Hemodynamic Response: An Italian Single-Center Experience // *Int J Vasc Med*. 2020. Vol. 2020. ID 7942381. DOI: 10.1155/2020/7942381

12. Илов Н.Н., Сурикова О.Н., Бойцов С.А., и др. Возможности прогнозирования риска возникновения желудочковых тахикардий у больных хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка на основе анализа поверхностной электрокардиограммы. Первые результаты одноцентрового проспективного исследования // *Российский кардиологический журнал*. 2021. Т. 26, № 12. С. 4661. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4661

13. Илов Н.Н., Стомпель Д.Р., Бойцов С.А., и др. Перспективы использования результатов трансторакальной эхокардиографии для прогнозирования желудочковых тахикардий у больных неишемической кардиомиопатией // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2022. Т. 18, № 3. С. 251–260. DOI: 10.20996/1819-6446-2022-06-01

14. Strauss D.G., Selvester R.H., Wagner G.S. Defining Left Bundle Branch Block in the Era of Cardiac Resynchronization Therapy // *Am J Cardiol*. 2011. Vol. 107, No. 6. P. 927–934. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.11.010.

15. Leclercq C., Burri H., Curnis A., et al. Cardiac resynchronization therapy non-responder to responder conversion rate

in the more response to cardiac resynchronization therapy with MultiPoint Pacing (MORE-CRT MPP) study : results from Phase I // *Eur Heart J*. 2019. Vol. 40, No. 35. P. 2979–2987. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz109

16. Gold M.R., Rickard J., Daubert J.C., et al. Redefining the Classifications of Response to Cardiac Resynchronization Therapy // *JACC Clin Electrophysio*. 2021. Vol. 7, No. 7. P. 871–880. DOI: 10.1016/j.jacep.2020.11.010

17. Toro S., Tarakji K., Trulock K., et al. Reverse ventricular remodeling in patients with valvular heart disease undergoing cardiac resynchronization therapy // *J Am Coll Cardiol*. 2019. Vol. 73, No. 9-S1. P. 418. DOI: 10.1016/S0735-1097(19)31026-5

18. Yap J., Bolling S.F., Rogers J.H. Contemporary Review in Interventional Cardiology: Mitral Annuloplasty in Secondary Mitral Regurgitation // *Struct Hear*. 2021. Vol. 5, No. 3. P. 247–462. DOI: 10.1080/24748706.2021.1895457

19. Sweeney M.O., van Bommel R.J., Schalij M.J., et al. Analysis of Ventricular Activation Using Surface Electrocardiography to Predict Left Ventricular Reverse Volumetric Remodeling During Cardiac Resynchronization Therapy // *Circulation*. 2010. Vol. 121, No. 5. P. 626–634. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.894774

20. Poole J.E., Singh J.P., Birgersdotter-Green U. QRS Duration or QRS Morphology // *J Am Coll Cardiol*. 2016. Vol. 67, No. 9. P. 1104–17. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.12.039

21. van Deursen C.J.M., Blaauw Y., Witjens M.I., et al. The value of the 12-lead ECG for evaluation and optimization of cardiac resynchronization therapy in daily clinical practice // *J Electrocardiol*. 2014. Vol. 47, No. 2. P. 202–211. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2014.01.007

22. Кузнецов В.А., Малишевский Л.М., Тодосийчук В.В., Солдатова А.М. Оценка взаимосвязи различных критериев блокады левой ножки пучка Гиса с ответом на сердечную ресинхронизирующую терапию при хронической сердечной недостаточности // *Кардиология*. 2020. Т. 60, № 7. С. 78–85. DOI: 10.18087/cardio.2020.7.n785

REFERENCES

1. Polyakov DS, Fomin IV, Belenkov YuN, et al. Chronic heart failure in the Russian Federation: what has changed over 20 years of follow-up? Results of the EPOCH-CHF study. *Kardiologiya*. 2021;61(4):4–14. (In Russ.). DOI: 10.18087/cardio.2021.4.n1628

2. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, 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(8):891–975. DOI: 10.1002/ehfj.592

3. 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(3):242–248. DOI: 10.1016/j.pcad.2019.04.004

4. Ilov NN, Stompel DR, Palnikova OV, Nechepurenko AA. Echocardiography parameter for evaluation of various effects of cardiac resynchronization therapy. *Russian journal of cardiology and cardiovascular surgery*. 2022;15(1):19–25. (In Russ.). DOI: 10.17116/kardio20221501119

5. Russian Society of Cardiology (RSC). 2020 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4083. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4083

6. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2021;42(36):3599–726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368

7. Babukov RM, Popyl'kova OV, Bartosh FL, et al. Mitral leaflet coaptation depth as predictor of response to cardiac resynchro-

nizing therapy. *Annali Aritmologii*. 2018;15(3):174–180. (In Russ.). DOI: 10.15275/annaritmol.2018.3.5

8. Shirokov NE, Kuznetsov VA, Soldatova AM, Krinochkin DV. Systolic thickening fraction of interventricular septum as a predictor of superresponse to cardiac resynchronization therapy – concept of a helical ventricular band. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(1):40–46. (In Russ.). DOI: 10.35336/VA-2020-1-40-46

9. Shlevkov NB, Gasparyan AZ, Zhambeev AA, et al. Soluble suppression of tumorigenesis-2 (sST2), a new potential biomarker of response to cardiac resynchronization therapy and cardiac contractility modulation in patients with chronic heart failure. *Almanac of Clinical Medicine*. 2021;49(2):99–112. (In Russ.). DOI: 10.18786/2072-0505-2021-49-025

