

Работа миокарда при сердечной ресинхронизирующей терапии и факторы, значимые для ее положительной динамики

Е.М. Римская^{✉1}, С.В. Добровольская¹, Г.С. Тарасовский¹, С.Ю. Каштанова¹, В.Н. Шитов¹, В.В. Слободяник², Н.А. Миронова¹, М.А. Саидова¹, С.П. Голицын²

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Россия

Аннотация

Цель. Проанализировать работу миокарда при сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) и выявить факторы, влияющие на ее положительную динамику.

Материалы и методы. Исследование глобальной продольной деформации – стрейна (GLS) и параметров работы миокарда – глобальной конструктивной работы миокарда (GCW), глобальной утраченной работы миокарда (GWW), индекса глобальной работы (GWI) и эффективности глобальной работы (GWE) выполнено в дополнение к стандартной эхокардиографии у 60 пациентов (средний возраст – 61±10 лет, 36 мужчин) с исходными ЭКГ-признаками блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ), хронической сердечной недостаточностью – ХСН 2 [2; 3] функционального класса (NYHA), сниженной фракцией выброса левого желудочка (28 [23; 31] %) до и через 6 мес после имплантации устройства для СРТ. У всех пациентов определялись сегменты с максимальной и минимальной работой миокарда, а также рассчитывалась разница между значениями максимальной и минимальной работы (Max-Min WI) как показатель асимметрии рабочей нагрузки.

Результаты. На фоне СРТ у 44 (73,3%) пациентов зарегистрировано обратное ремоделирование сердца, у 11 (18,3%) пациентов – клиническая стабилизация без положительной динамики показателей эхокардиографии, у 5 (8,3%) пациентов – ухудшение состояния. СРТ способствует уменьшению GWW, за счет чего повышаются GWE и GWI как в группе обратного ремоделирования, так и в группе клинической стабилизации. Однако уменьшение GWW у этих пациентов не сопровождается повышением GCW и GLS в отличие от пациентов с обратным ремоделированием, отличающихся статистически значимым увеличением GCW и GLS на фоне СРТ. Пациентов с ухудшением состояния отличало минимальное уменьшение GWW на фоне СРТ (62,0 [9,7; 133,7] mmHg% против 149,5 [92,8; 206,2] mmHg% у пациентов с обратным ремоделированием и клинической стабилизацией; $p=0,035$). Max-Min WI оказался напрямую связан с изменением фракции выброса левого желудочка на фоне СРТ ($r_{xy}=0,336$; $p=0,017$), что делает этот показатель одним из возможных предикторов обратного ремоделирования на фоне применения СРТ.

Заключение. Утраченная работа миокарда может представлять собой некий «сократительный резерв», который является мишенью воздействия СРТ и мобилизация и уменьшение которого может способствовать достижению клинически стабильного состояния у больных с ХСН даже при отсутствии обратного ремоделирования миокарда.

Ключевые слова: блокада левой ножки пучка Гиса, хроническая сердечная недостаточность, сердечная ресинхронизирующая терапия, работа миокарда

Для цитирования: Римская Е.М., Добровольская С.В., Тарасовский Г.С., Каштанова С.Ю., Шитов В.Н., Слободяник В.В., Миронова Н.А., Саидова М.А., Голицын С.П. Работа миокарда при сердечной ресинхронизирующей терапии и факторы, значимые для ее положительной динамики. Терапевтический архив. 2025;97(4):306–314. DOI: 10.26442/00403660.2025.04.203148

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2025 г.

Информация об авторах / Information about the authors

✉Римская Елена Михайловна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. клинической электрофизиологии и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова». E-mail: eleno4ka_g@mail.ru

✉Elena M. Rimskaya. E-mail: eleno4ka_g@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0063-5474

Добровольская Светлана Валерьевна – канд. мед. наук, мл. науч. сотр. отд. ультразвуковых методов диагностики ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Svetlana V. Dobrovolskaya. ORCID: 0000-0003-0580-393X

Тарасовский Геннадий Сергеевич – врач-кардиолог отд. клинической электрофизиологии и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Gennady S. Tarasovskiy. ORCID: 0000-0002-2143-8912

Каштанова Светлана Юрьевна – канд. мед. наук, мл. науч. сотр. отд. клинической электрофизиологии и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Svetlana Yu. Kashtanova. ORCID: 0000-0003-4731-0818

Шитов Виктор Николаевич – мл. науч. сотр. отд. ультразвуковых методов диагностики ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Victor N. Shitov. ORCID: 0000-0002-8878-7340

Слободяник Владимир Владимирович – врач сердечно-сосудистый хирург, зав. отд.-нием хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ФГБУ «НМИЦ ТИО им. акад. В.И. Шумакова»

Vladimir V. Slobodyanik

Миронова Наталия Александровна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. клинической электрофизиологии и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Nataliia A. Mironova. ORCID: 0000-0002-2374-3718

Myocardial function in cardiac resynchronization therapy and factors significant for its improvement

Elena M. Rimsкая^{✉1}, Svetlana V. Dobrovolskaya¹, Gennady S. Tarasovskiy¹, Svetlana Yu. Kashtanova¹, Victor N. Shitov¹, Vladimir V. Slobodyanik², Nataliia A. Mironova¹, Marina A. Saidova¹, Sergey P. Golitsyn²

¹Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia;

²Academician Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russia

Abstract

Aim. To analyze myocardial work in cardiac resynchronization therapy (CRT) and to determine the factors influence its positive dynamics.

Materials and methods. Global longitudinal strain (GLS) and myocardial work parameters including global constructive work (GCW), global wasted work (GWW), global work index (GWI) and global work efficiency (GWE) were analyzed in addition to standard transthoracic echocardiography (TTE) in 60 patients (mean age 61±10 years, 36 male) with left bundle branch block (LBBB), chronic heart failure (HF 2 [2; 3] FC (NYHA), decreased left ventricular ejection fraction (LVEF=28 [23; 31] %) before and 6 months after CRT implantation. In all patients the segments with maximum and minimum WI value were determined and the difference in segments with maximal and minimal WI (Max-Min WI), as the indicator of myocardial work asymmetry was calculated.

