

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-72-79>
УДК 616.12-008.46-036.12:616.124.7-008.313

Механическая диссинхрония у пациентов с хронической сердечной недостаточностью при блокаде левой ножки пучка Гиса

А.И. Мамедова^{1, 2}, Н.А. Приходько¹, Т.А. Любимцева¹, А.В. Козленок¹,
Д.С. Лебедев¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России),
197341, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

² Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская многопрофильная больница № 2» (СПб ГБУЗ «ГМПБ № 2»),
194354, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Учебный переулок, 5

Аннотация

Основной проблемой при отборе пациентов с выраженной хронической сердечной недостаточностью (ХСН) и полной блокадой левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ) на сердечную ресинхронизирующую терапию (СРТ) остается отсутствие единых подходов к определению механической диссинхронии (МД) и критериев отбора.

Цель исследования: изучить показатели индекса МД и параметров глобальной и регионарной сократительной способности, полученных на основании трехмерной эхокардиографии (3D ЭхоКГ) у больных с выраженным снижением систолической функции, ПБЛНПГ на фоне различных типов изолированной левожелудочковой стимуляции (ЛЖ-стимуляции).

Материал и методы. В исследование включены 12 пациентов с абсолютными показаниями к СРТ и ПБЛНПГ. Средний возраст пациентов – 68,5 [63; 73,5] лет, 83% мужчин ($n = 10$). В рамках имплантации СРТ-устройства производилась изолированная ЛЖ-стимуляция трансвеннозным эпикардальным и временным эндокардальным способом. Во время стимуляции в каждой точке выполнялась чреспищеводная эхокардиография (3D ЧП ЭхоКГ) с последующим расчетом индексов МД, глобальной и сегментарной сократимости, определением зон поздней активации ЛЖ, и ЭКГ-мониторингом с помощью LabSystem Pro EP Recording System (Bard Electrophysiology, США). Всего изучены результаты стимуляции в 88 точках.

Результаты. Индексы глобальной (фракция выброса (ФВ) 3D модели ЛЖ, 23,8 [22; 28,4]) и сегментарной сократимости миокарда (ExsAvg, 3,5 [2,1; 5,6]), степень МД (SDI-16, 14,9 [8,9; 23,1]) и глобальной продольной деформации (ГД, –5,33% [10,90%; –15,4%]) демонстрировали значимое снижение систолической функции и наличие выраженной внутрижелудочковой диссинхронии, характерной для ПБЛНПГ, и значимо изменялись (ExsAvg, $p < 0,001$; 3D EF, $p = 0,003$; Tmsv-6 SD, $p = 0,03$) в зависимости от точки и метода стимуляции. Выявлена умеренная прямая зависимость индекса диссинхронии SDI-16 с длительностью комплекса QRS и умеренная обратная – с ExsAvg и ФВ ЛЖ.

Заключение. Оценка механической диссинхронии и зон поздней активации является важным аспектом оптимизации ЛЖ ответа при СРТ у пациентов с выраженной систолической дисфункцией и блокадой левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ).

Ключевые слова:

механическая левожелудочковая диссинхрония; полная блокада левой ножки пучка Гиса; сердечная ресинхронизирующая терапия; трехмерная эхокардиография в режиме реального времени.

Финансирование:

исследование проведено в рамках государственного задания. Номер регистрации ЕГИСУ НИОКТР № 122041500020-5.

Соответствие принципам этики:

исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации и одобрено этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова» (заседание № 35 от 28.02.2018 г.). Все пациенты были проинформированы и дали согласие на участие в исследовании.

Мамедова Арзу Исрафил кызы, e-mail: arzu.mamedovaphd@gmail.com.

Для цитирования:

Мамедова А.И., Приходько Н.А., Любимцева Т.А., Козленок А.В., Лебедев Д.С. Механическая диссинхрония у пациентов с хронической сердечной недостаточностью при блокаде левой ножки пучка Гиса. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2024;39(3):72–79. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-72-79>.

Mechanical dyssynchrony in patients with chronic heart failure and left bundle branch block

Arzu I. Mamedova^{1, 2}, Nikita A. Prihod'ko¹, Tamara A. Lubimceva¹,
Andrey V. Kozlenok¹, Dmitry S. Lebedev¹

¹ Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation (Almazov National Medical Research Centre),

2, Akkuratova str., Saint Petersburg, 197341, Russian Federation

² Saint-Petersburg City Multiservice Hospital № 2,

5, Uchebny lane, Saint Petersburg, 194354, Russian Federation

Abstract

Background. The main problem in patient selection for cardiac resynchronization therapy (CRT) is the lack of unified approaches to the definition of mechanical dyssynchrony (MD) and selection criteria, particularly, in patients with left bundle branch block (LBBB).

Aim: To study mechanical dyssynchrony indices and three-dimensional Echo (3DE) criteria of global and local contractility function in patients with chronic heart failure (CHF) and LBBB during different types of isolated left ventricle (LV) pacing.

Methodology and Research Methods. The experimental intraoperative study involved 88 points obtained from 12 patients with CRT class IA indications and LBBB. During isolated LV pacing as part of CRT implantation procedure endocardial and epicardial pacing were obtained. Transesophageal Echo (TEE) cine-loops recording and paced QRS complex morphology registrations by means of LabSystem Pro Electrophysiological Recording System (Bard Electrophysiology, USA) were performed during each stimulation episode. Philips Qlab 10 software was used for TEE data analysis.

Results. The global (3D EF, 23.8 [22; 28.4], GLS, –5.33% [10.90%; –15.4%]) and local contractility (ExcAvg 3.5 [2.1; 5.6]) criteria and dyssynchrony indices (SDI-16, 14.9 [8.9; 23.1]) showed severe systolic dysfunction and intraventricular dyssynchrony – typical signs in this patient group, and differed significantly (3D EF, $p = 0.003$; GLS, $p = 0.004$; ExcAvg, $p < 0.001$; Tmsv-6 SD, $p = 0.03$) depending on the stimulation method and site. A moderate direct correlation between SDI-16 and the QRS duration (common electrical dyssynchrony criterium) and inverse correlation with ExcAvg and 3D LVEF also describes LV response.

