

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-51-58>
УДК 616.131-005.755:616-008.9]-073.43

Сравнительная оценка эхокардиографических аспектов ремоделирования сердца при метаболическом синдроме и немассивной тромбоэмболии легочной артерии

И.Л. Буховец¹, А.Г. Лавров², А.С. Максимова¹, О.А. Павленко³,
К.В. Завадовский¹, И.Н. Ворожцова¹

¹ Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, (НИИ кардиологии Томского НИМЦ), 634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

² Общество с ограниченной ответственностью «Новые информационные технологии» (ООО «НовИнТех»), 634029, Российская Федерация, Томск, пер. Затеевский, 8

³ Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (СибГМУ Минздрава России), 634050, Российская Федерация, Томск, Московский тракт, 2

Аннотация

Обоснование. В настоящий момент нет целостного представления о влиянии метаболических факторов и эндокринной патологии на развитие тромбоэмболических осложнений, как артериальных, так и венозных, что вероятно, обусловлено широкой клинической вариабельностью, а также несовершенством диагностических стратегий. Во многих случаях эхокардиография (ЭхоКГ) позволяет помочь решить основную задачу и определить дальнейшую терапевтическую тактику. В связи с вышесказанным у пациентов с метаболическим синдромом (МС) особенно важно проведение ЭхоКГ, позволяющее выявить маркеры субклинической миокардиальной дисфункции. Наличие МС у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА) связано со значительно более высокой частотой рецидивов ТЭЛА, что подтверждает важность распознавания этого фактора риска и начала соответствующей терапии для снижения риска рецидивов.

Цель: провести сравнительную оценку показателей сердечной гемодинамики при МС и немассивной ТЭЛА.

Материал и методы. В исследование были включены 82 пациента: 52 пациента, у которых в течение 6 мес. до исследования была диагностирована ТЭЛА с субмассивным или сегментарным объемом поражения; 14 пациентов с МС; 16 пациентов, не имевших заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной системы (контрольная группа).

Результаты. При сравнительном анализе данных пациентов с МС, пациентов с субсегментарной ТЭЛА и пациентов контрольной группы выявлены статистически значимые различия по целому ряду параметров. Так, размеры и объемы правых отделов сердца были статистически значимо меньше в группе с МС, чем в группе с ТЭЛА, систолическое давление в правом желудочке (СДПЖ) у пациентов с МС было статистически значимо ниже по сравнению с группой с ТЭЛА, объем правого предсердия (ПП) в систолу и диастолу, поперечный размер правого желудочка (ПЖ) в систолу и диастолу были больше в группе с ТЭЛА и не различались у пациентов с МС и в контрольной группе. Выявлены значимые отличия в группе с МС по величине некоторых показателей тканевой доплеровской визуализации (TDI) в отдельных сегментах правых и левых отделов: в группе с МС e' ПП, левого предсердия (ЛП) и левого желудочка (ЛЖ) был статистически значимо короче, чем в остальных группах. У пациентов групп с МС и ТЭЛА обнаружены более низкие по сравнению с контрольной группой величины e' (ранняя диастола) по TDI от фиброзного кольца митрального клапана (от перегородочной и боковой стенок), а пик А (позднее диастолическое наполнение) был статистически значимо ниже в группе с МС, чем в группе с ТЭЛА. Также при TDI отмечено статистически значимое замедление времени синхронизации в ЛЖ в группах с МС и ТЭЛА по сравнению с контрольной группой. При этом время изоволюмического сокращения ПП и ЛЖ было значимо короче у пациентов с МС, чем у пациентов с ТЭЛА и в контрольной группе. Обращает на себя внимание тот факт, что хотя и у пациентов с МС были изменения в правых отделах, но достоверно преобладали изменения в левых отделах сердца. У пациентов с субсегментарной ТЭЛА более значимо были выражены изменения в правых отделах сердца.

Заключение. Определен ряд эхокардиографических показателей, позволяющих отличать пациентов с МС и немассивной ТЭЛА: время изоволюмического сокращения ЛП и ПП, ЛЖ по TDI, размеры и объемы правых отделов сердца, СДПЖ.

✉ Буховец Ирина Львовна, e-mail: bil@cardio-tomsk.ru.

Ключевые слова:	метаболический синдром; немассивная ТЭЛА; эхокардиография.
Финансирование:	работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.
Соответствие принципам этики:	исследование проведено в рамках темы ФНИ на базе НИИ кардиологии Томского НИМЦ. Все пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие на участие в нем. Работа одобрена комитетом по биомедицинской этике НИИ кардиологии Томского НИМЦ, протокол № 210 от 18 февраля 2021 г.
Для цитирования:	Буховец И.Л., Лавров А.Г., Максимова А.С., Павленко О.А., Завадовский К.В., Ворожцова И.Н. Сравнительная оценка эхокардиографических аспектов ремоделирования сердца при метаболическом синдроме и немассивной тромбоэмболии легочной артерии. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2025;40(1):51–58. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-51-58 .

Comparative assessment of echocardiographic aspects of cardiac remodeling in metabolic syndrome and non-massive pulmonary embolism

I.L. Bukhovets¹, A.G. Lavrov², A.S. Maksimova¹, O.A. Pavlenko³,
K.V. Zavadovsky¹, I.N. Vorozhtsova¹

¹ Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Cardiology Research Institute, Tomsk NRMС),

111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

² "NovInteh" LLC,

8, Zhateyevsky per., 634029, Tomsk, Russian Federation

³ Siberian State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (SSMU),

2, Moskovsky trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation

Abstract

Background. Currently there is no holistic view of the influence of metabolic factors and endocrine pathology on the development of thromboembolic complications, both arterial and venous, which is probably due to wide clinical variability, as well as the imperfection of diagnostic strategies. In many cases, echocardiography helps to solve the main problem and determine further therapeutic tactics. In connection with the foregoing, in patients with metabolic syndrome (MS), it is especially important to conduct echocardiography, which makes it possible to identify markers of subclinical myocardial dysfunction. The presence of MS in patients with pulmonary embolism (PE) is associated with a significantly higher recurrence rate of PE, confirming the importance of recognizing this risk factor and initiating appropriate therapy to reduce the risk of relapse.