10. Chairs TF, Daubert J-C, Saxon L, et al. 2012 EHRA/HRS expert consensus statement on cardiac resynchronization therapy in heart failure: implant and follow-up recommendations and management: A registered branch of the European Society of Cardiology (ESC), and the Heart Rhythm Society; and in col. *Europace*. 2012;14(9):1236–1286. DOI: 10.1093/europace/eus222

11. 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. DOI: 10.1155/2020/7942381

12. Ilov NN, Surikova ON, Boytsov SA, et al. Possibilities for predicting ventricular tachyarrhythmias in patients with heart failure with reduced ejection fraction based on surface electrocardiography. First results from a single-center prospective study. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(12):4661. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4661

13. Ilov NN, Stoppel DR, Boytsov SA, et al. Perspectives on the Use of Transthoracic Echocardiography Results for the Prediction of Ventricular Tachyarrhythmias in Patients with Non-ischemic Cardiomyopathy. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2022;18(3):251–260. (In Russ.). DOI: 10.20996/1819-6446-2022-06-01

14. Strauss DG, Selvester RH, Wagner GS. Defining Left Bundle Branch Block in the Era of Cardiac Resynchronization Therapy. *Am J Cardiol*. 2011;107(6):927–934. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.11.010

15. Leclercq C, Burri H, Curnis A, et al. Cardiac resynchronization therapy non-responder to responder conversion rate in the more response to cardiac resynchronization therapy with MultiPoint Pacing (MORE-CRT MPP) study: results from Phase I. *Eur Heart J*. 2019;40(35):2979–2987. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz109

16. Gold MR, Rickard J, Daubert JC, et al. Redefining the Classifications of Response to Cardiac Resynchronization Therapy. *JACC Clin Electrophysio*. 2021;7(7):871–880. DOI: 10.1016/j.jacep.2020.11.010

17. Toro S, Tarakji K, Trulock K, et al. Reverse ventricular remodeling in patients with valvular heart disease undergoing cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(9-S1):418. DOI: 10.1016/S0735-1097(19)31026-5

18. Yap J, Bolling SF, Rogers JH. Contemporary Review in Interventional Cardiology: Mitral Annuloplasty in Secondary Mitral Regurgitation. *Struct Hear*. 2021;5(3):247–462. DOI: 10.1080/24748706.2021.1895457

19. Sweeney MO, van Bommel RJ, Schalij MJ, et al. Analysis of Ventricular Activation Using Surface Electrocardiography to Predict Left Ventricular Reverse Volumetric Remodeling During Cardiac Resynchronization Therapy. *Circulation*. 2010;121(5):626–634. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.894774

20. Poole JE, Singh JP, Birgersdotter-Green U. QRS Duration or QRS Morphology. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(9):1104–17. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.12.039

21. van Deursen CJM, Blaauw Y, Witjens MI, et al. The value of the 12-lead ECG for evaluation and optimization of cardiac resynchronization therapy in daily clinical practice. *J Electrocardiol*. 2014;47(2):202–211. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2014.01.007

22. Kuznetsov VA, Malishevskii LM, Todosiychuk VV, Soldatova AM. Association of left bundle branch block definitions with response to cardiac resynchronization therapy in patients with congestive heart failure. *Kardiologiya*. 2020;60(7):78–85. (In Russ.). DOI: 10.18087/cardio.2020.7.n785

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

* **Анатолий Анатольевич Нечепуренко**, заведующий отделением; ORCID: 0000-0001-5722-9883; eLibrary SPIN: 5582-8428; e-mail: vestik@mail.ru

Николай Николаевич Илов, доцент; ORCID: 0000-0003-1294-9646; eLibrary SPIN: 7426-3796; e-mail: nikolay.ilov@gmail.com

Дмитрий Андреевич Зорин, врач — сердечно-сосудистый хирург; ORCID: 0000-0001-7167-4713; e-mail: dimusechek1997@gmail.com

AUTHORS INFO

* **Anatoly A. Nepochurenko**, Head of the department; ORCID: 0000-0001-5722-9883; eLibrary SPIN: 5582-8428; e-mail: vestik@mail.ru

Nikolay N. Ilov, associate Professor; ORCID: 0000-0003-1294-9646; eLibrary SPIN: 7426-3796; e-mail: nikolay.ilov@gmail.com

Dmitry A. Zorin, Cardiovascular surgeon; ORCID: 0000-0001-7167-4713; e-mail: dimusechek1997@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Евгений Игоревич Романцов, врач-кардиолог;
ORCID: 0000-0002-8153-6637; eLibrary SPIN: 7018-7559;
e-mail: romantsov88@yandex.ru

Олеся Викторовна Пальникова, врач-кардиолог;
ORCID: 0000-0002-4476-5174; eLibrary SPIN: 3215-7250;
e-mail: palnicovaolesya@mail.ru

Eugeny I. Romantsov, cardiologist;
ORCID: 0000-0002-8153-6637; eLibrary SPIN: 7018-7559;
e-mail: romantsov88@yandex.ru

Olesya V. Palnikova, cardiologist; ORCID: 0000-0002-4476-5174;
eLibrary SPIN: 3215-7250; e-mail: palnicovaolesya@mail.ru