Results. CRT led to reverse cardiac remodeling in 44 (73.3%) patients; clinical stabilization without positive TTE dynamics – in 11 (18.3%) patients, worsening or death – in 5 (8.3%) patients. In both groups of reverse remodeling and clinical stabilization CRT resulted in GWW reduction and thus GWE and GWI enhancement. However, the decrease in GWW in these patients is not accompanied by an increase in GCW and GLS, in contrast to patients with reverse remodeling, who developed statistically significant change in GCW and GLS during CRT. Patients with worsening or death were characterized by a minimal decrease in GWW in CRT (62,0 [9,7; 133,7] vs 149,5 [92,8; 206,2] mmHg% in patients with reverse remodeling and clinical stabilization; $p=0,035$). Max-Min WI turned out to be directly related to the LVEF change in CRT ($r_{xy}=0,336$; $p=0,017$) that makes this value to be one of possible predictors of reverse remodeling during CRT.

Conclusion. Wasted myocardial work can serve a contractile reserve, which represent a target for CRT. Its mobilization and decrease can lead to stable clinical status in patients even in the absence of reverse myocardial remodeling.

Keywords: left bundle branch block, chronic heart failure, cardiac resynchronization therapy, myocardial work

For citation: Rimsкая EM, Dobrovolskaya SV, Tarasovskiy GS, Kashtanova SYu, Shitov VN, Slobodyanik VV, Mironova NA, Saidova MA, Golitsyn SP. Myocardial function in cardiac resynchronization therapy and factors significant for its improvement. *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). 2025;97(4):306–314. DOI: 10.26442/00403660.2025.04.203148

Введение

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) является доказанным и общепризнанным методом лечения пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), низкой фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) и блокадой левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) [1]. Использование этого метода позволяет в ряде случаев достичь полного устранения проявлений ХСН и нормализации ФВ ЛЖ, что получило название «супер-ответа», или полного обратного ремоделирования сердца [2]. Точкой приложения СРТ является возникающая вследствие БЛНПГ электрическая и механическая диссинхрония. Нарушение последовательности электрического возбуждения миокарда желудочков (электрической диссинхронии) при БЛНПГ приводит к ранней активации межжелудочковой перегородки (МЖП) и ее сокращению до момента открытия аортального клапана. Раннее сокращение перегородки вызывает натяжение боковой стенки ЛЖ до ее сокращения. Поздняя активация боковой стенки ЛЖ, в свою очередь, приводит к перерастяжению МЖП и в итоге – к диссинхронному сокращению. Результатом этой диссинхронии является значительная доля «утраченной» работы (wasted work) миокарда, что существенно снижает сердечный вы-

брос ЛЖ [3]. Расширение понимания механики сердечного сокращения при БЛНПГ стало возможным при появлении современных эхокардиографических (ЭхоКГ) методик, позволяющих оценивать работу миокарда (myocardial work) с помощью построения кривых «давление – деформация». Данный метод характеризует эффективность сокращения ЛЖ с помощью оценки утраченной энергии и выполненной конструктивной работы [4]. По данным ряда исследований, большая доля утраченной работы миокарда является хорошим прогностическим фактором эффективности СРТ у пациентов-кандидатов для применения этого метода лечения [5]. Вместе с тем у значительной части пациентов применение СРТ не позволяет добиться положительных клинических результатов [6]. Хорошо известно, что эффект от СРТ является результатом многих независимых факторов, в число которых помимо исходной выраженности электромеханической диссинхронии входят исходная жизнеспособность миокарда, выраженность его рубцовых изменений, локализация электрода для стимуляции ЛЖ на этапе имплантации бивентрикулярного (БВ) электрокардиостимулятора и др. [7]. Все эти независимые факторы могут также влиять и на динамику конструктивной и утраченной работы миокарда, а также вносить свой вклад

Информация об авторах / Information about the authors

Сайдова Марина Абдулатиповна – д-р мед. наук, проф., рук. отд. ультразвуковых методов диагностики ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова»

Голицын Сергей Павлович – д-р мед. наук, проф., рук. отд. клинической электрофизиологии и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца ФГБУ «НМИЦ ТИО им. акад. В.И. Шумакова»

Marina A. Saidova. ORCID: 0000-0002-3233-1862

Sergey P. Golitsyn. ORCID: 0000-0001-9913-9974

в достижение обратного ремоделирования. В связи с этим **цель исследования** – проанализировать работу миокарда при СРТ и провести поиск факторов, влияющих на ее положительную динамику.

Материалы и методы

В исследование включены 60 пациентов (средний возраст – 61 ± 10 лет, 36 мужчин) со стойким синусовым ритмом во всех случаях, ЭКГ-признаками БЛНПГ, с клиническими признаками ХСН 2 [2; 3] функционального класса – ФК (NYHA), выраженным увеличением конечно-диастолического (КДО) и конечно-систолического объема (КСО) ЛЖ, значительно сниженной ФВ ЛЖ (28 [23; 31] %). Этиология сердечной дисфункции определена как ишемическая в 17 (28,3%) случаях, из которых в 14 случаях у пациентов в анамнезе имелись указания на перенесенный острый инфаркт миокарда (ОИМ), в остальных 3 случаях при проведении коронароангиографии диагностирован стенозирующий атеросклероз коронарных артерий. Исключение значимого поражения коронарных артерий, а также признаков перенесенного ОИМ в остальных 43 (71,7%) случаях дало возможность расценивать природу ХСН как неишемическую. На момент включения в исследование все пациенты не менее 3 мес получали оптимальную медикаментозную терапию ХСН согласно Российским национальным клиническим рекомендациям [1]. Всем больным имплантированы сердечные ресинхронизирующие устройства с функцией дефибриллятора (СРТ-Д). Для подбора атриовентрикулярной задержки использовались алгоритмы автоматической настройки, рекомендованные фирмами-производителями имплантированных устройств. Оптимизация межжелудочковой задержки не производилась, использовались заводские установки (0 мс) [8]. У всех пациентов анализировалась топография расположения электрода для стимуляции ЛЖ и достигнутая длительность, а также морфология БВ – комплекса на QRS ЭКГ в отведении V_1 . Эффект от проведения СРТ оценивался через 6 мес после имплантации по данным повторного клинико-инструментального обследования, включавшего интервьюирование настроек устройства, ЭКГ, ЭхоКГ.

