

Влияние сердечной ресинхронизирующей терапии на обратное ремоделирование левого желудочка у больных с сердечной недостаточностью II функционального класса

П.В. Чернявский , Н.М. Бикбова, М.Г. Иванов, С.Ю. Камбаров, Л.С. Коков, М.Х. Мазанов, М.А. Сагиров, А.В. Дублев, А.В. Тимербаев

Кардиохирургическое отделение № 1

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

129090, Российская Федерация, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3

✉ Контактная информация: Чернявский Петр Валерьевич, кардиохирург кардиохирургического отделения № 1 ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Email: petr.ch@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Имплантация кардиовертера-дефибриллятора снижает риск внезапной сердечной смерти, обусловленной развитием желудочковой тахикардии (ЖТ) и фибрилляцией желудочков (ФЖ) сердца, однако имплантация этого устройства не приводит к улучшению функции левого желудочка (ЛЖ). Современные имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы (ИКД) с эндокардиальными электродами позволяют осуществлять оптимальное лечение нарушений ритма сердца при сердечной недостаточности (СН) за счёт функции электрокардиостимуляции. Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) направлена на синхронизацию сокращений противоположных стенок ЛЖ, что приводит к улучшению инотропной функции сердца, а впоследствии к обратному ремоделированию геометрии ЛЖ.

Полученные результаты исследования позволили определить, было ли улучшение изменения объёмов, функции сердца и частоты нанесения шоков при применении СРТ в сочетании с ИКД (СРТ-Д) у пациентов с СН, сопровождающейся дисфункцией ЛЖ и широким комплексом QRS.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить: оказывает ли влияние СРТ в сочетании с ИКД на обратное ремоделирование ЛЖ у пациентов с СН II функционального класса (ФК).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В общей сложности 35 пациентов с широким комплексом QRS > 130 мс были включены в исследование: 15 больных в группе с СРТ-Д и 20 с ИКД. Полученные результаты исследования были интерпретированы через один год после начала лечения у всех пациентов. Были проанализированы изменения объёмов и сократимости желудочков сердца в обеих группах. Дана оценка зависимости этих изменений от результатов лечения в последующие годы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У больных в группе СРТ-Д по сравнению с группой ИКД наблюдалось улучшение индекса конечного диастолического объёма ЛЖ (-18,7 против 8,6 мл/м²), индекса конечного систолического объёма ЛЖ (-22,5 против 5,2 мл/м²), фракции выброса ЛЖ (13,2 против 0,4%), индекса объёма левого предсердия (-16,8 против 2,7 мл/м²) и систолического давления в лёгочной артерии (-11,4 против 1,4 мм рт.ст.), $p < 0,05$ было для всех параметров. Улучшение функциональных параметров ЛЖ через 1 год после лечения отражалось в снижении летальности и рецидива СН у этих больных в отдалённом периоде (13% в группе СРТ-Д против 50% в группе ИКД, $p < 0,05$). В первый год наблюдения выявлено от одного до двух случаев нанесения шоков по поводу ЖТ/ФЖ у двух пациентов с СРТ-Д и у троих больных с имплантированным ИКД. В последующий трёхлетний период наблюдения функция дефибрилляции срабатывала ещё у двух пациентов в группе СРТ-Д и у двух больных с имплантированным ИКД.

ВЫВОДЫ

Сердечная ресинхронизирующая терапия в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором улучшает функциональные характеристики сердца у пациентов с сердечной недостаточностью II функционального класса. Результаты нашего исследования демонстрируют уменьшение конечного диастолического объёма, конечного систолического объёма, объёма левого предсердия, а также увеличение фракции выброса левого желудочка и улучшение функции правого желудочка у больных, получавших комбинированную сердечную ресинхронизирующую терапию в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором, по сравнению с теми, у кого был имплантирован только имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор. Эти результаты согласовывались с улучшением исходов, а исходы через 1 год были напрямую связаны со степенью улучшения объёмов и функции желудочков.

Ключевые слова:

сердечная ресинхронизирующая терапия, ремоделирование левого желудочка, сердечная недостаточность

Ссылка для цитирования

Чернявский П.В., Бикбова Н.М., Иванов М.Г., Камбаров С.Ю., Коков Л.С., Мазанов М.Х. и др. Влияние сердечной ресинхронизирующей терапии на обратное ремоделирование левого желудочка у больных с сердечной недостаточностью II функционального класса. *Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь*. 2025;14(3):533–540. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-3-533-540>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

БЛНПГ — блокада левой ножки пучка Гиса
ЖТ — желудочковая тахикардия
ИКД — имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор
ИКДО — индекс конечного диастолического объёма
ИКСО — индекс конечного систолического объёма
ЛЖ — левый желудочек
ЛП — левое предсердие
ПЖ — правый желудочек
СН — сердечная недостаточность
СРТ — сердечная ресинхронизирующая терапия
СРТ-Д — сердечная ресинхронизирующая терапия в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором

РДЛА — разница давления в лёгочной артерии
РИКДО — разница индекса конечного диастолического объёма
РИКСО — разница индекса конечного систолического объёма
РИЛП — разница индекса объёма левого предсердия
РФВ — разница фракции выброса
ФВ — фракция выброса
ФК — функциональный класс
ФЖ — фибрилляция желудочков
ЭхоКГ — эхокардиография

ВВЕДЕНИЕ

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) улучшает показатели объёмов и функцию левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с широким комплексом QRS и блокадой левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) [1–5]. Более того, в нескольких крупных исследованиях было показано, что применение сердечной ресинхронизирующей терапии в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором (СРТ-Д) у пациентов с сердечной недостаточностью (СН) III функционального класса (ФК) снижает вероятность смерти или риск повторной госпитализации с СН [6, 7]. Предполагается, что улучшение результатов непосредственно связано с улучшением объёмов и производительности сердца [8–10].