Conclusion. 3DE Quantification of mechanical dyssynchrony, global and regional LV contractility and late activation zones visualization, looks promising in patient and method selection in optimizing LV response to CRT procedure in patients with CHF and LBBB.

Keywords:	mechanical dyssynchrony; left bundle branch block; cardiac resynchronization therapy; real-time three-dimensional echocardiography.
Funding:	the study was carried out within the framework of the state task USISU registration number No. 122041500020-5.
Compliance with ethical standards:	the study was performed in accordance with the standards of clinical practice and the principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee of the Almazov National Medical Research Centre (No. 35, 2018).
For citation:	Mamedova A.I., Prihod'ko N.A., Lubimceva T.A., Kozlenok A.V., Lebedev D.S. Mechanical dyssynchrony in patients with chronic heart failure and left bundle branch block. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2024;39(3):72–79. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-72-79 .

Введение

Устранение диссинхронии сердца с помощью сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) является клинически доказанным методом лечения хронической сердечной недостаточности (ХСН) [1–3]. Основной группой пациентов, которым показана СРТ, являются больные

ХСН с выраженным снижением систолической функции, со II–IV ФК по NYHA, с определением диссинхронии как расширением QRS комплекса на поверхностной ЭКГ более 130 мс [1–3].

До конца 80-х гг. прошлого века внутрисердечные блокады даже не рассматривались в качестве факторов, имеющих влияние на патогенез ХСН и продолжи-

тельность жизни пациентов. Широкое распространение эхокардиографической методики впервые (С.Л. Grines и соавт., 1989) заострило внимание на нарушениях кардиомеханики и гемодинамики при наличии расширенного желудочкового комплекса, особенно при полной блокаде левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ). Стало известно, что наличие широкого комплекса QRS у больных ХСН является независимым фактором риска как общей, так и внезапной смертности. 15% из всей популяции пациентов с ХСН имеют внутрижелудочковые нарушения проводимости, 30% – в группе с ХСН III–IV ФК [3, 4]. При этом преобладает именно ПБЛНПГ, которая является независимым предиктором смерти у больных ХСН.

На фоне расширения QRS комплекса за счет внутрижелудочковых блокад формируется диссинхрония, приводящая к нарушению систолической и / или диастолической функций, митральной и трикуспидальной регургитации, лежащих в основе патогенеза ХСН.

Нельзя не отметить неполное соответствие электрофизиологических признаков диссинхронии эхокардиографическим (ЭхоКГ), неоднородность самой группы ПБЛНПГ, недостаточную воспроизводимость клинического ответа у однотипных пациентов, а также существование значительного количества нереспондеров на сложную и дорогостоящую электротерапию.

В ряде исследований показано, что оценка механической диссинхронии (МД) может играть ключевую роль в прогнозировании ответа на СРТ [7]. Тем не менее ни одна из существующих эхокардиографических методик оценки МД не вошла в рекомендации по отбору пациентов и оптимизации работы устройств СРТ и не используется в рутинной практике из-за высокой вариабельности оценки даже среди опытных специалистов (исследование PROSPECT, 2008).

Нередко степень ответа на СРТ сложно предсказать именно из-за локальных свойств миокарда – местных функциональных блокад и рубцовых зон. Незначительные изменения позиции электродов и / или их взаимной ориентации могут серьезно влиять на ход возбуждения миокарда [9]. А неоднородность группы пациентов с БЛ-

НПГ не позволяет ориентироваться лишь на общепринятые критерии отбора пациентов [2].

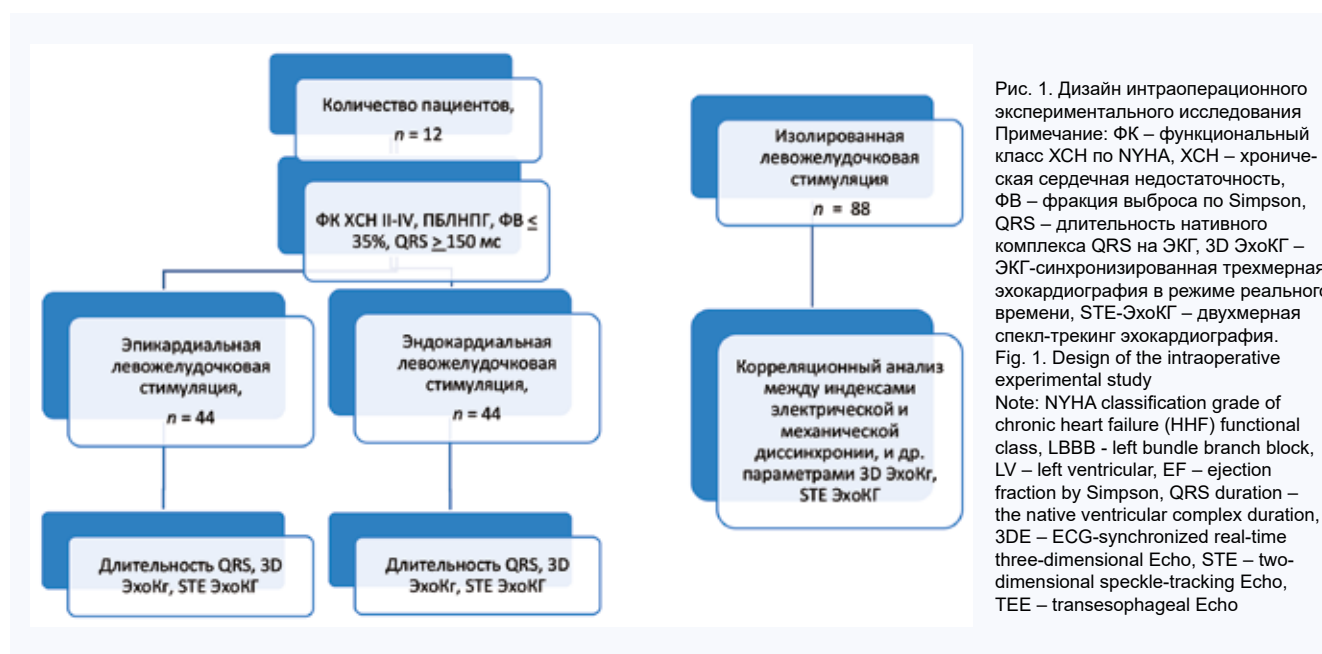
Параметры МД в отличие от продолжительности комплекса QRS демонстрируют более точные данные о локальных особенностях сократимости и релаксации миокарда. А возможность маневрирования в выборе точки стимуляции и сопоставление ее с зонами поздней активации при помощи различных альтернативных методик стимуляции [7] и безэлектродных систем [8, 9] объясняют сохраняющийся интерес к поиску новых параметров, характеризующих МД [10–13], особенно в группе с дистальными формами БЛНПГ, встречающихся в трети случаев.