Aim: To carry out a comparative assessment of cardiac hemodynamic parameters in MS and non-massive PE.

Material and Methods. The study included 82 patients: the first group – 52 patients with PE with a submassive or segmental lesion within 6 months before the study; the second group – 14 patients with metabolic syndrome; the third, control, group consisted of 16 patients who did not have diseases of the cardiovascular and respiratory systems.

Results. In a comparative analysis of the data of patients with MS, patients with subsegmental PE and the control group, statistically significant differences were revealed in a number of parameters: the sizes and volumes of the right heart sections were statistically significantly smaller in the MS group than in the PE group, RVSP in patients with MS was statistically significantly lower in comparison with PE, the volume of RA in systole and diastole, the transverse dimension of the right ventricle in systole and diastole was larger in the group of PE and did not differ between patients with MS and controls. Significant differences in the value of a number of TDI indicators in individual segments of the right and left areas were revealed in the group with MS: in the group with MS, the ivct of the RA, LV, and LV was statistically significantly shorter than in the other groups. Compared to the control group, the values of e' (early diastole) according to TDI from the fibrous ring of the mitral valve (from the septal and lateral walls) were found to be lower in patients with MS and PE, and peak A (late-diastolic filling) was statistically significant lower in the MS group than in the PE group. At the tissue level, a statistically significant slowing of the synchronization time in the LV was noted in the MS, 1st degree obesity and PE groups compared to the control group. At the same time, the isovolumic contraction time of RA and LV was significantly shorter in patients with MS than in patients with PE and the control group. It is worth noting that in patients with MS, although there were changes in the right parts, the changes in the left parts of the heart reliably prevailed. Whereas in patients with subsegmental PE, the changes in the right parts of the heart were more significantly expressed.

Conclusion. A number of echocardiographic parameters have been identified to distinguish between patients with metabolic syndrome and non-massive PE. Echocardiographic indicators that allow to distinguish patients with metabolic syndrome and non-massive PE are: the time of isovolumic contraction of the left and right atria, the left ventricle according to TDI, the size and volume of the right heart, RVSP.

Keywords:	metabolic syndrome; non-massive pulmonary embolism; echocardiography.
Funding:	the work was carried out without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations and structures.
Compliance with the principles of ethics:	the study was carried out within the framework of the topic FNI on the basis of the Cardiology Research Institute of Tomsk NRMС. All patients included in the study have signed informed consent to participate in this study. The work has been approved by the Committee for Biomedical Ethics of the Cardiology Research Institute, Tomsk NRMС, protocol 210 of 18 February 2021.
For citation:	Bukhovets I.L., Lavrov A.G., Maksimova A.S., Pavlenko O.A., Zavadovsky K.V., Vorozhtsova I.N. Comparative assessment of echocardiographic aspects of cardiac remodeling in metabolic syndrome and non-massive pulmonary embolism. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2025;40(1):51–58. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-51-58 .

Обоснование

В настоящий момент ожирением страдают 13% жителей земли, что составляет 650 млн человек; еще у 30% регистрируется избыточная масса тела. Согласно прогнозам, при сохраняющихся тенденциях к 2030 г. около 20% взрослого населения будут иметь ожирение и еще 38% избыточный вес [1–3]¹. В Российской Федерации распространенность абдоминального ожирения достигает 55%, а по критерию массы тела – 33,4% [3, 4]. В настоящее время, по различным данным, в России 29,7% населения в возрасте старше 20 лет страдают ожирением, более 30% людей имеют избыточную массу тела² [4].

В условиях глобальной эпидемии ожирения его частая ассоциация с кардиоваскулярной патологией является одной из главных проблем общественного здоровья. Ожирение оказывает прямое влияние на структуру и функцию сердца и приводит к развитию сердечной недостаточности. Механизмы повреждения миокарда при ожирении включают в себя увеличение эпикардиальной жировой ткани³ [2]. Длительность наличия ожирения выступает ключевым фактором развития систолической дисфункции и сердечной недостаточности. Систолическая и диастолическая дисфункции миокарда левого желудочка (ЛЖ) на начальных этапах могут определяться только с применением дополнительных эхокардиографических показателей с использованием тканевой доплеровской визуализации (TDI) [5]. Висцеральное ожирение является определяющим верифицирующим критерием метаболического синдрома (МС) как кластера факторов, объединенных единым этиопатогенезом⁴. Ожирение ассоциировано с различными метаболическими нарушениями и связанными с ними заболеваниями, в том числе с генерализацией тромбоэмболических событий, сочетанным поражением магистральных артерий и вен, повышением частоты артерио-артериальной церебральной и

венозной тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) [5, 6].

Пациенты с МС и ожирением имеют повышенный риск венозных тромбоэмболических осложнений [7–10]. Установление критериев диагностики немассивной ТЭЛА с использованием лабораторных и инструментальных методов исследования связано с необходимостью дифференциальной диагностики с заболеваниями и состояниями, имеющими признаки повышения давления в легочной артерии, в частности такими, как кардиопатия, ассоциированная с МС⁵. По мнению экспертов, метаболические нарушения играют исключительно важную роль в развитии патологии сердечно-сосудистой системы [1, 2, 4]. Важное значение специалисты отводят метаболическим нарушениям, прежде всего нарушениям углеводного и липидного обменов в развитии артериальных и венозных тромбозов, которые связаны как с изменением агрегатных свойств крови, так и с влиянием гипергликемии на свойства артериальной сосудистой стенки и липидный обмен [7–10]. Метаболические нарушения провоцируют механизмы, приводящие к усилению повреждения эндотелия, прокоагулянтным состояниям, атерогенезу, изменению уровня адипоцитокинов [4].