Наше исследование проведено с целью проверки гипотезы о том, что СРТ-Д снижает риск смерти или СН у пациентов с СН II ФК по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA), с низкой фракцией выброса (ФВ) и широким комплексом QRS. Чтобы проверить эту гипотезу, мы оценили эхокардиографические (ЭхоКГ) изменения у пациентов, включённых в исследование, и связали эти изменения с результатами.

Цель исследования: оценить влияние СРТ в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором (ИКД) на обратное ремоделирование ЛЖ у пациентов с СН II ФК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее исследование включены 35 пациентов, проходивших лечение в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского за период с 2019 по 2023 год. Изучаемые пациенты были в возрасте $60,6 \pm 12,9$ года и имели симптоматическую СН II ФК по классификации NYHA, низкую ФВ $29,3 \pm 5,0\%$ и ширину комплекса QRS $159,6 \pm 54,5$ мс.

Пациенты были рандомизированы стратифицированным способом в соотношении 2:3 для получения терапии СРТ-Д или терапии только с ИКД. В группе, получавшей только ИКД, программируемым режимом стимуляции был VVI для однокамерных и DDD для

двухкамерных устройств, с базовой частотой стимуляции 40 уд./мин и выключенным гистерезисом как в однокамерных, так и в двухкамерных установках. В группе СРТ-Д программируемым режимом был DDD с базовой частотой стимуляции 40 уд./мин и выключенным гистерезисом. Эхокардиограммы оценивали для исследования на исходном уровне, то есть до имплантации устройства ($n=35$), и через 1 год ($n=20$ в группе только с ИКД, $n=15$ в группе СРТ-Д).

Эхокардиографические параметры измеряли по методу дисков в апикальном 4-камерном и 2-камерном видах (метод Симпсона). Фракцию выброса ЛЖ рассчитывали по стандартным методикам. Объём левого предсердия (ЛП) измеряли по методу Симпсона по дискам в апикальной 4-камерной проекции [11]. Диаметры желудочков и предсердий измеряли по стандартным методикам [12]. У 7 пациентов в группе СРТ-Д проводили ещё и спекл-трекинг ЭхоКГ, с помощью которого рассчитывали глобальную продольную систолическую деформацию изображения длиной оси ЛЖ, 2- и 4-камерные апикальные позиции с последующим полуавтоматическим анализом степени деформации миокарда.

Для статистического анализа использовали программу Statistica 11. Все данные были выражены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение. Различия результатов лечения между группами оценивали с помощью теста χ^2 для категориальных переменных и t -критерия для непрерывных переменных. Взаимосвязь между эхокардиографическими изменениями от исходного уровня до последующего наблюдения оценивалась с помощью методов пропорциональных рисков Кокса с использованием таких параметров, как HR — отношение рисков и CI — доверительный интервал. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Демографические характеристики больных были схожими между группами, за исключением ишемического анамнеза, преобладавшего в группе с ИКД —

Таблица 1

Исходные клинично-функциональные характеристики пациентов

Table 1

Initial clinical and functional characteristics of patients

Показатели	СРТ-Д	ИКД	p
Возраст, лет	53,3±14,8	64,5±8,5	0,124
Пол мужской, %	75,0	91,7	0,753
Инфаркт миокарда в анамнезе, %	12,5	84,6	0,003
БЛНПГ, %	75,0	15,4	0,014
ИКДО, мл/м ²	88,0±26,1	105,6±26,7	0,155
ИКСО, мл/м ²	65,2±17,5	74,4±21,9	0,327
Фракция выброса, %	29,4±5,7	29,0±4,5	0,868
QRS, мс	150,3±40,6	145,1±61,8	0,861

Примечания: БЛНПГ – блокада левой ножки пучка Гиса; ИКД – имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор; ИКДО – индекс конечного диастолического объёма; ИКСО – индекс конечного систолического объёма; СРТ-Д – сердечная ресинхронизирующая терапия в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором

Notes: БЛНПГ – left bundle branch block; ИКД – implantable cardioverter-defibrillator; ИКДО – end-diastolic volume index; ИКСО – end-systolic volume index; СРТ-Д – cardiac resynchronization therapy in combination with an implantable cardioverter-defibrillator

84,6%, и БЛНПГ в группе СРТ-Д – 75,0%. Исходные эхокардиографические показатели также не отличались между группами: индекс конечного диастолического объёма (ИКДО) в группе с СРТ-Д составил 88,0±26,0 мл/м², а в группе с ИКД – 105,6±26,7 мл/м², индекс конечного систолического объёма (ИКСО) составил 65,2±17,5 мл/м² и 74,4±21,9 мл/м² соответственно (табл. 1).