Трансторакальная ЭхоКГ с оценкой деформации и работы миокарда ЛЖ

Всем обследованным пациентам в дополнение к стандартному ЭхоКГ-исследованию до имплантации СРТ и через 6 мес после проводилась оценка глобальной продольной деформации миокарда ЛЖ (GLS, %) и работы миокарда. Для вычисления этих параметров запись ЭхоКГ проводилась на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США) с использованием секторного матричного датчика M5S. Регистрация изображений проводилась из апикальной позиции согласно существующим рекомендациям и по ранее описанной методике [9, 10]. Для вычисления показателей работы миокарда и GLS записанные изображения обработаны в автономном режиме с помощью рабочей станции EchoPac PC Version 203 (GE Healthcare, США). Программным обеспечением автоматически на основании данных о продольной деформации ЛЖ, артериальном давлении, а также по выставленному на полученных изображениях времени открытия и закрытия митрального и аортального клапанов конструировался график «давление – деформация» и вычислялись показатели работы миокарда как для каждого из 17 сегментов ЛЖ в отдельности, так и для всего миокарда в целом.

Анализируемые параметры работы миокарда включали:

- 1) конструктивную работу (global constructive work – GCW, мм рт. ст. %), определяемую как арифметическая сумма работ, выполненных за время укорочения миокарда в систолу и удлинение миокарда во время изоволюметрической диастолы;
- 2) утраченную работу (global wasted work – GWW, мм рт. ст. %), рассчитанную как арифметическая сумма работ, затраченных на удлинение сегмента в систолу и укорочение в фазу изоволюметрического расслабления;
- 3) индекс глобальной работы миокарда (global work index – GWI, мм рт. ст. %), соответствующий площади петли «давление – деформация» и характеризующий работу, совершаемую за всю систолу, а именно за период времени от закрытия до открытия митрального клапана;
- 4) эффективность глобальной работы (global work efficiency – GWE, %), выраженную как процентное отношение GCW к сумме GCW и GWW [4].

На 17-сегментарной модели ЛЖ («бычий глаз») у каждого пациента определялись сегменты с максимальной конструктивной работой и максимальной утраченной работой, подсчитывалась разница в значениях WI в сегментах с максимальной и утраченной работой (Max-Min WI) как показатель асимметрии рабочей нагрузки. Исходные характеристики пациентов, а также данные о топографии электрода для стимуляции ЛЖ и о морфологии послеоперационного комплекса QRS представлены в **табл. 1**.

Статистический анализ. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.1.7 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка (при числе исследуемых <50) или критерия Колмогорова–Смирнова (при числе исследуемых >50). Количественные показатели описывались с помощью средних арифметических величин (M), стандартных отклонений (SD) при нормальном распределении и с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей ($Q1$ – $Q3$) при ненормальном. Сравнение групп по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, выполнялось с помощью однофакторного дисперсионного анализа, апостериорные сравнения проводились с помощью критерия Тьюки (при условии равенства дисперсий). Сравнение групп по количественному показателю с ненормальным распределением выполнялось с помощью критерия Краскела–Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

1. Локализация электрода для стимуляции ЛЖ и характеристики результирующего комплекса QRS

В ходе имплантации СРТ электрод для стимуляции ЛЖ удалось успешно имплантировать в заднюю, боковую или заднебоковую ветви коронарного синуса в 42 (70%) случаях. Малый калибр, острый угол отхождения целевой вены в 18 (30%) случаях послужили препятствием для оптимального позиционирования этого электрода. У этих пациентов веной, пригодной для имплантации, оказалась передне-

Таблица 1. Исходные характеристики включенных в исследование пациентов, а также данные о топографии электрода для стимуляции ЛЖ, морфологии и длительности послеоперационного комплекса QRS

Table 1. Baseline characteristics of enrolled patients, as well as data on the topography of the LV stimulation electrode, and morphology and duration of the postoperative QRS complex

Показатели	Значение	
Возраст (лет), <i>M</i> (<i>SD</i>)	61±10	
Мужчины, абс. (%)	36 (60)	
Женщины, абс. (%)	24 (40)	
Ишемическая этиология ХСН, абс. (%)	17 (28,3)	
Нешемическая этиология ХСН, абс. (%)	43 (71,7)	
Перенесенный ОИМ, абс. (%)	14 (23,3)	
Исходная длительность комплекса QRS (мс), <i>M</i> (<i>SD</i>)	176±18	
ФК ХСН, <i>Me</i> [<i>IQR</i>]	2 [2; 3]	
КДО ЛЖ (мл), <i>Me</i> [<i>IQR</i>]	252 [208; 319]	
КСО ЛЖ (мл), <i>Me</i> [<i>IQR</i>]	175 [140; 232]	
ФВ ЛЖ (%), <i>Me</i> [<i>IQR</i>]	28 [23; 31]	
GLS, <i>Me</i> (%)	-6 [-7; -5]	
GW _I , <i>Me</i> (mmHg%)	426 [316; 575]	
GCW, <i>M</i> ± <i>SD</i> (mmHg%)	727,17±247,01	
GW _W , <i>M</i> ± <i>SD</i> (mmHg%)	335±151	
GW _E , <i>M</i> ± <i>SD</i> (%)	64,53±8,80	
Max-Min W _I , <i>M</i> ± <i>SD</i> (mmHg%)	1227,62±520,43	
Послеоперационная длительность комплекса QRS (мс), <i>Me</i> [<i>IQR</i>]	140 [130; 160]	
Морфология комплекса QRS (отведение V ₁) при БВЭКС, абс. (%)	QS	30 (50)
	Rs/RS	10 (16,7)
	rSr'/rS	20 (33,3)
Топография электрода для стимуляции ЛЖ, абс. (%)	Задняя/боковая/ заднебоковая	42(70)
	Переднебоковая	13 (23,3)
	Передняя	4 (6,7)

боковая ветвь в 14 (23,3%) случаях и передняя вена сердца – в 4 (6,7%) случаях. Проведение СРТ привело к уменьшению длительности комплекса QRS до 140 [130; 160] мс (см. табл. 1). Послеоперационная морфология навязанного комплекса QRS в отведении V₁ соответствовала Rs/RS в 10 (16,7%) случаях (рис. 1, а), rSr'/rS – в 20 (33,3%) случаях (рис. 1, б) и QS в 30 случаях (50%); рис. 1, с. Проведенный статистический анализ обнаружил зависимость морфологии комплекса QRS от локализации электрода, стимулирующего ЛЖ. Так, появление зубца R в отведении V₁ (конфигурация комплекса Rs/RS или rSr'/rS) оказалось напрямую связано с задней/боковой/заднебоковой локализацией электрода (*p*=0,048*). Шансы задней/боковой/заднебоковой локализации электрода в группе появления зубца R в отведении V₁ оказались в 3,882 раза выше по сравнению с пациентами с морфологией комплекса QS. Различия между

шансами являлись статистически значимыми (95% доверительный интервал 1,056–14,276).