Современные методы визуализации, к которым относятся различные режимы ЭхоКГ, в том числе ЭКГ-синхронизированная трехмерная ЭхоКГ в режиме реального времени (3D ЭхоКГ), предлагают арсенал инструментов для детальной оценки и сравнения физиологии и механики сокращения левого желудочка (ЛЖ) при различных видах морфологии БЛНПГ, дают представление о выраженности МД [14–17]. Понимание причин ее возникновения и возможность быстрой и неинвазивной визуализации позволит определиться с тактикой лечения пациентов в рамках предоперационной подготовки и в условиях операционной [19–20].

Цель исследования: изучить показатели индекса МД и параметров глобальной и регионарной сократительной способности, полученных на основании 3D ЭхоКГ в режиме реального времени, у больных с выраженным снижением систолической функции, ПБЛНПГ на фоне различных типов изолированной ЛЖ-стимуляции.

Материал и методы

В рамках экспериментального интраоперационного исследования (рис. 1) была выполнена временная изолированная эндокардиальная и эпикардиальная ЛЖ-стимуляция у 12 пациентов с классом IA показаний к СРТ и наличием ПБЛНПГ, у которых изучены результаты стимуляции в 88 точках стимуляции во время имплантации устройства СРТ.



Средний возраст пациентов составил 68,5 [63; 73,5] лет, 83% мужчин ($n = 10$). У 6 (50%) пациентов была ХСН различного неишемического генеза, у 6 пациентов (50%) – дилатация ЛЖ на фоне постинфарктного кардиосклероза. На этапе включения всем пациентам были выполнены: 12-канальная электрокардиография (ЭКГ), ЭхоКГ, тест шестиминутной ходьбы. Коронарография и магнитно-резонансная томография сердца для определения жизнеспособности миокарда выполнялись по показаниям. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов исследуемой группы
Table 1. General characteristics of patients in the study group

Параметры, единицы измерения	
Количество больных, n	12
Количество стимулируемых точек, n	88
Возраст, лет	68,5 [63; 73,5]
Мужской пол, n (%)	10 (83)
Генез ХСН: ишемический / неишемический, n (%)	6 (50) / 6 (50)
II ФК ХСН (NYHA), n (%)	3 (25)
III ФК ХСН (NYHA), n (%)	7 (58)
IV ФК ХСН (NYHA), n (%)	2 (17)
Длительность QRS, мс	171 [158,5; 181]
Эхокардиографические данные	
КДО ЛЖ, мл	240 [177; 275,5]
КСО ЛЖ, мл	174,5 [117,5; 212,5]
ФВ ЛЖ, %	27 [18; 28]
Митральная регургитация, n (%)	9 (75)
I ст., n (%)	7 (58)
II ст., n (%)	2 (17)
Протезирование МК, n (%)	1 (8)
Количество полученных изолированных точек стимуляции ЛЖ во время операции имплантации СРТ у одного пациента	
8, n (%)	9 (75)
6, n (%)	2 (17)
4, n (%)	1 (8)

Примечание: КДО ЛЖ – конечный диастолический объем левого желудочка, КСО ЛЖ – конечный систолический размер левого желудочка, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, СРТ – сердечная ресинхронизирующая терапия, МК – митральный клапан, ХСН по NYHA – классификация хронической сердечной недостаточности по критериям Нью-Йоркской ассоциации сердца.

Все пациенты были проинформированы и дали согласие на участие в исследовании. Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и одобрено местным этическим комитетом (заседание № 35 от 28.02.2018 г.).

Во время имплантации СРТ-системы ЛЖ квадриполярный электрод был имплантирован в целевую вену по стандартной методике. Дополнительно трансортально заводился эндокардиальный диагностический ЛЖ электрод (рис. 2). Последовательно производилась изолированная ЛЖ-стимуляция в 4 эпикардиальных и 4 сопоставленных с ними эндокардиальных точках под флюороскопическим контролем.

Во время каждой изолированной ЛЖ-стимуляции регистрировалась длительность и морфология стимулированного желудочкового комплекса, фиксировались данные чреспищеводного (ЧП) 3D ЭхоКГ на аппарате Philips CX50 (Philips Medical Systems, США) с последующей

обработкой на рабочей станции Philips Qlab 10 (Philips Medical Systems, США).

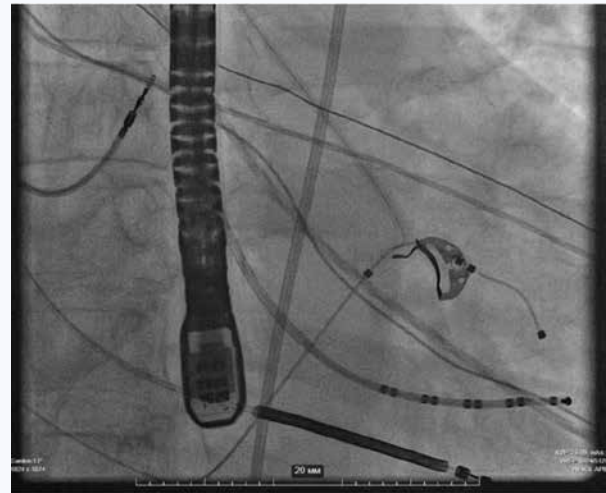


Рис. 2. Этапы имплантации квадриполярного эпикардиального и временного эндокардиального электрода
Fig. 2. Stages of quadripolar epicardial and temporary endocardial leads implantation

С помощью 3D ЭхоКГ инструментов была произведена оценка глобальной и региональной сократительной функции, визуализация диаграммы типа «бычий глаз» с обозначением зон поздней активации красным цветом, сегментарная оценка индекса диссинхронии (SDI/Tmsv-16SD) и аналогичных параметров диссинхронии для 6- и 12-сегментных моделей (Tmsv-6SD и Tmsv-12SD), обладающих высокой прогностической ценностью в описании МД [14-18].