Всем пациентам была выполнена ЭхоКГ через год после лечения. Мы наблюдали достоверно большее снижение разницы между показателями после и до лечения ИКДО ЛЖ в группе СРТ-Д по сравнению с группой ИКД, где наоборот отмечался прирост (-18,7±13,5 против 9,3±19,9 мл/м², $p=0,024$), ИКСО (-22,5±10,1 против 4,9±11,0 мл/м², $p=0,001$), а также увеличение ФВ ЛЖ в группе СРТ-Д, чем в группе, получавшей только ИКД (13,2±9,7% против 0,4±5,0%, $p=0,009$). Кроме того, у больных с СРТ-Д уменьшались размеры ЛП и снижалось давление в лёгочной артерии по сравнению с показателями у больных с ИКД (табл. 2).

Отдалённая выживаемость, рассчитанная для обеих групп по методу Каплана–Мейера, через 4 года составила 57,4±0,15%. Среднее время до смерти (или потеря времени до последующего наблюдения) составило 2,3±1,9 года. Выживаемость пациентов в зависимости от метода лечения с СРТ-Д и ИКД статистически значимо не отличалась, $p=0,19$ (рис. 1, 2).

Отдалённая летальность или нарастание СН, потребовавшей повторной госпитализации через 1 год после проведения лечения, наблюдались у 13% (2 больных) в группе СРТ-Д и у 50% (10 больных) в группе с ИКД.

В анализе, в котором изучались эхокардиографические показатели в течение отдалённого периода, степень их улучшения была напрямую связана с вероятностью смерти или СН через 1 год после лечения (табл. 3). Эта взаимосвязь наблюдалась в обеих группах, где было достоверно большее увеличение разницы ИКДО ЛЖ между показателями после и до лечения у больных с летальностью или рецидивом СН, по сравнению с больными без предшествующих событий, где наоборот отмечалось снижение (12,6±22,7 против -13,7±13,9 мл/м², $p=0,026$) разницы индекса конечного

Таблица 2

Изменения параметров сердца больных через 12 месяцев после лечения

Table 2

Changes in cardiac parameters of patients 12 months after treatment

Показатели	СРТ-Д	ИКД	p
РИКДО, мл/м ²	-18,7±13,5	8,6±19,2	0,024
РИКСО, мл/м ²	-22,5±10,1	5,2±11,0	0,001
РФВ, %	13,2±9,7	0,4±5,0	0,009
РИЛП, мл/м ²	-16,8±5,6	2,7±7,3	0,000
РДЛА, мм рт.ст.	-11,4±5,4	1,4±3,5	0,000

Примечания: ИКД – имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор; РИКДО – разница индекса конечного диастолического объёма; РИКСО – разница индекса конечного систолического объёма; РФВ – разница фракции выброса; РИЛП – разница индекса объёма левого предсердия; РДЛА – разница давления в лёгочной артерии; СРТ-Д – сердечная ресинхронизирующая терапия в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором

Notes: ИКД – implantable cardioverter-defibrillator; РИКДО – end-diastolic volume index difference; РИКСО – end-systolic volume index difference; РФВ – ejection fraction difference; РИЛП – left atrial volume index difference; РДЛА – pulmonary artery pressure difference; СРТ-Д – cardiac resynchronization therapy in combination with an implantable cardioverter-defibrillator

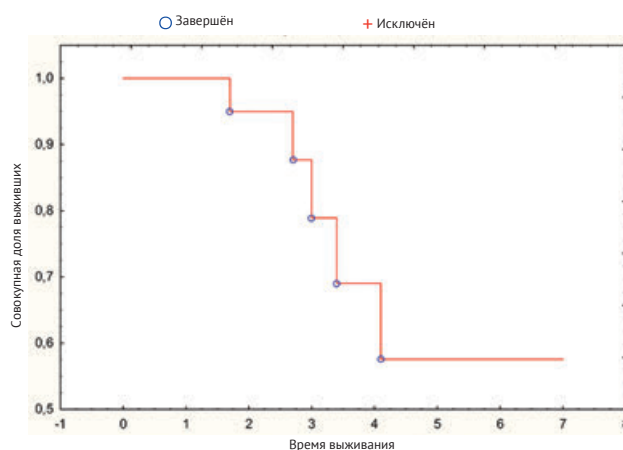


Рис. 1. Общая 4-летняя выживаемость по методу Каплана–Мейера
Fig. 1. Overall 4-year survival according to the Kaplan–Meier method

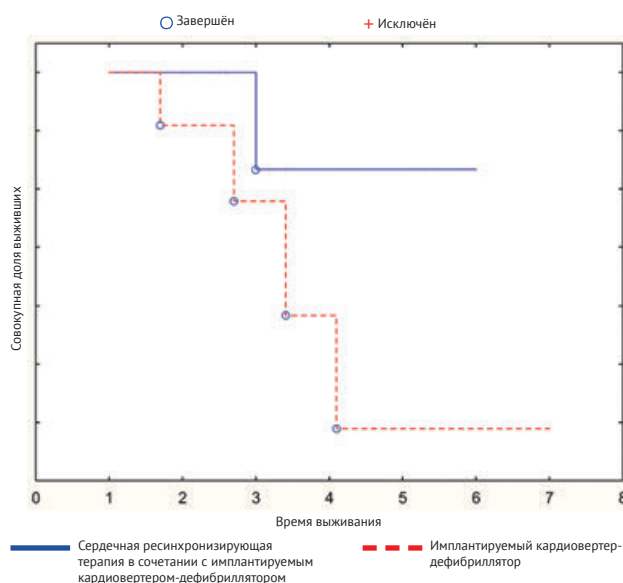


Рис. 2. Выживаемость больных в зависимости от метода лечения (по методу Каплана–Мейера)
Fig. 2. Survival of patients depending on the treatment method (Kaplan–Meier method)