2. Эффект от СРТ

В течение 6 мес наблюдения 2 пациентов скончались: в 1 случае от прогрессирования ХСН, еще в 1 случае – от непрерывного рецидивирования желудочковых тахикардий и фибрилляции желудочков. Таким образом, через 6 мес после имплантации СРТ параметры клинко-инструментального статуса удалось оценить у 58 из 60 пациентов. По данным интервьюирования устройств у всех пациентов отмечался достаточный процент БВ-стимуляции – 99 [98; 100]. Результаты клинко-инструментального обследования позволили разделить пациентов на 3 подгруппы в зависимости от динамики параметров ЭхоКГ и проявлений ХСН в ответ на проведение СРТ. В 1-ю подгруппу вошли 44 (73,3%) пациента, у которых зарегистрировано обратное ремоделирование сердца, проявившееся уменьшением КСО ЛЖ более чем на 15%, повышением ФВ ЛЖ на 5% и более, снижением ФК ХСН. Во 2-ю подгруппу вошли 11 (18,3%) пациентов без положительной динамики показателей ЭхоКГ. Однако снижение ФК ХСН и отсутствие необходимости госпитализаций в связи с декомпенсацией сердечной недостаточности за прошедший период времени дало основание расценить состояние этих пациентов как клиническую стабилизацию. В 3-ю подгруппу вошли 5 (8,3%) пациентов с ухудшением состояния, как по результатам клинического наблюдения, так и показаниям ЭхоКГ. В эту же подгруппу отнесены и случаи смерти. Клинко-инструментальные данные пациентов всех трех подгрупп исходно и через 6 мес проведения СРТ представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, у пациентов с обратным ремоделированием миокарда реже присутствовали указания на перенесенный ОИМ. Кроме того, эти пациенты отличались меньшими исходными объемами ЛЖ и меньшей шириной комплекса QRS при бивентрикулярном электрокардиостимуляторе (БВЭКС), хотя являлись сопоставимыми с пациентами других подгрупп по возрасту, полу, исходной ФВ ЛЖ и исходной ширине комплекса QRS, позиции электрода для стимуляции ЛЖ, морфологии комплекса QRS при БВЭКС.

3. Параметры работы миокарда у пациентов до имплантации СРТ-Д и на фоне проведения СРТ

При анализе исходных параметров работы миокарда обследованные пациенты характеризовались пониженными значениями GLS и GCW, высокими значениями GW_W, что вносило свой вклад в снижение GW_I и GW_E (см. табл. 1). При посегментарном анализе работы миокарда отмечалась разнородность значений GW_I с наличием анатомических зон преобладающей утраченной работы (рис. 2). Неэффективная работа этих сегментов компенсировалась интенсивной работой контрлатеральных, расположенных в большинстве случаев в 5, 6, 11-м сегментах заднебоковой стенки: в 29 (48,3%), 12 (20%) и 2 (3,4%) случаях соответственно. В ряде случаев отмечалось смещение зоны максимальной работы в сторону нижней: 4-й сегмент в 8 (13,3%) случаях и передней (1-й сегмент – в 6 (10%) случаях). Остальные 3 случая атипичного расположения приходились на 7, 10 и 13-й сегменты. Имплантация электрода для стимуляции ЛЖ выполнена в ветвь коронарного синуса, соответствующую сегментам максимальной работы, в 40 (66,7%) случаев, однако решающего значения для варианта динамики клинко-инструментальных показателей в ответ на СРТ этот факт не имел (*p*=0,335). В то же время

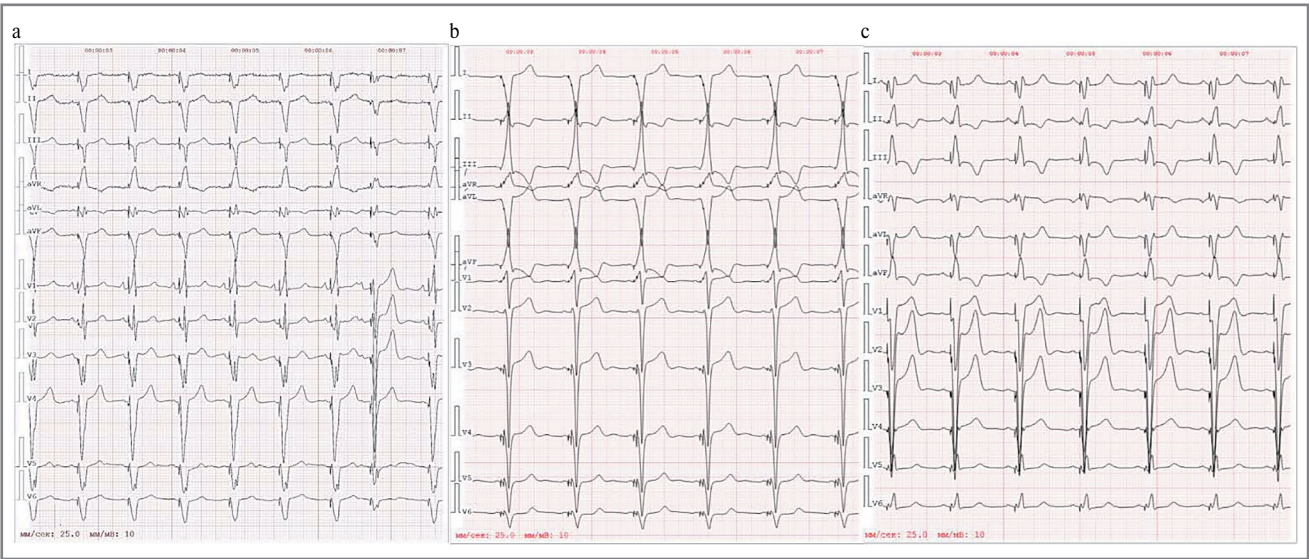


Рис. 1. ЭКГ-примеры достигнутой морфологии БВ-комплекса QRS: *a* – ширина комплекса 140 мс, морфология *Rs*; *b* – ширина комплекса 136 мс, морфология *rS*; *c* – ширина комплекса 160 мс, морфология *QS*.