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась в пакете программ STATISTICA 13 (StatSoft Inc., Oklahoma, USA). Количественные показатели представлены медианой и межквартильным промежуток, $Me [Q_1; Q_3]$, категориальные показатели – абсолютными (n) и относительными (в %) частотами встречаемости. Проверка нормальности распределения количественных показателей проводилась по критерию Колмогорова – Смирнова. Для оценки статистической значимости межгрупповых различий количественных показателей применялся дисперсионный анализ. Для выявления взаимосвязей количественных показателей использовался коэффициент корреляции Спирмена. Критический уровень значимости при проверке гипотез составлял 0,05.

Результаты и обсуждение

У всех пациентов была представлена морфология ПБЛНПГ, которая являлась критерием включения пациентов. Основную массу пациентов составили пациенты с ХСН III ФК по классификации NYHA на оптимальной медикаментозной терапии.

Такие показатели, как ФВ 3D модели ЛЖ (23,8 [22; 28,4]), глобальной продольной деформации (ГД, -5,33% [-15,4%; 10,90%]) характеризовали общую систолическую функцию. EcxAvg, 3,5 [2,1; 5,6] (рис. 3) и другие индексы экскурсии эндокарда (рис. 4) отражали сегментарную систолическую функцию.

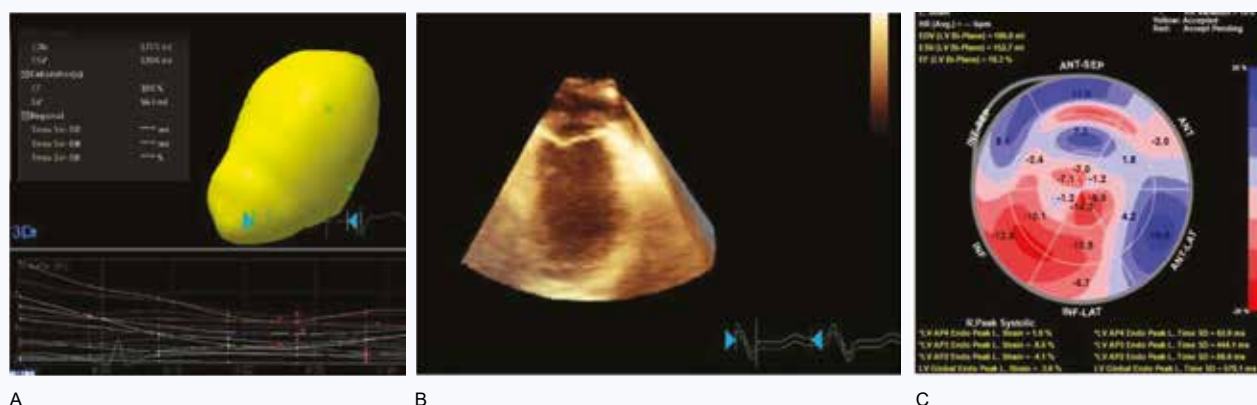


Рис. 3. Представлены трехмерные и спекл-трекинг ЭхоКГ методы оценки глобальной систолической функции. А и В – 3D-модель ЛЖ, основанная на данных ЭКГ-синхронизированной 3D ЭхоКГ в режиме реального времени. С – график типа «бычий глаз» на основании 2D спекл-трекинг ЭхоКГ с расчетом глобальной продольной деформации (ГД/GLS, %)
Fig. 3. There are 3DE and STE TEE methods of global LV systolic function assessment: A – Three-dimensional quantification (3DQ) LV model; B – Full-volume 3DE image of LV; C – Bull's-eye chart of global longitudinal strain measured by 2D STE TEE (GLS, %)

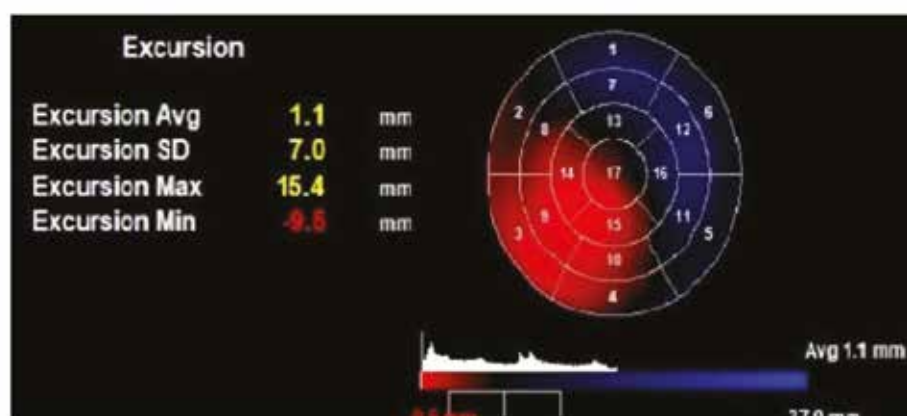


Рис. 4. Представлена диаграмма типа «бычий глаз» с цветовой кодировкой параметров сегментарной (ExcAvg, ExcSD, ExcMax и ExcMin, характеризующих движение эндокарда к центральной оси) активности на основе 3D ЭхоКГ метода, где синим цветом кодировано движение к центральной оси, красным – от нее, черным – отсутствие движения)
Fig. 4. There is bull's-eye chart with parametric imaging of color-coded endocardial excursion indices (ExcAvg, ExcSD, ExcMax and ExcMin) used for segmental contractility assessment by means of 3DE, where blue is for towards central axis motion, red – for reverse motion and black – for lack of motion

Индекс диссинхронии (SDI-16, 14,9 [8,9; 23,1]), Tmsv-12SD (14,1 [6,2; 23,4]) и Tmsv-6SD (15,4, [1,7; 25,7]) (рис. 5) и длительность QRS использовались в качестве характеристики диссинхронии. Все рассчитанные индексы кардиомеханики указывали на выраженную систолическую

дисфункцию и наличие внутрижелудочковой диссинхронии, значимо варьировали в зависимости от точки стимуляции и статистически значимо различались для разных видов стимуляции (ExcAvg, $p < 0,001$; 3D EF, $p = 0,003$; Tmsv-6 SD, $p = 0,03$).