Накопление новых данных позволило рассматривать МС в качестве одного из факторов риска ТЭЛА. Однако в настоящий момент нет целостного представления о влиянии метаболических факторов и эндокринной патологии на развитие тромбоэмболических осложнений, как артериальных, так и венозных, что, вероятно, обусловлено широкой клинической вариабельностью, а также несовершенством диагностических стратегий.

В наше исследование включены пациенты с ТЭЛА с низким риском ранней смерти, то есть те, у которых клиническая картина не имеет специфических признаков и требует уточнения в деталях. Во многих случаях эхокардиография (ЭхоКГ) позволяет помочь решить основную

¹ Драпкина О.М., Лопатин Ю.М., Петров В.И. и др. Диагностика, лечение, профилактика ожирения и ассоциированных с ним заболеваний. Национальные клинические рекомендации. Санкт-Петербург; 2017:164.

² См. предыдущую сноску.

³ Там же.

⁴ Там же.

⁵ Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Валиева З.С., Азизов В.А., Барбараш О.Л., Веселова Т.Н. и др. Евразийские рекомендации по диагностике и лечению хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (2020). *Евразийский кардиологический журнал*. 2021;(1): 6–43. DOI: 10.38109/2225-1685-2020-1-78-122.

задачу и определить дальнейшую терапевтическую тактику, особенно в случаях с незначительным повышением систолического давления в правом желудочке (СДПЖ) [11]. В связи с вышесказанным у пациентов с МС особенно важно проведение ЭхоКГ, которая дает возможность выявить маркеры субклинической миокардиальной дисфункции [8]. Наличие МС у пациентов с ТЭЛА связано со значительно более высокой частотой рецидивов ТЭЛА, что подтверждает важность распознавания этого фактора риска и начала соответствующей терапии для снижения риска рецидивов [7].

Таким образом, эффективность современных диагностических стратегий при МС и ТЭЛА заключается в их возможности безопасно провести сравнительную оценку и назначить на основании этого необходимое профилактическое лечение пациентов.

Цель исследования: осуществить сравнительную оценку эхокардиографических показателей сердечной гемодинамики при МС и немассивной ТЭЛА.

Материал и методы

Дизайн исследования соответствует одномоментному наблюдательному исследованию. В период с 2012 по 2018 гг. были последовательно обследованы 82 пациента: 52 пациента в возрасте $48,76 \pm 10,39$ лет, у которых в течение 6 мес. до исследования была диагностирована ТЭЛА с субмассивным или сегментарным объемом поражения и которые не имели ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, фибрилляции предсердий и патологии клапанов сердца; 14 пациентов с МС, сопоставимых по возрасту и полу, не имевших заболеваний легких камер сердца и врожденных пороков сердца, а также признаков другой сердечно-сосудистой патологии, способствующей развитию легочной артериальной гипертензии. Контрольную группу составили 16 пациентов, сопоставимых по возрасту и полу и не имевших заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной системы, а также другой патологии, приводящей к развитию артериальной легочной гипертензии.

МС был верифицирован на основании данных окружности талии, веса, роста пациентов, а также наличия нарушения толерантности к углеводам, которое подтверждалось проведением перорального глюкозотолерантного теста (ПГТТ) с 75 г глюкозы. Согласно действующим рекомендациям, пациенты с сахарным диабетом в исследование не включались. Диагноз ТЭЛА был поставлен в соответствии с действующими рекомендациями на основании данных рентгеновской компьютерной ангиографии легочной артерии и / или вентилиционно-перфузионной сцинтиграфии легких^{6, 7} (табл. 1). Пациенты с массивной ТЭЛА в исследование не включались.

Для оценки внутрисердечной и центральной гемодинамики, визуализации тромбов в полостях сердца, а также для исключения других сердечно-сосудистых заболеваний, способствующих развитию легочной артериальной гипертензии, всем пациентам выполнено ультразвуковое исследование сердца по стандартному протоколу

на ультразвуковых диагностических системах GE Vivid E9 и Vivid 7 Dimension. Кроме того, проводилось углубленное ультразвуковое исследование сердца с определением дополнительных показателей в М, В и доплеровском режимах, в режиме TDI с использованием цветового и импульсно-волнового тканевого доплера, Strain (деформация) и Strain rate (скорость деформации, SR), режиме изображения синхронизации ткани (RT) [11–17], с последующим применением постпроцессинговой количественной обработки полученных данных. Определение показателей Strain (S, %) и Strain rate (SR, с-1) проводилось по переднебоковым, задне-перегородочным базальным и средним сегментам, боковому и перегородочному верхушечным сегментам ЛЖ; базальным, средним и верхушечным сегментам от перегородки и свободной стенки ПЖ; у предсердий для верхних и нижних сегментов перегородки и свободной стенки. Определяли синхронизацию сокращений (RT, мс) вышеперечисленных сегментов ЛЖ, ПЖ и предсердий. Регистрировали кровоток в правой легочной вене и верхней полой вене. При этом оценивали систолический (S), диастолический (D) и предсердный (A) пики.

Статистическая обработка

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакетов программ SPSS 23 и R. Оценку соответствия распределения признаков нормальному закону осуществляли с помощью критериев Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса, Шапиро – Уилка, а также визуально с помощью гистограмм. При сравнении количественных показателей в трех независимых группах использовали критерий Краскела – Уоллиса с последующим анализом апостериорных сравнений по критериям Данна (Dunn, O.J., 1964) и Коновера – Имана (Conover W.J., Iman R.L., 1979).

Для определения силы связи между переменными вычисляли коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r) и Кендалла (τ).

Количественные показатели представляли средним значением (M) и его 95% доверительным интервалом (ДИ). Критический уровень значимости p при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05 с поправками Бонферрони на множественность апостериорных сравнений количественных показателей в трех независимых группах.