Fig. 1. ECG examples of the resulting morphology of the QRS BV complex: *a* – the width of the complex is 140 ms with the *Rs* morphology; *b* – the width of the complex is 136 ms, with the *rS* morphology; *c* – the width of the complex is 160 ms, with the *QS* morphology.

локализация электрода для стимуляции ЛЖ оказала существенное влияние на величину послеоперационной GWW. При оценке зависимости этого показателя от локализации удалось выявить статистически значимые различия: значение GWW оказалось существенно ниже у пациентов с ЛЖ-электродом, имплантированным в заднюю/боковую/заднебоковую ветви коронарного синуса, чем у пациентов с переднебоковой и передней локализацией электрода (145 [122; 219] mmHg против 250 [132; 363] mmHg и про-

тив 417 [356; 458] mmHg, $p_{\text{Передняя – Задняя/боковая/заднебоковая}} = 0,031$, критерий Краскела–Уоллиса 0,022*). Вопреки данным корреляционного анализа, показавшего, что исходное значение GWW находилось в прямой зависимости от исходной длительности комплекса QRS ($r_{xy} = 0,323$, умеренная теснота связи по Чеддоку; $p = 0,013^*$), не удалось обнаружить аналогичную зависимость между значением GWW через 6 мес после имплантации СРТ и шириной комплекса QRS при БВЭКС. Таким образом, если фактором, предопределяю-

Таблица 2. Клинико-инструментальные показатели пациентов и варианты их динамики через 6 мес проведения СРТ
Table 2. Clinical and instrumental indicators of patients depending on change of their condition 6 months after cardiac resynchronization therapy (CRT)

Показатели	Вариант динамики			<i>p</i>
	обратное ремо- делирование (<i>n</i> =44)	клиническая ста- билизация (<i>n</i> =11)	смерть/ухудше- ние (<i>n</i> =5)	
Мужчины, абс. (%)	22 (51,2)	9 (90,0)	3 (60,0)	0,08
Возраст (лет), <i>M</i> (<i>SD</i>)	60 (9)	63 (11)	58 (14)	0,508
Ишемическая этиология ХСН, абс. (%)	10 (22,7)	4 (36,4)	3 (60,0)	0,174
Перенесенный ОИМ, абс. (%)	7 (15,9)	4 (36,4)	3 (60,0)	0,046*
Исходные показатели				
Длительность комплекса QRS (мс), <i>M</i> (<i>SD</i>)	175 (16)	176 (26)	178 (17)	0,916
ФК ХСН, <i>Me</i> [IQR]	2 [2; 3]	3 [2; 3]	3 [3; 3]	0,081
КДО ЛЖ (мл), <i>Me</i> [IQR]	232 [190; 289]	256 [228; 347]	315 [286; 386]	0,032*
КСО ЛЖ (мл), <i>Me</i> [IQR]	165 [127; 207]	189 [151; 271]	234 [221; 314]	$P_{\text{Смерть/ухудшение – Обратноеремоделирование}} = 0,028$ 0,023*
ФВ ЛЖ (%), <i>Me</i> [IQR]	29 [23; 32]	28 [22; 30]	23 [23; 25]	$P_{\text{Смерть/ухудшение – Обратноеремоделирование}} = 0,037$ 0,162

Таблица 2. Клинико-инструментальные показатели пациентов и варианты их динамики через 6 мес проведения СРТ (Окончание)
Table 2. Clinical and instrumental indicators of patients depending on change of their condition 6 months after cardiac resynchronization therapy (CRT) (End)

Показатели		Вариант динамики			P
		обратное ремо- делирование (n=44)	клиническая ста- билизация (n=11)	смерть/ухудше- ние (n=5)	
Морфология комплекса QRS в отведении V ₁ при БВЭКС, абс. (%)	QS	20 (45,4)	6 (54,5)	4 (80,0)	0,428
	Rs/RS	7 (16)	3 (27,3)	0 (0,0)	
	rSr'/rS	17 (38,6)	2 (18,2)	1 (20,0)	
Топография электрода для стимуляции ЛЖ, абс. (%)	Задняя/ боковая/ заднебоко- вая	31 (70,)	8 (72,7)	3 (60,0)	0,634
	Передне- боковая	9 (20,5)	3 (27,3)	2 (40,0)	
	Передняя	4 (9,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	
Клинико-инструментальное обследование через 6 мес после имплантации СРТ					
ФК ХСН , Ме [IQR]		0 [0; 1]	2 [2; 3]	3 [3; 4]	<0,001*
					<0,001*
Длительность комплекса QRS (мс), Ме [IQR]		140 [130; 150]	160 [150; 162]	160 [158; 160]	P _{Клиническая стабилизация – Обратное ремоделирование} =0,002
					P _{Смерть/ухудшение – Обратное ремоделирование} =0,045
					<0,001*
КДО ЛЖ (мл), Ме [IQR]		168,0 [127,4; 214,7]	262,0 [210,7; 338,2]	277,0 [272,0; 416,5]	P _{Клиническая стабилизация – Обратное ремоделирование} =0,002
					<0,001*
КСО (мл), Ме [IQR]		85,6 [72,2; 127,2]	181,0 [150,7; 267,9]	211,0 [200,5; 315,0]	P _{Клиническая стабилизация – Обратное ремоделирование} <0,001
					P _{Смерть/ухудшение – Обратное ремоделирование} =0,008
					<0,001*
ФВ ЛЖ (%), M (SD)		43,5 (8,6)	28,8 (8,1)	25,7 (5,3)	P _{Клиническая стабилизация – Обратное ремоделирование} <0,001
					P _{Обратное ремоделирование – Смерть/ ухудшение} =0,002

щим исходное значение утраченной работы, является исходная ширина комплекса QRS, то на ее значение на фоне БВ-стимуляции влияет локализация электрода.

Применение СРТ привело к статистически значимой положительной динамике показателей GLS, GWI, GCW, GWW и GWE в группе с обратным ремоделированием миокарда. Положительная динамика отдельных показателей работы миокарда отмечалась в группе клинической стабилизации. Через 6 мес терапии у пациентов этой группы отмечалось значительное уменьшение утраченной работы (рис. 2, d), что привело к статистически значимому улучшению GWE и GWI, несмотря на отсутствие динамики конструктивной работы (рис. 3).