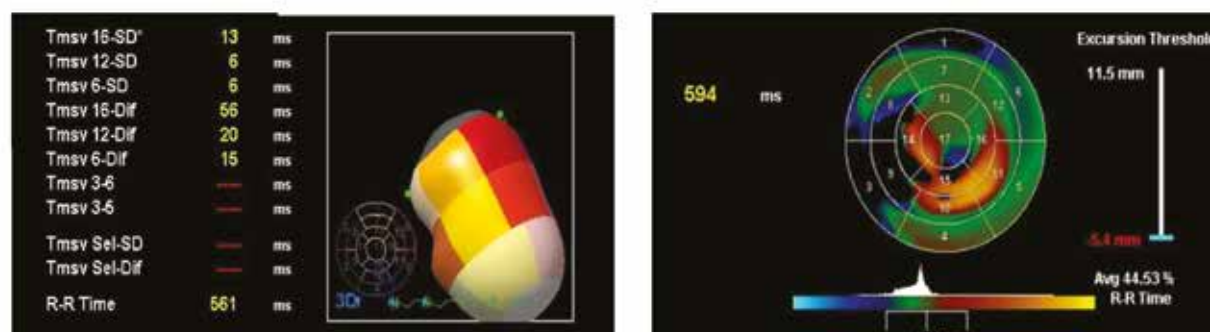


Рис. 5. А – индексы диссинхронии для 16-, 12-, 6-сегментных моделей ЛЖ. В – диаграмма типа «бычий глаз», на которой продемонстрирована цветная кодировка индексов диссинхронии. Цвет кодирует время активации миокарда (достижение минимального объема), где голубой – раннее, красный – позднее. Большая часть зоны поздней активации находится в срединных и апикальных сегментах нижнебоковой нижней зоне миокарда ЛЖ
Fig. 5. A – dyssynchrony indices for 16-, 12-, 6-segment LV model. B – there is a bull's-eye chart with color-coded dyssynchrony indices. Color codes the myocardium activation time based on time-to-volume curves (time to reach minimal regional volume), where blue is for early, red – for late. The most part of late activation zone locates in the middle and apical segments of the inferolateral LV wall

Данные, полученные интраоперационно, отражены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты интраоперационного мониторингирования ЭКГ, 3D ЭхоКГ, 2D STE ЭхоКГ при каждом из видов стимуляции

Table 2. Results of intraoperative ECG monitoring, 3DE, 2D STE for each type of stimulation

Показатели	Характеристики, Me [Q ₁ ; Q ₃]
Количество точек стимуляции, n	88
Длительность QRS, мс	204 [184; 240]
Эхокардиографические данные	
КДО 3D модели ЛЖ, мл	177 [139; 189,6]
КСО 3D модели ЛЖ, мл	111 [92; 128]
ФВ 3D модели ЛЖ, %	23,8 [22; 28,4]
Tmsv-16SD, %	14,9 [8,9; 23,1]
Tmsv-12SD, %	14,1 [6,2; 23,4]
Tmsv-6SD, %	15,4 [1,7; 25,7]
ExcAvg, мм (mm)	3,5 [2,1; 5,6]
ExcMax, мм (mm)	12,5 [8,6; 15,3]
ExcMin, мм (mm)	-4,8 [-16,3; 6,2]
ExcSD, мм (mm)	4,7 [3; 5,6]

Примечание: ExcAvg, ExcMax, ExcMin, ExcSD – среднее значение, максимальное и минимальное значение и стандартное отклонение экскурсий эндокарда к центральной оси соответственно, Tmsv16-SD /SDI-16 – время достижения минимального регионарного объема для 16-сегментной модели ЛЖ относительно R–R, % или индекс диссинхронии, а также для 12 и 6-сегментной модели (Tmsv-12SD, Tmsv-6SD), ФВ 3D модели ЛЖ – фракция выброса трехмерной модели.

Длительность QRS для всей выборки составила 204 [184; 240] мс, при эпикардиальной стимуляции 218 [197; 246] мс, при эндокардиальной – 190 [179; 215] мс. Максимальная длина QRS регистрировалась при стимуляции базальных отделов ЛЖ (точка 4 – проксимальный контакт электрода).

Параметр диссинхронии, рассчитанный для 6-сегментной модели, значительно менялся в зависимости от точки и метода стимуляции ($p = 0,03$). Аналогичные критерии, рассчитанные для 16-сегментной и 12-сегментной модели, составили 14,9 [8,9; 23,1] и 14,1 [6,2; 23,4] соответственно и отразили лишь тенденцию к значимому различию (при $p = 0,06$). Показатель глобальной деформации также значительно менялся в зависимости от метода и точки стимуляции ($p < 0,001$) и составил $-6,5[-15,4; -10,9]$ %.

КДО 3D модели ЛЖ варьировал от $166 \pm 4,1$ до $172 \pm 6,2$ мл, однако статистически значимо не менялся. Кроме того, показатели механической и электрической диссинхронии, глобальной и региональной сократительной способности ЛЖ коррелировали между собой. Была выявлена умеренная прямая зависимость между индексом диссинхронии SDI-16 ($r = 0,42$) и длительностью комплекса QRS (рис. 6), обратная – с показателями регионарной (ExcAvg, ($r = -0,34$)) и глобальной сократимости (ФВ трехмерной модели ЛЖ, ($r = -0,30$)), подтверждавшейся при различных комбинациях факторов и демонстрировавшей высокую воспроизводимость.