Этическая экспертиза

Исследование выполнено в рамках темы ФНИ на базе НИИ кардиологии Томского НИМЦ (Томск, Россия). Все пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие на участие в нем. Работа одобрена комитетом по биомедицинской этике НИИ кардиологии Томского НИМЦ, протокол № 210 от 18 февраля 2021 г.

Результаты

В контрольной группе индекс массы тела (ИМТ) был в пределах нормы, в группе с ТЭЛА данный показатель

⁶ Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Валиева З.С., Азизов В.А., Барбараш О.Л., Веселова Т.Н. и др. Евразийские рекомендации по диагностике и лечению хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (2020). *Евразийский кардиологический журнал*. 2021;(1):6–43. DOI: 10.38109/2225-1685-2020-1-78-122.

⁷ Драпкина О.М., Лопатин Ю.М., Петров В.И. и др. Диагностика, лечение, профилактика ожирения и ассоциированных с ним заболеваний. Национальные клинические рекомендации. Санкт-Петербург; 2017:164.

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Table 1. Clinical characteristics of patients

Параметры	Группа с ТЭЛА (n = 52)	Группа с МС (n = 14)	Контрольная группа (n = 16)
Возраст, лет	48,76 ± 10,39	49,88 ± 9,41	51,46 ± 9,89
ИМТ	29,1 ± 1,2	32,4 ± 1,6 ²	28,6 ± 1,3 ²
ФВЛЖ	61,8 ± 1,8	63,2 ± 1,8	64,4 ± 2,2
ГБ, абс. (%)	34 (66)	10 (70)	10 (64)
ИБС, абс. (%)	30 (58)	7 (52)	9 (56)
Холестерин	5,61 ± 1,39 ^{2,3}	6,52 ± 1,44 ^{1,3}	4,33 ± 1,39 ^{1,2}
ЛПНП	3,21 ± 1,11 ^{2,3}	3,73 ± 1,37 ^{1,3}	2,73 ± 1,11 ^{1,2}
ЛПВП	1,26 ± 0,13 ²	0,90 ± 0,16 ^{1,3}	1,36 ± 0,19 ²

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ГБ – гипертоническая болезнь, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ЛПНП – липопротеиды низкой плотности, ЛПВП – липопротеиды высокой плотности. ¹ – критический уровень значимости (p) < 0,05 при сравнении группы с ТЭЛА и контрольной группы, ² – критический уровень значимости (p) < 0,05 при сравнении группы с МС и контрольной группы, ³ – критический уровень значимости (p) < 0,05 при сравнении групп с ТЭЛА и с МС.

составил 29,1 (27,2; 29,62), в группе с МС – 32,4 (30,1; 34,5), что соответствует ожирению 1-й степени. Холестерин и липопротеиды низкой плотности (ЛПНП) были статистически значимо выше в группе с МС по сравнению с группой с ТЭЛА и контрольной группой, а в группе с ТЭЛА – только по сравнению с контрольной группой. При сравнительном анализе данных пациентов с МС, пациентов с субсегментарной ТЭЛА и пациентов контрольной группы статистически значимые различия выявлены по целому ряду параметров (табл. 2). При сравнении структурно-геометрических показателей оказалось, что группа с МС имела сопоставимые с группой с ТЭЛА большие значения диаметра легочного ствола, чем пациенты контрольной группы. Размеры и объемы правых отделов сердца были статистически значимо меньше в группе с МС, чем в группе с ТЭЛА; по сравнению с контрольной группой значимой разницы не выявлено. СДПЖ у пациентов с МС было статистически значимо ниже по сравнению с группой с ТЭЛА и статистически незначимо отличалось от показателей контрольной группы. Следовательно, ряд таких показателей, как диаметр легочной артерии (ЛА), длинник правого предсердия (ПП) в систолу и диастолу, толщина свободной стенки ПЖ в диастолу были сопоставимы в группах с МС и ТЭЛА, но статистически значимо отличались от показателей контрольной группы. При этом объем ПП в систолу и диастолу, медианы поперечного размера ПЖ в систолу и диастолу были больше в группе с ТЭЛА и не различались у пациентов с МС и в контрольной группе.

Выявлены значимые отличия в группе с МС по величине некоторых показателей TDI в отдельных сегментах правых и левых отделов: так, в группе с МС ivct ПП, ЛП и ЛЖ был статистически значимо короче, чем в остальных группах (см. табл. 2). Кроме того, у пациентов с МС и ТЭЛА обнаружены более низкие по сравнению с контрольной группой величины e' (ранняя диастола) по TDI от фиброзного кольца митрального клапана (от перегородочной и боковой стенок), а пик А (позднее диастолическое наполнение) был статистически значимо ниже в группе с МС, чем в группе с ТЭЛА. При этом у пациентов с МС отмечено замедление времени синхронизации по переднебоковым и задне-перегородочным сегментам ЛЖ по сравнению с контрольной группой; различий с группой с ТЭЛА не выявлено. Таким образом, на тканевом уровне установлено статистически значимое замедление времени синхронизации в ЛЖ в группах с МС, ожирением 1-й

степени и с ТЭЛА по сравнению с контрольной группой. При этом время изоволюмического сокращения ПП и ЛЖ было значимо короче у пациентов с МС, чем у пациентов с ТЭЛА и в контрольной группе.