Пациентов с ухудшением состояния отличало минимальное уменьшение GWW на фоне СРТ по сравнению с группами, характеризующимися иными вариантами клинико-инструментальной динамики (62,0 [9,7; 133,7] mmHg% против 149,5 [92,8; 206,2] mmHg% у пациентов с обратным ремоделированием и клинической стабилизацией; $p=0,035^*$). Разница значения индекса работы между сегментами с максимальной и минимальной работой (Max-Min WI=1199,8±501,9 mmHg%) оказалась напрямую связана с изменением ФВ ЛЖ на фоне СРТ (Δ ФВ ЛЖ, $r_{xy}=0,336$ умеренная теснота связи по шкале Чеддока; $p=0,017^*$); рис. 3, d. Таким образом, Max-Min WI можно считать одним из возможных предикторов обратного ремоделирования на фоне применения СРТ, а отсутствие значимой динамики GWW может соответствовать отсутствию эффекта от этой методики лечения.

Обсуждение

Проведенная работа – одна из немногих, которая руководствуется при анализе результатов отходом от довольно грубого разделения пациентов по принципу наличия или отсутствия эффекта от СРТ (парадигмы «респондеров» и «нереспондеров») [11]. На сегодняшний день эффектом от СРТ принято считать обратное ремоделирование, проявляющееся положительной динамикой показателей ЭхоКГ. Такой результат достигнут в проведенном исследовании у 73,3% пациентов, что соответствует данным многих ана-

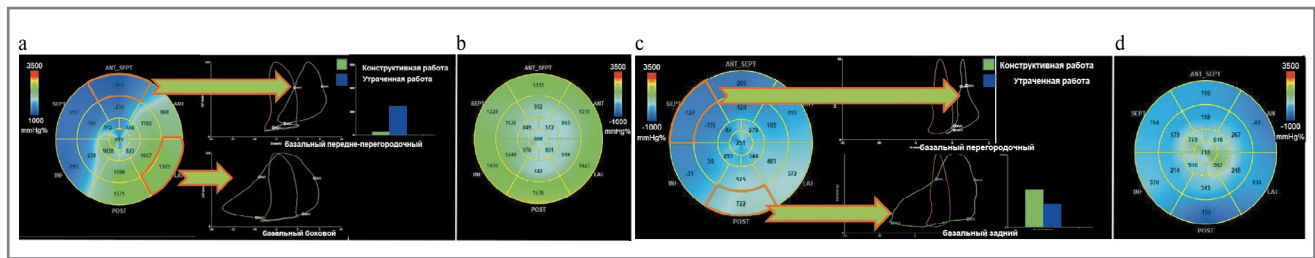


Рис. 2. Примеры диаграмм «бычий глаз», иллюстрирующих работу миокарда исходно (а, с), через 6 мес после имплантации СРТ (b, d): а, b – пример пациента с неишемической ХСН, с диагностированным обратным ремоделированием на фоне СРТ; с, d – пример пациента с неишемической ХСН с клиническим ухудшением на фоне СРТ; а – классическое расположение сегментов с преобладающей утраченной работой в области МЖП (отмечены синим) и сегментов с преобладающей конструктивной работой в контралатеральных сегментах заднебоковой стенки (отмечено зеленым). Зеленая кривая иллюстрирует петлю «давление – деформация» отдельно взятого передне-перегородочного базального (преобладание утраченной работы продемонстрировано синим столбиком) и бокового базального сегментов (преобладание конструктивной работы продемонстрировано зеленым столбиком). Красная петля «давление – деформация» иллюстрирует суммарную работу, выполняемую всем миокардом; b – нормализация показателей работы миокарда с равномерным распределением конструктивной работы по всему миокарду; с – аналогичное примеру «а» распределение сегментов с максимальной и минимальной (утраченной) работой, однако низкие значения конструктивной работы в заднебоковых сегментах; d – отсутствие значимой положительной динамики работы миокарда на фоне СРТ.

Fig. 2. Examples of "bull's eye" diagrams illustrating the myocardial work at the baseline (a, c), 6 months after CRT implantation (b, d): a, b – a patient with non-ischemic CHF, with reported reverse remodeling during CRT; a – a classic arrangement of segments with predominant lost work in the interventricular septum area (marked in blue) and segments with predominant constructive work in the contralateral segments of the posterolateral wall (marked in green). The green curve illustrates the pressure-strain loop of a single anterior-septal basal (the predominance of lost work is reflected by the blue bar) and lateral basal segments (the predominance of constructive work is reflected by the green bar). The red pressure-strain loop illustrates the total work performed by the entire myocardium; b – normalization of myocardial performance with a uniform distribution of constructive work throughout the myocardium; c – similar to example "a" distribution of segments with maximum and minimum (lost) work with low values of constructive work in the posterolateral segments; d – lack of significant improvement of myocardial work during CRT.

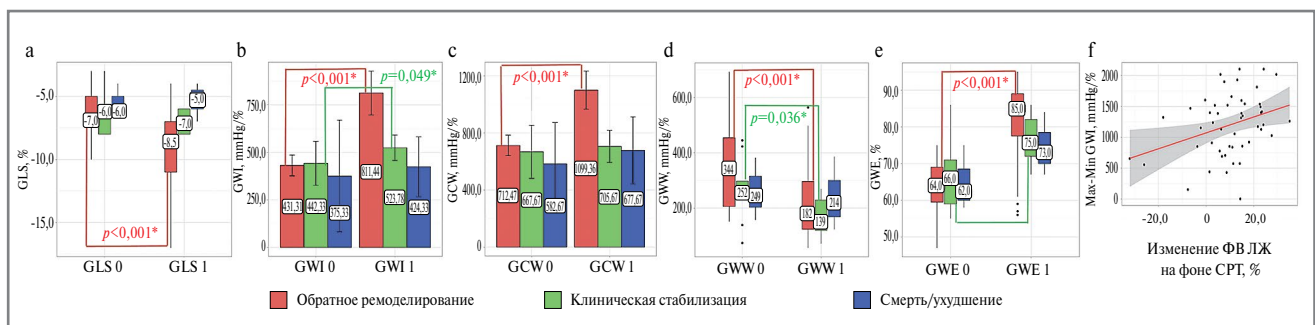


Рис. 3. Динамика GLS (a), GWI (b), GCW (c), GWW (d) и GWE (e) на фоне СРТ в зависимости от варианта динамики клинко-инструментальных показателей; f – график регрессионной функции, характеризующий зависимость индекса работы между сегментами с максимальной и минимальной работой (Max-Min WI) от изменения ФВ ЛЖ на фоне СРТ.