Таблица 3

Изменения эхокардиографических показателей у больных с различной вероятностью смерти или рецидива сердечной недостаточности

Table 3

Changes in echocardiographic parameters in patients with different probabilities of death or recurrence of heart failure

Показатели	С осложнениями	Без осложнений	<i>p</i>
РИКДО, мл/м ²	12,6±22,7	-13,7±13,9	0,026
РИКСО, мл/м ²	7,5±12,9	-16,5±13,2	0,007
РФВ, %	-0,8±4,5	10,6±9,3	0,021

Примечания: РИКДО — разница индекса конечного диастолического объёма; РИКСО — разница индекса конечного систолического объёма; РФВ — разница фракции выброса

Notes: РИКДО — end-diastolic volume index difference; РИКСО — end-systolic volume index difference; РФВ — ejection fraction difference

систолического объёма — РИКСО (7,5±12,9 против -16,5±13,2 мл/м², *p*=0,007) и разницы ФВ ЛЖ — РФВ ЛЖ (-0,8±4,5 против 10,6±9,3%, *p*=0,021).

По данным регрессии Кокса было выявлено, что значения ИКСО ЛЖ после лечения (*HR* — *Hazard Ratio* — 0,080; 95% *CI* — *Confidence Interval* — 0,008–0,151; *p*=0,027) были достоверно связаны с выживаемостью в течение периода наблюдения.

В группе СРТ-Д у 7 пациентов (47%) выполнено спекл-трекинг ЭхоКГ-исследование до и через 12 месяцев после лечения. По данным исследования у всех больных в послеоперационном периоде показатели глобальной продольной систолической деформации достоверно уменьшались по сравнению с дооперационными: -13,2±0,86% и -7,48±1,23% соответственно, что позволяет судить об улучшении систолической функции ЛЖ (*p*=0,001, рис. 3, 4)

В первый год наблюдения выявлено от одного до двух раз нанесение шоков по поводу желудочковой тахикардии/фибрилляции желудочков (ЖТ/ФЖ) у двух пациентов с СРТ-Д и у троих больных с имплантированным ИКД. В последующие годы наблюдения функция дефибрилляции включалась ещё у двух пациентов из группы СРТ-Д и у двух больных с имплантированным ИКД.

Таким образом, мы наблюдали существенное улучшение объёма функции ЛЖ, объёма ЛП и функции правого желудочка (ПЖ) у пациентов, получавших СРТ-Д, по сравнению с монотерапией ИКД. Эти результаты согласуются с летальностью и СН в отдалённом периоде и предсказывают их, а также предполагают наличие структурного и функционального механизма, с помощью которого СРТ-Д улучшает результаты.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование *MADIT-CRT*, опубликованное *A.J. Moss et al.*, продемонстрировало улучшение отдалённой выживаемости и рецидива СН у пациентов с дисфункцией ЛЖ, широким комплексом *QRS* и БЛНПГ, получавших СРТ-Д, по сравнению с больными только с ИКД [13]. В анализе *MADIT-CRT* наблюдалось заметное улучшение объёма ЛЖ и ФВ, функции ПЖ, объёма ЛП и митральной недостаточности у двух третей пациентов, получавших СРТ-Д [14]. Уменьшение объёмов желудочков и улучшение их функции в течение первого года лечения были предикторами снижения последующих осложнений и улучшения результатов у пациентов, получающих СРТ-Д.

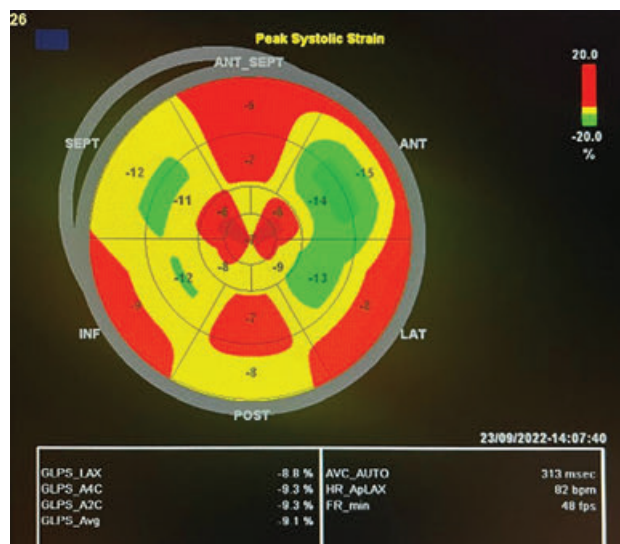


Рис. 3. Показатели глобальной продольной систолической деформации до лечения сердечной ресинхронизирующей терапии в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором (СРТ-Д)

Fig. 3. Global longitudinal systolic strain indices before treatment with cardiac resynchronization therapy in combination with an implantable cardioverter-defibrillator (CRT-D)



Рис. 4. Показатели глобальной продольной систолической деформации после лечения сердечной ресинхронизирующей терапии в сочетании с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором (СРТ-Д)

Fig. 4. Global longitudinal systolic strain indices after cardiac resynchronization therapy combined with implantable cardioverter-defibrillator (CRT-D)

Те же преимущества СРТ-Д в отношении объёма и функции ЛЖ отмечены и в исследовании *REVERSE*, опубликованном *St J.S. Martin et al.* [15]. Хотя здесь авторы увидели меньшую пользу в отношении улучшения ФВ ЛЖ. Одной из возможных причин этой разницы может быть то, что продолжительность комплекса *QRS* в исследовании *MADIT-CRT* была шире (*QRS*>130 мс), чем в *REVERSE* (*QRS*>120 мс), могла привести к появлению больных с большей диссинхронией стенок ЛЖ а, следовательно, большего получения пользы от этой терапии [16–19].