В нашем исследовании отношение TAPSE / СДЛА во всех группах было в пределах нормальных значений и при межгрупповом сравнении статистически значимо не различалось (данные в таблице не приводятся). При проведении корреляционного анализа в группе с МС установлены статистически значимые взаимосвязи между толщиной свободной стенки ПЖ в систолу и диастолу и размерами и объемами ПП ($r = 0,544$; $r = 0,585$; $r = 0,553$; $r = 0,588$; $r = 0,544$; $r = 0,585$ соответственно); а также обратная связь толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) от размеров ЛП ($r = -0,669$; $r = -0,791$), периода наполнения ЛЖ от скорости пика Е ($r = -0,582$; $r = -0,711$) и величины EPSS, ($r = -0,95$; $r = -0,982$). Обращает на себя внимание тот факт, что у пациентов с МС хотя и были изменения по правым отделам, но достоверно преобладали изменения в левых отделах сердца. У пациентов с субсегментарной ТЭЛА более значимо были выражены изменения в правых отделах сердца.

Обсуждение

Нередко при проведении рутинной ЭхоКГ у пациентов с МС показатели внутрисердечной гемодинамики и геометрии сердца бывают в пределах нормы [8], и для уточнения наличия отклонений необходимо проведение TDI. В нашем исследовании, согласно данным, полученным при проведении ЭхоКГ по протоколу, включающему TDI, у пациентов с МС был выявлен ряд показателей, отличающих пациентов с МС от пациентов с перенесенной ТЭЛА и пациентов контрольной группы. Так, у пациентов с МС время изоволюмического сокращения ЛП и ПП, ЛЖ по TDI было статистически значимо короче, чем в группе с ТЭЛА и в контрольной группе. При сравнении структурно-геометрических показателей оказалось, что пациенты группы с МС имели сопоставимые с ТЭЛА большие значения размеров легочного ствола, чем пациенты контрольной группы. Размеры и объемы правых отделов сердца были статистически значимо меньше в группе с МС, чем в группе с ТЭЛА; с контрольной группой значимой разницы не выявлено. СДПЖ у пациентов с МС было статистически значимо ниже по сравнению пациентами с ТЭЛА и статистически незначимо выше по сравнению с пациентами контрольной группы.

Таблица 2. Сравнительный анализ показателей внутрисердечной гемодинамики
Table 2. Comparative analysis of the parameters of intracardiac hemodynamics

Показатели	Группа с ТЭЛА	Группа с МС	Контрольная группа	p (1–2)	p (1–3)	p (2–3)
ИМТ, кг/м ²	29,1 (27,2; 29,62)	32,4 (30,1; 34,5)	23,6(22,4; 27,3)	0,078	0,041	0,001
ЛА, ствол, см	2,61 (2,48; 2,74)	2,43(2,28; 2,58)	2,14 (2,03; 2,24)	0,305	< 0,000	0,090
ПЖ в.тр. ivct, м/с	82,82 (76,93; 88,72)	71,64 (65,51; 77,76)	71,73 (63,98;79,48)	0,034	0,019	1,000
ПП сист. длинный размер, см	4,42 (4,13 4,72;)	4,23 (3,79; 4,66)	3,71+0,28 (3,55; 3,87)	0,849	0,010	0,256
ПП диаст. поперечный размер, см	4,31 (3,97; 4,66)	3,58 (3,27; 3,9)	3,83 (3,67; 3,99)	0,043	0,190	0,854
ПП диаст. длинный размер, см	5,19 (4,99; 5,39)	4,95 (4,79; 5,12)	4,75(4,61; 4,89)	0,461	0,016	0,700
ПП V сист., мл ³	27,61 (19,72; 35,5)	14,97 (8,84; 21,1)	15,13 (13,23;17,04)	0,039	0,019	1,000
ПП V диаст., мл ³	56,25 (45,14; 67,36)	35,7 (28,11; 43,29)	38,8 (35,16;42,44)	0,018	0,020	0,988
ПЖ, толщин св. ст., диаст., см	0,45 (0,41; 0,5)	0,44 (0,37; 0,51)	0,36 (0,33; 0,39)	0,991	0,046	0,291
ПЖ сист. поперечный размер баз., см	3,22 (2,94; 3,5)	2,67 (2,34; 3)	3 (2,79; 3,21)	0,025	0,685	0,610
ПЖ диаст. поперечный размер баз., см	4,25 (3,98; 4,51)	3,78 (3,5; 4,05)	3,88 (3,64; 4,12)	0,041	0,050	0,978
ПЖ диаст. поперечный размер ср., см	3,54 (3,3; 3,78)	3,09 (2,59; 3,59)	3,11(2,89; 3,34)	0,045	0,022	0,978
СДПЖ, мм рт. ст.	42,97 (38,2; 47,74)	30, 04 (25,88; 34,62)	24,07 (21,78; 26,35)	0,003	<0,000	0,095
ПП 2 верх. - перег. TDI ivct, м/с	3,51 (2,31; 4,7)	3,06 (3,04; 3,07)	3,52 (2,74; 4,31)	0,019	1,000	0,019
ПП 1 ниж. - перег. TDI ivct, м/с	4,34 (3,47; 5,2)	2,05 (2,01; 2,1)	4,71 (3,95; 5,48)	0,005	0,891	0,005
ПП 3 верх. - св. ст. TDI ivc, м/с	6,9 (5,61; 8,2)	2,07 (2,06; 2,08)	6,46 (5,56; 7,37)	0,000	0,935	0,000
ПП 4 ниж. - св. ст. TDI ivct, м/с	8,38 (6,68; 10,08)	3,08 (3,05; 3,11)	7,9 (6,97; 8,82)	0,007	0,945	0,008
ЛЖ пик А, м/с	0,69 (0,64; 0,73)	0,58 (0,51; 0,65)	0,59 (0,52; 0,66)	0,041	0,088	0,993
ЛЖ перег. пик e' фибр. кольца митрального клапана, м/с	0,09 (0,08; 0,1)	0,08 (0,07; 0,09)	0,12 (0,1; 0,15)	0,929	0,003	0,008
ЛЖ 3 переднебок. баз. TDI ivct, м/с	5,78 (–10,5; 42,06)	1,05 (1,04; 1,06)	3,48 (2,59; 4,36)	0,001	0,897	0,003
ЛЖ 6 задне-перег. баз. TDI ivct, м/с	2,8 (2,32; 3,28)	1,06 (0,04; 0,07)	3,11 (2,21; 4,02)	0,037	0,879	0,029
ЛЖ 9 переднебок. ср. TDI ivct, м/с	1,59 (1,17; 2,01)	1,05 (1,05; 1,05)	2,9 (2,06; 3,74)	0,050	0,013	0,000
ЛЖ 13 передне-пер. верх. TDI ivct, м/с	1,79 (1,49; 2,09)	1,03 (1,02; 1,04)	1,26 (0,68; 1,84)	0,031	0,292	0,071
ЛП 1 перегород.-вер. TDI ivct, м/с	2,82 (2,11; 3,54)	1,05 (1,03; 1,07)	3,35 (2,6; 4,11)	0,016	0,715	0,003
ЛП 2 перегород.-ниж. TDI ivct, м/с	3,81 (3,04; 4,57)	1,04 (1,03; 1,06)	5,17 (4,36; 5,98)	0,004	0,045	0,000
ЛП 3 св. ст.-вер. TDI ivct, м/с	2,73 (1,71; 3,76)	1,04 (1,02; 1,07)	3,78 (2,57; 5)	0,049	0,441	0,007
ЛП 4 св. ст. - ниж. TDI ivct, м/с	3,59 (2,77; 4,4)	1,05 (1,04; 1,07)	4,47 (3,54; 5,4)	0,006	0,408	0,001
ЛЖ 3 переднебок. баз., RT, мс	0,16 (0,14; 0,17)	0,16 (0,14; 0,18)	0,12 (0,11; 0,13)	0,997	0,010	0,006
ЛЖ 9 переднебок. ср., RT мс	0,15(0,13; 0,17)	0,15 (0,13; 0,17)	0,12 (0,11; 0,13)	1,000	0,085	0,046
ЛЖ 6 задне-перег. баз., RT, мс	0,15 (0,14; 0,16)	0,15 (0,13; 0,17)	0,12 (0,11; 0,13)	1,000	0,003	0,028