Таким образом, сужение стимулированного комплекса QRS ассоциировано также с уменьшением степени МД и улучшением глобальной и сегментарной сократимости ЛЖ.

Высокая структурная неоднородность ПБЛНПГ показывает, что продолжительность комплекса QRS, особенно у пациентов с его умеренным увеличением, является грубым параметром оценки диссинхронии. Возможность

целенаправленной ЛЖ-стимуляции [18–20] и структурная полиморфность БЛНПГ, особенно актуальная при дистальных внутрижелудочковых нарушениях проводимости, дала новый толчок к исследованиям параметров МД, регионарной сократимости ЛЖ и определения зон поздней активации ЛЖ.

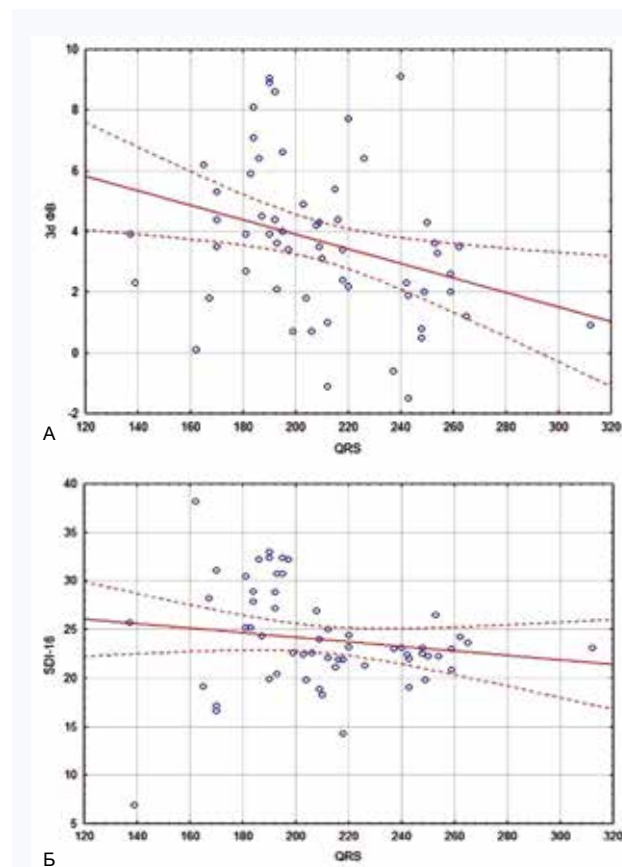


Рис. 6. Диаграммы рассеяния, представляющие корреляцию между фракцией выброса и длительностью комплекса QRS (А) и (Б) систолическим индексом диссинхронии (SDI-16) и длительностью комплекса QRS. Примечание: А – модель линейной регрессии: $3D \text{ ФВ} = 8,2 - 0,02 \times \text{длительность QRS}$; 0,95 ДИ; Б – модель линейной регрессии: $SDI-16 = 183,3 + 1,58 \times \text{длительность QRS}$; 0,95 ДИ.

Fig. 6. Scatterplots showing the correlation between (A) ejection fraction 3D and SDI-16 and (B) QRS duration and SDI-16

Note: A – formula: $3DE \text{ LVEF} = 8,2 - 0,02 \times \text{QRS duration}$; 0.95 CI; B – formula: $SDI-16 = 183.3 + 1.58 \times \text{QRS duration}$; 0.95 CI.

Параметры МД в отличие от продолжительности комплекса QRS позволяют с большей точностью охарактеризовать локальные особенности сократимости и релаксации миокарда. Основной проблемой остается отсутствие единых подходов к пониманию МД и отсутствие единой стандартизированной методики ее определения. Ни один из показателей, разработанных в многочисленных публикациях по возможностям ЭхоКГ до сих пор, не вошел в клинические рекомендации как критерий отбора, а пересмотра необходимости их рутинного определения на практике не было со времен Echo-CRT (Echocardiography Guided Cardiac Resynchronization Therapy, 2008). ЭхоКГ методы оценки диссинхронии продолжают использоваться лишь как дополнение к стандартному протоколу ультразвукового исследования сердца.

При этом оценка параметров МД с использованием визуализационных методов исследования является независимым маркером долгосрочной выживаемости пациентов с ХСН, что делает данные показатели клинически значимыми [10–13]. В настоящее время в мире наблюдается тенденция к применению трехмерных методов оценки МД, которые являются более точными и воспроизводимыми, а SDI-16 выступает надежным показателем диссинхронии [14–18]. При нормальной функции ЛЖ в большинстве исследований SDI-16 примерно составляет от 3 до 6% [14]. А пациенты с меньшими значениями SDI-16 [14, 15] лучше отвечают на СРТ.

В представленной работе индекс диссинхронии SDI-16 показал лишь тенденцию к значимым изменениям ЛЖ ответа в рамках интраоперационного исследования. При этом подобный индекс для 6-сегментной модели (Tmsv-SD6) продемонстрировал уже значимую вариабельность. А выделение красной цветовой кодировкой зон поздней активации, основанных на визуализации данных параметров с помощью диаграммы типа «бычий глаз», позволяет быстро определиться с целевой областью стимуляции.

В ряде исследований сообщалось о сильной обратной корреляции между ФВ ЛЖ и SDI-16 и длительностью комплекса QRS [15, 16], что имеет подтверждение также в рамках нашей исследовательской работы [14].

Корреляция между электрическими и механическими параметрами, а также между различными эхокардиографическими методиками оценки механики ЛЖ (в частности между показателями двухмерной продольной глобальной деформации, различными количественными и полуколичественными индексами и ФВ, рассчитанными

в 3D ЭхоКГ), демонстрирует свою надежность и воспроизводимость в определении МД и требует пересмотра ее роли в оптимизации СРТ.