Fig. 3. The change over time of GLS (a), GWI (b), GCW (c), GWW (d) и GWE (e) during CRT, depending on the change of clinical and instrumental indicators; f – graph of the regression function, characterizing the relationship between the work index between the segments with maximum and minimum work (Max-Min WI) and the change in LVEF during CRT.

логичных исследований [2, 4, 7, 12, 13]. При этом важными факторами достижения обратного ремоделирования, как и в других работах [12, 14], оказались отсутствие перенесенного ОИМ, меньшие исходные объемы ЛЖ и меньшая послеоперационная ширина комплексов QRS при проведении БВЭКС. Однако не только обратное ремоделирование, но и клиническая стабилизация может быть значимым результатом лечения ХСН и влиять на прогноз жизни пациентов, как это показано в рандомизированных исследованиях [6]. Это обосновывает поиск факторов, предопределяющих не только первый, но и второй вариант динамики клинко-инструментального статуса при проведении СРТ.

В связи с этим в проведенном исследовании среди больных с отсутствием обратного ремоделирования отдельно рассмотрены 11 (18,3%) пациентов (группа «клинической стабилизации»), у которых вопреки отсутствию положительной динамики показателей ЭхоКГ зарегистрировано клиническое улучшение.

Результаты данного исследования свидетельствуют о том, что СРТ способствует уменьшению GWW, за счет чего повышается GWE и GWI как в группе обратного ремоделирования, так и в группе клинической стабилизации. Вполне вероятно, что утраченная работа представляет собой некий «сократительный резерв», который является мишенью

воздействия СРТ и мобилизация и уменьшение которого способствуют достижению клинически стабильного состояния у больных. Однако уменьшение утраченной работы у этих пациентов не сопровождается повышением конструктивной работы и улучшением показателей GLS в отличие от пациентов с обратным ремоделированием, отличающихся статистически значимым увеличением GCW и GLS на фоне СРТ. Помимо этого, согласно результатам нашего исследования, чем больше выраженность асимметрии между сегментами ЛЖ на предшествующем имплантации СРТ-Д этапе (разница между максимальной и минимальной работой Max-Min WI), тем большего увеличения ФВ ЛЖ на фоне СРТ удастся достичь. Можно предположить, что минимальное значение в сегменте (Min WI) – это отражение вклада электрической диссинхронии в сердечную дисфункцию, а значение Max WI отражает способность остального миокарда ее компенсировать, что обусловлено исходным структурным состоянием миокарда. Эти данные согласуются с результатами J. Aalen и соавт., продемонстрировавших ассоциацию аналогичного предложенному нами Max-Min WI показателя LW-S (разницы между работой латеральной и септальной стенок) с динамикой клинико-инструментального статуса в ответ на СРТ [15]. Необходимо отметить, что значение показателя LW-S, предложенное в работе J. Aalen и соавт. [15], не всегда отражает разницу между сегментами с максимальной и минимальной работой. Проведенное нами исследование продемонстрировало, что зона максимальной работы миокарда может отклоняться от типичной локализации в заднебоковой стенке. Эти данные, характеризующие механическую диссинхронию, соответствуют данным возможности смещения зоны поздней активации ЛЖ у пациентов с типичной БЛНПГ [13, 16]. Вероятно, смещение оси электромеханической диссинхронии от типичной, проходящей через боковую стенку и перегородку, может объяснить возможность достижения обратного ремоделирования при проведении СРТ в тех отдельных случаях, когда электрод для стимуляции ЛЖ имплантируется в переднюю или переднебоковую вену, как показано в нашем исследовании. Но тем не менее необходимо подчеркнуть, что расположение этого электрода в оптимальной позиции (в проекции заднебоковых сегментов) приводит к наибольшему уменьшению значения GWW после операции, что может быть решающим для достижения клинической стабилизации.

В ходе работы мы не получили достоверных корреляционных взаимосвязей между исходной величиной GWW и возможностью достижения обратного ремоделирования, как это получено в исследовании C. Riolet и соавт. (2021 г.), ретроспективно проанализировавшем судьбу 249 больных на протяжении 48 мес [17]. Вполне возможно, что одной из причин различия результатов являются исходные различия проанализированных выборок: в проведенном нами исследовании у 100% пациентов регистрировалась БЛНПГ, в то время как в исследовании C. Riolet и соавт. (2021 г.) признаки БЛНПГ отмечались всего в 71% случаев. Учитывая, что показатель GWW соответствует утраченной работе миокарда при БЛНПГ [4] и является мишенью для воздействия СРТ, вполне вероятно, что его повышенное значение выделяет пациентов с сократительным резервом для СРТ в разнородной группе больных, что также подтверждается отсутствием эффекта от этой методики при отсутствии динамики GWW в нашем исследовании. В то же время высокое единообразие выборки пациентов может нивелировать значимость GWW для прогнозирования обратного ремоделирования от СРТ.

Заключение

Применение СРТ приводит к уменьшению GWW, повышению GWE и GWI как в группе с достигнутым обратным ремоделированием, так и в группе клинической стабилизации. При этом в отличие от пациентов с обратным ремоделированием у пациентов с клинической стабилизацией уменьшение утраченной работы не сопровождается повышением GCW и увеличением GLS. Показатель Max-Min WI можно считать одним из возможных предикторов обратного ремоделирования на фоне применения СРТ, а отсутствие значимой динамики GWW может соответствовать отсутствию эффекта от этой методики лечения. Вполне вероятно, что утраченная работа представляет собой некий сократительный резерв, возникший вследствие электромеханической диссинхронии и являющийся мишенью воздействия СРТ, за счет мобилизации которого возможно достичь улучшения, а значение GCW определяется исходным структурным состоянием миокарда. Полученные результаты указывают на то, что исследование работы миокарда может быть существенным дополнением к данным ЭКГ, ЭхоКГ и анализу клинического статуса в предопределении не только обратного ремоделирования, но и клинической стабилизации.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова» (протокол №285 от 05.12.2022). Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