Примечание: ЛА – легочная артерия; ПЖ в. тр. ivct – период изоволюмического сокращения; ПП – правое предсердие; ЛП – левое предсердие; ПЖ – правый желудочек; ЛЖ – левый желудочек; сист. – систола; диаст. – диастола; ЛП V – объем левого предсердия; ПП V – объем правого предсердия; перег. – перегородочный; задне-перег. – заднебоковой; переднебок. – переднебоковой; св. ст. – свободная стенка; бок. ст. – боковая стенка; СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке; пик А – максимальная диастолическая скорость в фазу сокращения предсердий; TDI – тканевая доплеровская визуализация; ivct – время изоволюмического сокращения по TDI; e' – скорость движения фиброзного кольца митрального клапана в раннюю диастолу по TDI; RT – режим изображения синхронизации ткани; баз. – базальный; ср. – средний; перед. – передний; верх. – верхушечный; вер. – верхний; ниж. – нижний; 1; 2; 4; 5; 6; 9 – номера сегментов предсердий и желудочков сердца.

Изменение геометрии камер сердца при ожирении в своих работах описывают J.A. Chirinos и соавт., A. Lewis и соавт. [16–18]. Авторы обращают внимание на то, что патологическое ремоделирование может развиваться при нормальной фракции выброса (ФВ) ЛЖ. Выявлены значимые отличия в группе с МС по величине ряда показателей TDI в отдельных сегментах правых и левых отделов: так, в группе с МС ivct ПП, ЛП и ЛЖ был статистически значимо короче, чем в остальных группах, что следует расценивать как ранний признак формирования систолической дисфункции сердца.

В то же время пиковая скорость раннего диастолического наполнения от фиброзного кольца митрального клапана и в группе с МС, и у лиц с ТЭЛА была ниже, то есть быстрое диастолическое наполнение (замедление расслабления ЛЖ) в этих группах происходило медленнее,

чем в контрольной группе. Данный факт свидетельствует о начальной стадии диастолической дисфункции 1-го типа, определяемой при использовании дополнительных показателей, что согласуется с данными других авторов [8–10]. В формирование фиброза и увеличение жесткости миокарда ЛЖ большой вклад вносит избыточное количество жировой ткани за счет выделения цитокинов, что не только повышает ригидность миокарда ЛЖ, но и приводит к повышению давления в ЛП и, как следствие, к структурным и функциональным изменениям [2, 4, 8, 17].

Выявленные изменения временных интервалов у пациентов с МС, скоростных показателей и замедление синхронизации, вероятно, следует расценивать как ранние этапы формирования дисфункции сердца. Данные корреляционного анализа говорят о начале процесса ремоделирования, что согласуется с данными О.Н. Джи-

овой и соавт., указывающими на то, что систолическая дисфункция ЛЖ нередко формируется у пациентов с нормальной ФВ [5].

В группах с ТЭЛА и в контрольной группе такие взаимосвязи не установлены. Выявленные изменения временных интервалов, скоростных показателей и замедление синхронизации у пациентов с МС, вероятно, следует расценивать как ранние этапы формирования дисфункции сердца [19], а результаты корреляционного анализа подтверждают начало процесса ремоделирования.

Согласно данным ряда авторов, нарушение энергообеспечения миокарда при ожирении с несбалансированным соотношением субстратов, когда преобладает использование свободных жирных кислот, приводит к липотоксичности и ухудшению функционирования сердца [2, 4]. Стеатоз, интерстициальный и периваскулярный фиброз ведут к ремоделированию сердца, дисфункции митохондрий, стрессу эндоплазматического ретикулума, апоптозу и сократительной дисфункции миокарда [2, 4], что подтверждают и результаты нашего исследования. Особенно важным является проведение детального исследования на ранних стадиях МС, до появления клинических проявлений, так как это состояние потенциально обратимо [4].