В нашем исследовании наблюдалось улучшение ФВ ЛЖ, уменьшение объёма ЛП и снижение систоли-

ческого лёгочного давления. Эти показатели являются независимыми предикторами результата у пациентов с СН, позволяя предположить, что одно из преимуществ СРТ-Д может заключаться в снижении давления наполнения ЛЖ, что затем отражается в уменьшении объёмов предсердий, лёгочного давления и улучшении функции ПЖ.

Несмотря на то, что существенные изменения объёмов и функции желудочков у пациентов, получающих СРТ-Д, наблюдались во множестве исследований, мы провели этот анализ, чтобы напрямую связать изменения объёмов и сократительной функции желудочков с полученными отдалёнными результатами. Обратное ремоделирование желудочков у больных с ресинхронизирующей терапией предсказывало меньшее количество будущих осложнений [20, 21]. Действительно, количество осложнений через 12 месяцев после лечения было снижено у пациентов, которые продемонстрировали улучшение объёмов и функции желудочков. Так, в группе СРТ-Д рецидив СН, потребовавший повторной госпитализации в стационар, наблюдался у 13% (2 больных), а в группе с ИКД — у 50% (10 больных). Эти данные подчёркивают важную взаимосвязь между изменениями объёмов и функции желудочков и результатами лечения, которую мы наблюдали даже в группе, получавшей только ИКД, хотя распределение этой зависимости было заметно смещено в группе СРТ-Д.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Saxon LA, De Marco T, Schafer J, Chatterjee K, Kumar UN, Foster E; VIGOR Congestive Heart Failure Investigators. Effects of long-term biventricular stimulation for resynchronization on echocardiographic measures of remodeling. *Circulation*. 2002;105(11):1304–1310. PMID: 11901040 <https://doi.org/10.1161/hc1102.105730>
2. St John Sutton MG, Plappert T, Abraham WT, Smith AL, DeLurgio DB, Leon AR, et al.; Multicenter InSync Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE) Study Group. Effect of cardiac resynchronization therapy on left ventricular size and function in chronic heart failure. *Circulation*. 2003;107(15):1985–1990. PMID: 12668512 <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000065226.24159.E9>
3. Horwich T, Foster E, De Marco T, Tseng Z, Saxon L. Effects of resynchronization therapy on cardiac function in pacemaker patients “upgraded” to biventricular devices. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004;15(11):1284–1289. PMID: 15574179 <https://doi.org/10.1046/j.1540-8167.2004.04279.x>
4. Rao RK, Kumar UN, Schafer J, Vilorio E, De Lurgio D, Foster E. Reduced ventricular volumes and improved systolic function with cardiac resynchronization therapy: a randomized trial comparing simultaneous biventricular pacing, sequential biventricular pacing, and left ventricular pacing. *Circulation*. 2007;115(16):2136–2144. PMID: 17420340 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.634444>
5. Кузнецов В.А., Солдатова А.М., Криночкин Д.В., Енина Т.Н. Сердечная ресинхронизирующая терапия при хронической сердечной недостаточности: нужно ли ждать быстрого ответа? *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2017;18(3):172–177. <https://doi.org/10.18087/rhfj.2017.3.2341>
6. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, Krueger S, Kass DA, De Marco T, et al.; Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Investigators. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med*. 2004;350(21):2140–2150. PMID: 15152059 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa032423>
7. Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, Freemantle N, Gras D, Kappenberger L, et al.; Cardiac Resynchronization-Heart Failure (CARE-HF) Study Investigators. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med*. 2005;352(15):1539–1549. PMID: 15753115 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa050496>
8. Yu CM, Bleeker GB, Fung JW, Schalij MJ, Zhang Q, van der Wall EE, et al. Left ventricular reverse remodeling but not clinical improvement predicts long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *Circulation*. 2005;112(11):1580–1586. PMID: 16144994 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.538272>
9. Ypenberg C, van Bommel RJ, Borleffs CJW, Bleeker GB, Boersma E, Schalij MJ, et al. Long-term prognosis after cardiac resynchronization therapy is related to the extent of left ventricular reverse remodeling at midterm follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(6):483–490. PMID: 19195605 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.10.032>
10. Daubert C, Gold MR, Abraham WT, Ghio S, Hassager C, Goode G, et al.; REVERSE Study Group. Prevention of disease progression by cardiac resynchronization therapy in patients with asymptomatic or mildly symptomatic left ventricular dysfunction: insights from the European cohort of the REVERSE (Resynchronization Reverses Remodeling in Systolic Left Ventricular Dysfunction) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(20):1837–1846. PMID: 19800193 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.08.011>
11. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al.; Chamber Quantification Writing Group; American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(12):1440–1463. PMID: 16376782 <https://doi.org/10.1016/j.echo.2005.10.005>
12. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Kraft CD, Levine RA, et al.; American Society of Echocardiography. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16(7):777–802. PMID: 12835667 [https://doi.org/10.1016/S0894-7317\(03\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0894-7317(03)00335-3)
13. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, Klein H, Brown MW, Daubert JP, et al.; MADIT-CRT Trial Investigators. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *N Engl J Med*. 2009;361(14):1329–1338. PMID: 19723701 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0906431>
14. Moss AJ, Brown MW, Cannom DS, Daubert JP, Estes M, Foster E, et al. Multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT): design and clinical protocol. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2005;10(4 Suppl):34–43. PMID: 16274414 <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2005.00073.x>
15. St John Sutton M, Ghio S, Plappert T, Tavazzi L, Scelsi L, Daubert C, et al.; REsynchronization REverses Remodeling in Systolic left vEntricular dysfunction (REVERSE) Study Group. Cardiac resynchronization induces major structural and functional reverse remodeling in patients with New York Heart Association class I/II heart failure. *Circulation*. 2009;120(19):1858–1865. PMID: 19858419 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.818724>
16. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, St John Sutton M, Rouleau JL, Lamas GA, et al.; SAVE Investigators. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(9):1450–1455. PMID: 11985906 [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(02\)01804-1](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(02)01804-1)

17. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol.* 2008;101(5):607–612. PMID: 18308007 <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2007.09.115>
 18. Meris A, Amigoni M, Uno H, Thune JJ, Verma A, Køber L, et al. Left atrial remodelling in patients with myocardial infarction complicated by heart failure, left ventricular dysfunction, or both: the VALIANT Echo study. *Eur Heart J.* 2009;30(1):56–65. PMID: 19001474 <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn499>
 19. Bleeker GB, Schalij MJ, Nihoyannopoulos P, Steendijk P, Molhoek SG, van Erven L, et al. Left ventricular dyssynchrony predicts right ventricular remodeling after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(12):2264–2269. PMID: 16360056 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.04.069>
 20. Yu CM, Fang F, Zhang Q, Yip GWK, Li CM, Chan JYS, et al. Improvement of atrial function and atrial reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy for heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(8):778–785. PMID: 17707183 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.04.073>
 21. St John Sutton MG, Plappert T, Hilpisch KE, Abraham WT, Hayes DL, Chinchoy E. Sustained reverse left ventricular structural remodeling with cardiac resynchronization at 1 year is a function of etiology: quantitative Doppler echocardiography evidence from the Multicenter InSync Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE). *Circulation.* 2006;113(2):266–272. PMID: 16401777 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.520817>
- REFERENCES**
1. Saxon LA, De Marco T, Schafer J, Chatterjee K, Kumar UN, Foster E; VIGOR Congestive Heart Failure Investigators. Effects of long-term biventricular stimulation for resynchronization on echocardiographic measures of remodeling. *Circulation.* 2002;105(11):1304–1310. PMID: 11901040 <https://doi.org/10.1161/hc1102.105730>
 2. St John Sutton MG, Plappert T, Abraham WT, Smith AL, DeLurgio DB, Leon AR, et al.; Multicenter InSync Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE) Study Group. Effect of cardiac resynchronization therapy on left ventricular size and function in chronic heart failure. *Circulation.* 2003;107(15):1985–1990. PMID: 12668512 <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000065226.24159.E9>
 3. Horwich T, Foster E, De Marco T, Tseng Z, Saxon L. Effects of resynchronization therapy on cardiac function in pacemaker patients “upgraded” to biventricular devices. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004;15(11):1284–1289. PMID: 15574179 <https://doi.org/10.1046/j.1540-8167.2004.04279.x>
 4. Rao RK, Kumar UN, Schafer J, Vilorio E, De Lurgio D, Foster E. Reduced ventricular volumes and improved systolic function with cardiac resynchronization therapy: a randomized trial comparing simultaneous biventricular pacing, sequential biventricular pacing, and left ventricular pacing. *Circulation.* 2007;115(16):2136–2144. PMID: 17420340 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.634444>
 5. Kuznetsov VA, Soldatova AM, Krinichkin DV, Enina TN. Cardiac Resynchronisation Therapy in Patients With Congestive Heart Failure: Whether We Should Expect for an “Early” Response? *Russian Heart Failure Journal.* 2017;18(3):172–177. (In Russ.) <https://doi.org/10.18087/rhfj.2017.3.23411>
 6. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, Krueger S, Kass DA, De Marco T, et al.; Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Investigators. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med.* 2004;350(21):2140–2150. PMID: 15152059 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa032423>
 7. Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, Freemantle N, Gras D, Kappenberger L, et al.; Cardiac Resynchronization-Heart Failure (CARE-HF) Study Investigators. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med.* 2005;352(15):1539–1549. PMID: 15753115 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa050496>
 8. Yu CM, Bleeker GB, Fung JW, Schalij MJ, Zhang Q, van der Wall EE, et al. Left ventricular reverse remodeling but not clinical improvement predicts long-term survival after cardiac resynchronization therapy. *Circulation.* 2005;112(11):1580–1586. PMID: 16144994 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.538272>
 9. Ypenberg C, van Bommel RJ, Borleffs CJW, Bleeker GB, Boersma E, Schalij MJ, et al. Long-term prognosis after cardiac resynchronization therapy is related to the extent of left ventricular reverse remodeling at midterm follow-up. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53(6):483–490. PMID: 19195605 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.10.032>
 10. Daubert C, Gold MR, Abraham WT, Ghio S, Hassager C, Goode G, et al.; REVERSE Study Group. Prevention of disease progression by cardiac resynchronization therapy in patients with asymptomatic or mildly symptomatic left ventricular dysfunction: insights from the European cohort of the REVERSE (Resynchronization Reverses Remodeling in Systolic Left Ventricular Dysfunction) trial. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54(20):1837–1846. PMID: 19800193 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.08.011>
 11. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al.; Chamber Quantification Writing Group; American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18(12):1440–1463. PMID: 16376782 <https://doi.org/10.1016/j.echo.2005.10.005>
 12. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Kraft CD, Levine RA, et al.; American Society of Echocardiography. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003;16(7):777–802. PMID: 12835667 [https://doi.org/10.1016/S0894-7317\(03\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0894-7317(03)00335-3)
 13. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, Klein H, Brown MW, Daubert JP, et al.; MADIT-CRT Trial Investigators. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *N Engl J Med.* 2009;361(14):1329–1338. PMID: 19723701 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0906431>
 14. Moss AJ, Brown MW, Cannom DS, Daubert JP, Estes M, Foster E, et al. Multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT): design and clinical protocol. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2005;10(4 Suppl):34–45. PMID: 16274414 <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2005.00075.x>
 15. St John Sutton M, Ghio S, Plappert T, Tavazzi L, Scelsi L, Daubert C, et al.; REsynchronization reVERses Remodeling in Systolic left vEntricular dysfunction (REVERSE) Study Group. Cardiac resynchronization induces major structural and functional reverse remodeling in patients with New York Heart Association class I/II heart failure. *Circulation.* 2009;120(19):1858–1865. PMID: 19858419 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.818724>
 16. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, St John Sutton M, Rouleau JL, Lamas GA, et al.; SAVE Investigators. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(9):1450–1455. PMID: 11985906 [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(02\)01804-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(02)01804-1)
 17. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol.* 2008;101(5):607–612. PMID: 18308007 <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2007.09.115>
 18. Meris A, Amigoni M, Uno H, Thune JJ, Verma A, Køber L, et al. Left atrial remodelling in patients with myocardial infarction complicated by heart failure, left ventricular dysfunction, or both: the VALIANT Echo study. *Eur Heart J.* 2009;30(1):56–65. PMID: 19001474 <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn499>
 19. Bleeker GB, Schalij MJ, Nihoyannopoulos P, Steendijk P, Molhoek SG, van Erven L, et al. Left ventricular dyssynchrony predicts right ventricular remodeling after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(12):2264–2269. PMID: 16360056 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.04.069>
 20. Yu CM, Fang F, Zhang Q, Yip GWK, Li CM, Chan JYS, et al. Improvement of atrial function and atrial reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy for heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(8):778–785. PMID: 17707183 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.04.073>
 21. St John Sutton MG, Plappert T, Hilpisch KE, Abraham WT, Hayes DL, Chinchoy E. Sustained reverse left ventricular structural remodeling with cardiac resynchronization at 1 year is a function of etiology: quantitative Doppler echocardiography evidence from the Multicenter InSync Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE). *Circulation.* 2006;113(2):266–272. PMID: 16401777 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.520817>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Чернявский Петр Валерьевич** кандидат медицинских наук, врач — сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1 ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0001-9479-6983>, petr.ch@mail.ru;
 30%: идея и дизайн исследования, сбор и анализ материала, статистическая обработка и интерпретация результатов, написание черновика рукописи
- Бикбова Наталья Марсовна** кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-3037-3292>, nat_2007@mail.ru;
 10%: сбор и обработка материала, редактирование текста статьи
- Иванов Михаил Григорьевич** Младший научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии хирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-9692-0703>, ivanovmg@sklif.mos.ru;
 10%: проведение оперативных вмешательств, редактирование текста статьи
- Камбаров Сергей Юрьевич** доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0003-3283-0562>, sergkamb@mail.ru;
 10%: редактирование текста статьи
- Коков Леонид Сергеевич** академик РАН, доктор медицинских наук, заведующий научным отделом неотложной кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-3167-3692>, kokovls@sklif.mos.ru;
 10%: проверка критически важного содержания, редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи
- Мазанов Мурат Хамидбиевич** кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0003-4145-1337>, mazan@bk.ru;
 10%: редактирование текста статьи
- Сагиров Марат Анварович** кандидат медицинских наук, заведующий научным отделением неотложной кардиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-2971-9188>, sagirovm@gmail.com;
 10%: редактирование текста статьи
- Дублев Андрей Владимирович** кандидат медицинских наук, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии – реанимации №2 ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0003-2071-1179>, dav69@mail.ru;
 5%: редактирование текста статьи
- Тимербаев Артем Владимирович** кандидат медицинских наук, заведующий кардиохирургическим отделением № 1 ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0003-1608-749X>, artemtim@mail.ru;
 5%: редактирование текста статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Effect of Cardiac Resynchronization Therapy on Reverse Left Ventricular Remodeling in Patients with Functional Class II Heart Failure