Заключение

Оценка МД и зон поздней активации является ключевым подходом в оптимизации СРТ при так называемой «таргетной» стимуляции ЛЖ и в прогнозировании ЛЖ ответа у пациентов с выраженным снижением систолической функции и различными вариантами морфологии БЛНПГ, особенно ее дистальных форм. А расчет ее с помощью методики 3D ЭхоКГ с выведением сегментарных (Tmsv-12SD и Tmsv-6SD) и глобальных индексов (SDI-16) диссинхронии и визуализация их с помощью полярных карт в виде диаграммы «бычий глаз» на основании 17-сегментной модели сердца с идентификацией зоны поздней активации выглядит многообещающим с точки зрения наглядности, доступности и воспроизводимости метода.

Необходимо дальнейшее изучение индексов диссинхронии как в качестве независимых параметров, так и методики определения зон поздней активации с целью внедрения их в рутинную практику на этапе отбора пациентов, определения тактики ЛЖ-стимуляции, их прогностической ценности как предикторов ответа на СРТ.

Ограничения исследования

Проведенное исследование является экспериментальным одноцентровым исследованием. Интраоперационно изучался ЛЖ ответ в 88 точках стимуляции, полученный у ограниченной выборки пациентов ($n = 12$).

Литература / References

- Cleland J.G., Freemantle N., Erdmann E., Gras D., Kappenberger L., Tavazzi L. et al. Long-term mortality with cardiac resynchronization therapy in the Cardiac Resynchronization-Heart Failure (CARE-HF) trial. *Eur. J. Heart Fail.* 2012;14(6):628–634. DOI: 10.1093/eurjhf/hfs055.
- Gold M.R., Padhiar A., Mealing S., Sidhu M.K., Tsintzos S.I., Abraham W.T. Long-term extrapolation of clinical benefits among patients with mild heart failure receiving cardiac resynchronization therapy: Analysis of the 5-year follow-up from the REVERSE Study. *JACC Heart Fail.* 2015;3(9):691–700. DOI: 10.1016/j.jchf.2015.05.005.
- 2021 Рекомендации ESC по электрокардиостимуляции и сердечной ресинхронизирующей терапии. *Российский кардиологический журнал.* 2022;27(7):5159.
- 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology.* 2022;27(7):5159. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5159.
- Havranek E., Masoudi F., Westfall K., Wolfe P., Ordin D.L., Krumholz H.M. Spectrum of heart failure in older patients: Results from the National Heart Failure Project. *Am. Heart J.* 2002;143(3):412–417. DOI: 10.1067/mhj.2002.120773.
- Vernooy K., van Deursen C.J., Strik M., Prinzen F.W. Strategies to improve cardiac resynchronization therapy. *Nat. Rev. Cardiol.* 2014;11(8):481–493. DOI: 10.1038/nrcardio.2014.67.
- Barretto R.B., Piegas L.S., Assef J.E., Melo Neto J.F., Resende T.U., Moreira D.A. et al. Mechanical dyssynchrony is similar in different patterns of left bundle-branch block. *Arq. Bras. Cardiol.* 2013;101(5):449–456. (In Eng., Portug.). DOI: 10.5935/abc.20130190.
- Morgan J.M., Biffi M., Gellér L., Leclercq C., Ruffa F., Tung S. et al. ALSYNC Investigators. ALternate Site Cardiac ResYNChronization (ALSYNC): a prospective and multicentre study of left ventricular endocardial pacing for cardiac resynchronization therapy. *Eur. Heart J.* 2016;37(27):2118–2127. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv723.
- Sieniewicz B.J., Betts T.R., James S., Turley A., Butter C., Seifert M. et al. Real-world experience of leadless left ventricular endocardial cardiac resynchronization therapy: A multicenter international registry of the WISE-CRT pacing system. *Heart Rhythm.* 2020;17(8):1291–1297. DOI: 10.1016/j.hrthm.2020.03.002.
- Wijesuriya N., Elliott M.K., Mehta V., Sidhu B.S., Behar J.M., Niederer S. et al. Leadless left ventricular endocardial pacing for cardiac resynchronization therapy: A systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm.* 2022;19(7):1176–1183. DOI: 10.1016/j.hrthm.2022.02.018.
- Fudim M., Dalgaard F., Fathallah M., Iskandrian A.E., Borges-Neto S. Mechanical dyssynchrony: How do we measure it, what it means, and what we can do about it. *J. Nucl. Cardiol.* 2021;28(5):2174–2184. DOI: 10.1007/s12350-019-01758-0.
- Лебедева В.К., Любимцева Т.А., Трушкина М.А., Лясникова Е.А., Лебедев Д.С. Диссинхрония миокарда и ответ на сердечную ресинхронизирующую терапию. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2015;30(1):85–91.
- Лебедева В.К., Любимцева Т.А., Трушкина М.А., Лясникова Е.А., Лебедев Д.С. Myocardial dyssynchrony and response to cardiac resynchronization therapy. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2015;30(1):85–91. (In Russ.). DOI: 10.29001/2073-8552-2015-30-1-85-91.
- Завадовский К.В., Саушкин В.В., Варламова Ю.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Лебедев Д.И. и др. Механическая диссинхрония в прогнозе ответа на ресинхронизирующую терапию у пациентов с дилатационной кардиомиопатией. *Кардиология.* 2021;61(7):14–21.
- Завадовский К.В., Саушкин В.В., Варламова Ю.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Лебедев Д.И. et al. Mechanical dyssynchrony for prediction of the cardiac resynchronization therapy response in patients with dilated cardiomyopathy. *Kardiologiya.* 2021;61(7):14–21. (In Russ.). DOI: 10.18087/cardio.2021.7.n1420.
- Risum N. Assessment of mechanical dyssynchrony in cardiac resynchronization therapy. *Dan. Med. J.* 2014;61(12):B4981.
- Мамедова А.И., Приходько Н.А., Любимцева Т.А., Козленок А.В., Лебедев Д.С. Трехмерная эхокардиография в режиме реального времени в оценке левожелудочковой диссинхронии. *Трансляционная медицина.* 2023;10(1):14–24.
- Mamedova A.I., Prihod'ko N.A., Lubimceva T.A., Kozlenok A.V., Lebedev D.S. Real-time three dimensional TEE in quantification of left ventricular dyssynchrony. *Translational Medicine.* 2023;10(1):14–24. (In Russ.). DOI: 10.18705/2311-4495-2023-10-1-14-24.
- Zhang H., Abiose A.K., Gupta D., Campbell D.N., Martins J.B., Sonka M. et al. Novel indices for left-ventricular dyssynchrony characterization