Следует помнить, что наличие сопутствующего МС у пациентов с ТЭЛА связано со значительно более ча-

стыми рецидивами венозной тромбоземболии, что только подтверждает значимость уточняющих данных по отношению к различным видам тех или иных отклонений в ходе проводимого исследования.

Заключение

Определен ряд эхокардиографических показателей, позволяющих дифференцировать МС и немассивную ТЭЛА, что представляется особенно важным при наличии у пациента МС и немассивной ТЭЛА. Эхокардиографическими показателями, позволяющими отличить пациентов с МС и немассивной ТЭЛА, являются время изоволюмического сокращения ЛП и ПП, ЛЖ по TDI, размеры и объемы правых отделов сердца, СДПЖ. Выявленные в нашем исследовании изменения эхокардиографических параметров можно рассматривать как ранние маркеры повышенной нагрузки на правые и левые отделы сердца у пациентов с МС, также присутствующие у пациентов с немассивной ТЭЛА, что дает основание для дальнейшего более углубленного обследования пациентов с соответствующей патологией.

Ограничения исследования

Малое количество пациентов и одноцентровый характер исследования.

Литература / References

- Вильсон Н.И., Беленькая Л.В., Шолохов Л.Ф., Игумнов И.А., Наделяева Я.Г., Сутурина Л.В. Метаболический синдром: эпидемиология, критерии диагностики, расовые особенности. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021;6(4):180–191. <https://doi.org/10.29413/ABS-2021-6.4.16>
- Vilson N.I., Belenkaya L.V., Sholokhov L.F., Igumnov I.A., Nadelyaeva Ya.G., Sutura L.V. Metabolic syndrome: Epidemiology, diagnostic criteria, racial characteristics. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021;6(4):180–191. (In Russ.). <https://doi.org/10.29413/ABS-2021-6.4.16>
- Кытикова О.Ю., Антонок М.В., Кантур Т.А., Новгородцева Т.П., Денисенко Ю.К. Распространенность и биомаркеры метаболического синдрома. *Ожирение и метаболизм*. 2021;18(3):302–312. <https://doi.org/10.14341/omet12704>
- Kytikova O.Y., Antonyuk M.V., Kantur T.A., Novgorodtseva T.P., Denisenko Y.K. Prevalence and biomarkers in metabolic syndrome. *Obesity and metabolism*. 2021;18(3):302–312. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet12704>
- Kholmatova K., Krettek A., Leon D.A., Malyutina S., Cook S., Hopstock L.A. et al. Obesity prevalence and associated socio-demographic characteristics and health behaviors in Russia and Norway. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022;19(15):9428. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159428>
- Халимов Ю.Ш., Баранова Е.И., Беляева О.Д., Беркович О.А. Метаболический синдром: развитие идей Д.Д. Плетнева и Г.Ф. Ланга. *Пульмонология*. 2022;32(2):13–21. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-2S-13-21>
- Khalimov Yu.S., Baranova E.I., Belyaeva O.D., Berkovich O.A. Metabolic syndrome: Development of D.D. Pletnev's and G.F. Lang's ideas. *Pulmonologiya*. 2022;32(2):13–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-2S-13-21>
- Джигоева О.Н., Максимова О.А., Рогожкина Е.А., Драпкина О.М. Особенности протокола трансторакального эхокардиографического исследования у пациентов с ожирением. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(12):5243. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5243>
- Dzhigoeva O.N., Maksimova O.A., Rogozhkina E.A., Drapkina O.M. Aspects of transthoracic echocardiography protocol in obese patients. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(12):5243. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5243>
- Рагино Ю.И., Облаухова В.И., Денисова Д.В., Ковалькова Н.А. Абдоминальное ожирение и другие компоненты метаболического синдрома среди молодого населения г. Новосибирска. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2020;35(1):167–176. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-1-167-176>
- Ragino Y.I., Oblaukhova V.I., Denisova D.V., Kovalkova N.A. Abdominal obesity and other components of metabolic syndrome among the young population of Novosibirsk. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2020;35(1):167–176. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-1-167-176>
- Abuduhalike R., Yadav U., Sun J., Mahemuti A. Idiopathic venous thromboembolism and metabolic syndrome: A meta-analysis. *J. Coll. Physicians Surg. Pak*. 2022;32(7):909–914. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2022.07.909>
- Park M.S., Ok J.S., Sung J.D., Kim D.K., Han S.W., Kim T.E. et al. Different impact of metabolic syndrome on the risk of incidence of the peripheral artery disease and the venous thromboembolism: A nationwide longitudinal cohort study in South Korea. *Press. Rev. Cardiovasc*. 2023;24(4):113. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2404113>
- Agno W., Di Minno M.N., Ay C., Jang M.J., Hansen J.B., Steffen L.M. et al. Association between the metabolic syndrome, its individual components and unprovoked venous thromboembolism: results of a patient-level meta-analysis. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol*. 2014;34(11):2478–2485. <https://doi.org/10.1161%2FATVBAHA.114.304085>
- Stewart L.K., Kline J.A. Metabolic syndrome increases risk of venous thromboembolism recurrence after acute pulmonary embolism. *Ann. Am. Thorac. Soc*. 2020;17(7):821–828. <https://doi.org/10.1513%2FAnnalsATS.201907-518OC>
- Саидова М.А., Лоскутова А.С., Коваль Е.А. Роль современных методов эхокардиографии в диагностике легочной гипертензии. *Кардиология*. 2014;(5):72–79. <https://doi.org/10.18565/cardio.2014.5.72-79>
- Saidova M.A., Loskutova A.S., Kobal E.A. The role of modern echocardiography methods in diagnosis of pulmonary hypertension. *Cardiology*. 2014;5:72–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/cardio.2014.5.72-79>
- Алехин М.Н. Возможности и ограничения эхокардиографии в оценке давления в легочной артерии и правых камерах сердца. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2012;(6):106–116. Alekhin M.N. Echocardiography possibilities and limitations in pulmonary artery and heart right chambers pressure estimation. *Ultrazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2012;(6):106–116. (In Russ.). URL: http://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2012_6_106_01.11.2024
- Badano L.P., Kolas T.J., Muraru D., Abraham T.P., Aurigemma G., Edvardsen T. et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018;19(6):591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/eyy042>
- Bigdeli L., Azari A., Fazlinezhad A. Assessment of right ventricular function by tissue doppler, strain and strain rate imaging in patients