P.V. Chernyavsky ✉, *N.M. Bikbova*, *M.G. Ivanov*, *S.Yu. Kambarov*, *L.S. Kokov*, *M.Kh. Mazanov*, *M.A. Sagirov*, *A.V. Dublev*, *A.V. Timerbaev*

Cardiac Surgery Department No. 1
 N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine
 Bolshaya Sukharevskaya Sq. 3, Moscow, Russian Federation 129090

✉ **Contacts:** Petr V. Chernyavsky, Candidate of Medical Sciences, Cardiac Surgeon, Cardiac Surgery Department No. 1, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine.
 Email: petr.ch@mail.ru

INTRODUCTION Implantation of a cardioverter-defibrillator reduces the risk of sudden cardiac death caused by the development of ventricular tachycardia (VT) and ventricular fibrillation (VF) of the heart, but implantation of this device does not improve the function of the left ventricle (LV). Modern implantable cardioverter-defibrillators (ICD) with endocardial electrodes allow for optimal treatment of cardiac arrhythmias in heart failure (HF) due to the function of electrical cardiac pacing. Cardiac resynchronization therapy (CRT) is aimed at synchronizing contractions of the opposite walls of the LV, which leads to an improvement in the inotropic function of the heart, and subsequently to reverse remodeling of the LV geometry.