Compliance with the principles of ethics. The study protocol was approved on December 5th 2022 by the local ethics committee Chazov National Medical Research Center of Cardiology (protocol 285). Approval and protocol procedure was obtained according to the principles of the Declaration of Helsinki.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

Список сокращений

БЛНПГ – блокада левой ножки пучка Гиса
 БВ – бивентрикулярный
 БВЭКС – бивентрикулярный электрокардиостимулятор
 ЛЖ – левый желудочек
 КСО – конечно-систолический объем
 КДО – конечно-диастолический объем
 МЖП – межжелудочковая перегородка
 ОИМ – острый инфаркт миокарда
 СРТ – сердечная ресинхронизирующая терапия
 СРТ-Д – сердечное ресинхронизирующее устройство с функцией де-фибриллятора
 ФВ – фракция выброса

ФК – функциональный класс
 ХСН – хроническая сердечная недостаточность
 ЭхоКГ – эхокардиография
 GCW (global constructive work) – глобальная конструктивная работа
 GLS (global longitudinal strain) – глобальная продольная деформация миокарда левого желудочка
 GWE (global work efficiency) – эффективность глобальной работы
 GWI (global work index) – индекс глобальной работы миокарда
 GWW (global wasted work) – глобальная утраченная работа
 Max-Min WI – разница между значениями максимальной и минимальной работы миокарда при посегментарном анализе

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускак Т.М., и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11):6162 [Galyavich AS, Tereshchenko SN, Uskach TM, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11):6162 (in Russian)]. DOI:10.15829/1560-4071-2024-6162
2. Steffel J, Milosevic G, Hurlimann A, et al. Characteristics and long-term outcome of echocardiographic super-responders to cardiac resynchronization therapy: "real world" experience from a single tertiary care centre. *Heart*. 2011;97(20):1668-74. DOI:10.1136/heartjnl-2011-300222
3. Aalen J, Remme EW, Larsen CK, et al. Mechanism of Abnormal Septal Motion in Left Bundle Branch Block. *JACC: Cardiovasc Imaging*. 2019;12(12):2402-13. DOI:10.1016/j.jcmg.2018.11.030
4. Russell K, Eriksen M, Aaberge L, et al. Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss due to uncoordinated left ventricular contractions. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2013;305(7):H996-1003. DOI:10.1152/ajpheart.00191.2013
5. Wang CL, Chan YH, Wu VC, et al. Incremental prognostic value of global myocardial work over ejection fraction and global longitudinal strain in patients with heart failure and reduced ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(3):348-56. DOI:10.1093/ehjci/jeaa162
6. Zareba W, Klein H, Cygankiewicz I, et al. Effectiveness of Cardiac Resynchronization Therapy by QRS Morphology in the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial-Cardiac Resynchronization Therapy (MADIT-CRT). *Circulation*. 2011;123(10):1061-72. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.960898
7. Naqvi SY, Jawaid A, Goldenberg I, Kutyifa V. Non-response to Cardiac Resynchronization Therapy. *Curr Heart Fail Rep*. 2018;15(5):315-21. DOI:10.1007/s11897-018-0407-7
8. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-520. DOI:10.1093/eurheartj/ehab364
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Hear J Cardiovasc Imaging*. 2015;1:233-71. DOI:10.1093/ehjci/jev014
10. Римская Е.М., Добровольская С.В., Кухарчук Е.В., и др. Работа миокарда при электрической диссинхронии, обусловленной блокадой левой ножки пучка Гиса. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(2):5955 [Rimskaya EM, Kukharchuk EV, Dobrovolskaya SV, et al. Myocardial work in different patients with electrical dysynchrony due to left bundle branch block. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(2):5955 (in Russian)]. DOI:10.15829/1560-4071-2025-5955
11. Mullens W, Auricchio A, Martens P, et al. Optimized implementation of cardiac resynchronization therapy: a call for action for referral and optimization of care: A joint position statement from the Heart Failure Association (HFA), European Heart Rhythm Association (EHRA), and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail*. 2020;22(12):2349-69. DOI:10.1002/ehf.2046
12. Sipahi I, Chou JC, Hyden M, et al. Effect of QRS morphology on clinical event reduction with cardiac resynchronization therapy: meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J*. 2012;163(2):260-7.e3. DOI:10.1016/j.ahj.2011.11.014
13. Каштанова С.Ю., Миронова Н.А., Шитов В.Н., и др. Комплексная оценка электрокардиографических и эхокардиографических параметров у больных с блокадой левой ножки пучка Гиса в прогнозировании успеха сердечной ресинхронизирующей терапии. *Терапевтический архив*. 2018;90(12):76-83 [Kashtanova SYu, Mironova NA, Shitov VN, et al. Role of electrocardiographic and echocardiographic types of left bundle branch block in prediction of response to cardiac resynchronization therapy. *Terapevticheskie Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2018;90 (12):76-83 (in Russian)]. DOI:10.26 442/00403660.2018.12.000012
14. Goldenberg I, Moss AJ, Hall WJ, et al. Predictors of response to cardiac resynchronization therapy in the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial with Cardiac Resynchronization Therapy (MADIT-CRT). *Circulation*. 2011;124(14):1527-36. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.014324
15. Aalen JM, Donal E, Larsen CK, et al. Imaging predictors of response to cardiac resynchronization therapy: left ventricular work asymmetry by echocardiography and septal viability by cardiac magnetic resonance. *Eur Heart J*. 2020;41(39):3813-23. DOI:10.1093/eurheartj/ehaa603.
16. Римская Е.М., Каштанова С.Ю., Салами Х.Ф., и др. Диагностические критерии проксимальной блокады левой ножки пучка Гиса и их значимость в предсказании эффекта от сердечной ресинхронизирующей терапии. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(8):5403 [Rimskaya EM, Kashtanova SYu, Salami KhF, et al. Diagnostic criteria for proximal left bundle branch block and their significance in predicting the success of cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(8):5403 (in Russian)]. DOI:10.15829/1560-4071-2023-5403
17. Riolet C, Menet A, Mailliet A, et al. Clinical Significance of Global Wasted Work in Patients with Heart Failure Receiving Cardiac Resynchronization Therapy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021;34(9):976-86. DOI:10.1016/j.echo.2021.06.008

Статья поступила в редакцию / The article received: 24.12.2024



OMNIDOCTOR.RU