- with left-sided valvular heart disease and pulmonary hypertension. *Arch. Cardiovasc. Imaging*. 2014;2:1337–1342. <https://doi.org/10.5812/acvi.13737>
15. Stevanovic A., Toncev A., Dimkovic S., Dekleva M., Punovic N., Toncev D. et al. Tissue Doppler global function index and strain imaging estimation of right ventricular function in type 2 diabetic patients. *Eur. J. Echocardiogr.* 2010;11(2):1135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cardfail.2010.06.226>
16. Chirinos J.A., Rietzschel E.R., De Buyzere M.L., De Bacquer D., Gillebert T.C., Gupta A.K. et al. Arterial load and ventricular-arterial coupling: physiologic relations with body size and effect of obesity. *Hypertension*. 2009;54(3):558–566. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.109.131870>
17. Chirinos J.A., Sardana M., Satija V., Gillebert T.C., De Buyzere M.L., Chahwala J. et al. Effect of obesity on left atrial strain in persons aged 35–55 years (The Asklepios Study). *Am. J. Cardiol.* 2019;123(5):854–861. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.11.035>
18. Lewis A., Rayner J.J., Abdesselam I., Neubauer S., Rider O.J. Obesity in the absence of comorbidities is not related to clinically meaningful left ventricular hypertrophy. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2021;37(7):2277–2281. <https://doi.org/10.1007/s10554-021-02207-1>
19. Завадовский К.В., Панькова А.Н. Сцинтиграфическая оценка дисфункции правого желудочка сердца у пациентов с тромбозом легочной артерии. *Медицинская визуализация*. 2009;(3):24–30. EDN: KYCWCJ
- Zavadovsky K.V., Pankova A.N. Estimation of dysfunction of the hearts's right ventricle at patients with pulmonary embolism by scintigraphy. *Medical Visualization*. 2009;(3):24–30. EDN: KYCWCJ

Информация о вкладе авторов

Буховец И.Л., Ворожцова И.Н. – разработка концепции и дизайна исследования.

Буховец И.Л., Максимова А.С. – сбор и обработка материала.

Лавров А.Г. – статистическая обработка данных.

Павленко О.А. – направление и отбор больных.

Буховец И.Л. – написание текста.

Завадовский К.В., Ворожцова И.Н. – редактирование.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Сведения об авторах

Буховец Ирина Львовна, д-р мед. наук, старший научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0001-9466-6097>.

E-mail: bil@cardio-tomsk.ru.

Лавров Алексей Геннадьевич, канд. мед. наук, ведущий инженер-программист, ООО «НовИнТех», Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0001-8138-3186>.

E-mail: lag2022@yandex.ru.

Максимова Александра Сергеевна, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-4871-3283>.

E-mail: asmaximova@yandex.ru.

Павленко Ольга Алексеевна, д-р мед. наук, профессор, кафедра факультетской терапии с курсами эндокринологии и клинической фармакологии, СибГМУ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0001-6766-3974>.

E-mail: pavlenko.51@mail.ru.

Завадовский Константин Валерьевич, д-р мед. наук, заведующий отделом лучевой диагностики, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-1513-8614>.

E-mail: konstz@cardio-tomsk.ru.

Ворожцова Ирина Николаевна, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория ультразвуковых и функциональных методов исследования, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-1610-0896>.

E-mail: abv1953@mail.ru.

 **Буховец Ирина Львовна**, e-mail: bil@cardio-tomsk.ru.

Information on the author contributions

Bukhovets I.L., Vorozhtsova I.N. – study concept and design.

Bukhovets I.L., Maksimova A.S. – data collection and processing.

Lavrov A.G. – statistical data processing.

Pavlenko O.A. – referral and selection of patients.

Bukhovets I.L. – writing the text.

Zavadovsky K.V., Vorozhtsova I.N. – text editing.

All authors approved the final version of the article before publication, agreed to be responsible for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to accuracy or integrity of any part of the work.

Conflict of interest: the authors do not declare a conflict of interest.

Information about the authors

Irina L. Bukhovets, Dr. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0001-9466-6097>.

E-mail: bil@cardio-tomsk.ru.

Aleksey G. Lavrov, Cand. Sci. (Med.), Programmer Engineer, “NovInteh” LLC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0001-8138-3186>.

E-mail: lag2022@yandex.ru.

Aleksandra S. Maksimova, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-4871-3283>.

E-mail: asmaximova@yandex.ru.

Olga A. Pavlenko, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Faculty Therapy with Courses in Endocrinology and Clinical Pharmacology, SSMU, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0001-6766-3974>.

E-mail: pavlenko.51@mail.ru.

Konstantin V. Zavadovsky, Dr. Sci. (Med.), Head of Department of Radiation Diagnostics, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-1513-8614>.

E-mail: konstz@cardio-tomsk.ru.

Irina N. Vorozhtsova, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Laboratory of Ultrasound and Functional Methods of Examination, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-4706-893X>.

E-mail: vin@cardio-tomsk.ru.

 **Irina L. Bukhovets**, e-mail: bil@cardio-tomsk.ru.

Received 07.08.2024;
review received 24.10.2024;
accepted for publication 26.02.2025.

Поступила 07.08.2024;
рецензия получена 24.10.2024;
принята к публикации 26.02.2025.