- based on highly automated segmentation from real-time 3-d echocardiography. *Ultrasound Med. Biol.* 2013;39(1):72–88. DOI: 10.1016/j.ultras-medbio.2012.08.019.
16. Soliman O., Kirschbaum S.W., van Dalen B.M., van der Zwaan H.B., Mahdavian Delavary B., Vletter W.B. et al. Accuracy and reproducibility of quantitation of left ventricular function by real-time three-dimensional echocardiography versus cardiac magnetic resonance. *Am. J. Cardiol.* 2008;102:778–783. DOI: 10.1016/j.amjcard.2008.04.062.
 17. Buck T., Franke A., Monaghan M.J. (eds.) Three-dimensional Echocardiography; second edition. Ch. 4–5. Springer; 2015:79–105. DOI: 10.1007/978-3-642-36799-1.
 18. Wang C., Shi J., Ge J., Tang H., He Z., Liu Y. et al. Left ventricular systolic and diastolic dyssynchrony to improve cardiac resynchronization therapy response in heart failure patients with dilated cardiomyopathy. *J. Nucl. Cardiol.* 2021;28(3):1023–1036. DOI: 10.1007/s12350-020-02132-1.
 19. Khan F.Z., Virdee M.S., Pugh P.J., Pugh P.J., O'Halloran D., Elvik M. et al. Targeted left ventricular lead placement to guide cardiac resynchronization therapy: the TARGET study: a randomized, controlled trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;59(17):1509–1518. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.12.030.
 20. Saba S., Jain S., Adelstein E., Jain S., Adelstein E., White P. et al. Echocardiography-guided left ventricular lead placement for cardiac resynchronization therapy: results of the Speckle Tracking Assisted Resynchronization Therapy for Electrode Region trial. *Circ. Heart Fail.* 2013;6(3):427–434. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.112.000078.

Информация о вкладе авторов

Лебедев Д.С., Козленок А.В. предложили концепцию исследования, разработали его протокол и обеспечили техническую организацию.

Мамедова А.И., Любимцева Т.А. сформировали выборку пациентов. Мамедова А.И. анализировала и интерпретировала полученные данные, отвечала за литературный обзор, написание текста статьи, статистическую обработку.

Мамедова А.И., Приходько Н.А. написали первую версию рукописи, вместе с Любимцевой Т.А. и Лебедевым Д.С. внесли вклад в доработку исходного варианта рукописи.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ругаясь за их точность и безупречность.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information on author contributions

Lebedev D.S. and Kozlenok A.V. proposed the concept of the study, developed its protocol, organized its technical part.

Mamedova A.I. and Lubimceva T.A. formed a sample of patients.

Mamedova A.I. analyzed and interpreted the obtained data, performed literature review and statistical processing, wrote the text of the article.

Mamedova A.I. and Prihod'ko N.A. wrote the first version of the article, together with Lubimceva T.A. and Lebedev D.S. modified the original version.

All authors gave their final consent to the submission of the manuscript and agreed to be responsible for all aspects of the work, vouching for their accuracy and flawlessness.

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

Сведения об авторах

Мамедова Арзу Исрафил кызы, аспирант, кафедра сердечно-сосудистой хирургии, направление «интервенционная аритмология», ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России; врач функциональной диагностики, СПбГБУЗ «ГМПБ № 2», Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0003-2852-0684>.

E-mail: arzu.mamedovaphd@gmail.com.

Лебедев Дмитрий Сергеевич, д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель НИО аритмологии, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0002-2334-1663>.

E-mail: lebedevdmitry@mail.ru.

Любимцева Тамара Алексеевна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория клинической аритмологии, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0002-8651-7777>.

E-mail: toma0704@mail.ru.

Козленок Андрей Валерьевич, канд. мед. наук, заведующий НИО физиологии кровообращения, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0002-1435-4286>.

E-mail: avkozlenok@yandex.ru.

Приходько Никита Андреевич, младший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория клинической аритмологии, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0002-5304-8003>.

E-mail: prihinn@yandex.ru.

 **Мамедова Арзу Исрафил кызы**, e-mail: arzu.mamedovaphd@gmail.com.

Information about the authors

Arzu I. Mamedova, Graduate Student, Department of Cardiovascular Surgery (Interventional Arrhythmology), Almazov National Medical Research Centre; Functional Diagnostics Doctor, Saint-Petersburg City Multiservice Hospital No. 2, Saint Petersburg, <https://orcid.org/0000-0003-2852-0684>.

E-mail: arzu.mamedovaphd@gmail.com.

Dmitry S. Lebedev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Arrhythmology Research Department, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, <https://orcid.org/0000-0002-2334-1663>.

E-mail: lebedevdmitry@mail.ru.

Tamara A. Lubimceva, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Arrhythmology Research Department, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, <https://orcid.org/0000-0002-8651-7777>.

E-mail: toma0704@mail.ru.

Andrey V. Kozlenok, Cand. Sci. (Med.), Head of Research Department for Circulatory Physiology, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, <https://orcid.org/0000-0002-1435-4286>.

E-mail: avkozlenok@yandex.ru.

Nikita A. Prihod'ko, Junior Research Scientist, Arrhythmology Research Department, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, <https://orcid.org/0000-0002-5304-8003>.

E-mail: prihinn@yandex.ru.

 **Arzu I. Mamedova**, e-mail: arzu.mamedovaphd@gmail.com.

Received 18.10.2023;
review received 05.12.2023;
accepted for publication 08.02.2023.

Поступила 18.10.2023;
рецензия получена 05.12.2023;
принята к публикации 08.02.2023.