The obtained results of the study made it possible to determine whether there was an improvement in volume changes, cardiac function and shock rate when using CRT in combination with an ICD (CRT-D) in patients with HF accompanied by LV dysfunction and a wide QRS complex.

AIM OF STUDY To assess whether CRT in combination with ICD has an effect on LV reverse remodeling in patients with functional class (FC) II HF.

MATERIAL AND METHODS A total of 35 patients with a wide QRS complex >130 ms were included in the study: 15 patients in the CRT-D group and 20 with ICD. The obtained results of the study were interpreted one year after the start of treatment in all patients. Changes in the volumes and contractility of the ventricles of the heart were analyzed in both groups. An assessment was made of the dependence of these changes on the results of treatment in subsequent years.

RESULTS In patients in the CRT-D group, compared with the ICD group, there was an improvement in the LV end-diastolic volume index (-18.7 vs. 8.6 ml/m²), LV end-systolic volume index (-22.5 vs. 5.2 ml/m²), LV ejection fraction (13.2 vs. 0.4%), left atrial volume index (-16.8 vs. 2.7 ml/m²), and pulmonary artery systolic pressure (-11.4 vs. 1.4 mmHg), $p < 0.05$ for all parameters. The improvement in LV functional parameters 1 year after treatment was reflected in a decrease in mortality and recurrence of HF in these patients in the long-term period (13% in the CRT-D group vs. 50% in the ICD group, $p < 0.05$). During the first year of observation, one to two shocks for VT/VF were administered in two patients with CRT-D and three patients with an implanted ICD. During the subsequent three-year observation period, the defibrillation function was activated in two more patients in the CRT-D group and in two patients with an implanted ICD.

CONCLUSION Cardiac resynchronization therapy combined with an implantable cardioverter -defibrillator improves cardiac performance in patients with class II heart failure. Our study demonstrated a decrease in end-diastolic volume, end-systolic volume, left atrial volume, an increase in left ventricular ejection fraction, and an improvement in right ventricular function in patients treated with combined cardiac resynchronization therapy and an implantable cardioverter -defibrillator compared with those treated with an implantable cardioverter -defibrillator alone. These results were consistent with improved outcomes, and outcomes at 1 year were directly related to the degree of improvement in ventricular volumes and function.

Keywords: cardiac resynchronization therapy, left ventricular remodeling, heart failure

For citation Chernyavsky PV, Bikbova NM, Ivanov MG, Kambarov SYu, Kokov LS, Mazanov MKh, et al. Effect of Cardiac Resynchronization Therapy on Reverse Left Ventricular Remodeling in Patients with Functional Class II Heart Failure. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2025;14(3):533–540. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-3-533-540> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Affiliations

Petr V. Chernyavsky	Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgeon, Cardiac Surgery Department No. 1, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-9479-6983 , petr.ch@mail.ru, 30%, idea and design of the study, collection and analysis of material, statistical processing and interpretation of results, writing a draft of the manuscript
Natalia M. Bikbova	Candidate of Medical Sciences, Researcher, Department of Emergency Cardiac Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-3037-3292 , nat_2007@mail.ru; 10%, collection and processing of material, editing of the article text
Mikhail G. Ivanov	Junior Research Fellow, Emergency Cardiac Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-9692-0703 , ivanovmg@sklif.mos.ru; 10%, performing surgical interventions, editing the text of the article
Sergey Yu. Kambarov	Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher, Department of Emergency Cardiac Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-3283-0562 , sergkamb@mail.ru; 10%, editing the text of the article
Leonid S. Kokov	Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Head of the Scientific Department of Emergency Cardiology and Cardiovascular Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-3167-3692 , kokovls@sklif.mos.ru; 10%, checking critical content, editing text, approving the final version of the article
Murat Kh. Mazanov	Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Department of Emergency Cardiac Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-4145-1337 , mazan@bk.ru; 10%, editing the text of the article
Marat A. Sagirov	Candidate of Medical Sciences, Head of the Scientific Department of Emergency Cardiac Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-2971-9188 , sagirovm@gmail.com; 10%, editing the text of the article
Andrey V. Dublev	Candidate of Medical Sciences, Anesthesiologist-Resuscitator, Department of Anesthesiology and Resuscitation No. 2, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-2071-1179 , dav69@mail.ru; 5%, editing the text of the article
Artem V. Timerbaev	Candidate Of Medical Sciences, Head Cardiac Surgery Department No. 1, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-1608-749X , artemtim@mail.ru; 5%, editing the text of the article

Received on 11.11.2024

Review completed on 16.01.2025

Accepted on 09.06.2025

Поступила в редакцию 11.11.2024

Рецензирование завершено 16.01.2025

Принята к печати 09.06.2025