



УДК 616.12–008.318–008.46–036.12–002.2–005.4

DOI 10.17802/2306-1278-2025-14-4-28-36

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ФРАКЦИИ ВЫБРОСА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА И ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

Г.А. Игнатенко¹, Е.В. Щукина¹, И.В. Сарбаш²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, пр-кт Ильича, 16, Донецк, Российская Федерация, 283003; ² Государственное бюджетное учреждение Донецкой Народной Республики «Республиканская клиническая больница имени М.И. Калинина», пр-кт Ильича, 14, Донецк, Российская Федерация, 283003

Основные положения

- Исследование углубляет понимание взаимосвязи между ВСР и ФВ у пациентов с ИБС и ХСН, что может способствовать более точной диагностике и классификации тяжести заболевания.
- Определение средних значений мощности VLF позволяет использовать этот показатель для ранней диагностики нейрогуморальных нарушений.
- Исследование подчеркивает различия в вегетативном балансе у пациентов с разными уровнями ФВ, что может помочь в разработке более эффективных подходов к лечению ХСН.

Цель

Определить взаимосвязь между показателями вариабельности сердечного ритма и фракцией выброса левого желудочка у пациентов страдающих ишемической болезнью сердца с хронической сердечной недостаточностью.

Материалы и методы

Обследовано 94 амбулаторных пациента (47 мужчин и 47 женщин) с ишемической болезнью сердца и хронической сердечной недостаточностью (ХСН), возраст от 42 до 83 лет. В зависимости от фракции выброса (ФВ) левого желудочка, пациенты были разделены на группы: 1 группа (ХСНсФВ) – сохраненная ФВ ($\geq 50\%$), группа 2 (ХСНунФВ) – умеренно сниженная ФВ (41–49%); группа 3 (ХСНнФВ) – сниженная ФВ ($\leq 40\%$). ФВ левого желудочка определялась по результатам эхокардиографии (по методу Симпсона), показатели вариабельности сердечного ритма вычислялись по данным холтеровского мониторинга ЭКГ. Проводился анализ зависимости количественных показателей мощности вариабельности сердечного ритма и ФВ левого желудочка (%).

Результаты

В группах больных с более низкой ФВ левого желудочка отмечено достоверно низкое значение мощности временных (SDNN, SDANN) и спектральных (VLF) показателей вариабельности сердечного ритма ($p < 0,05$). В группе 1 (ХСНсФВ) мощность nHF (22 ± 9) была больше, чем в группе 2 (ХСНунФВ) (17 ± 5). Однако, в группе 3 (ХСНнФВ) (40 ± 27) мощность nHF продемонстрировала показатели значительно выше, чем в группах 1 и 2. В тоже время в группе 3 выявлено весьма низкое значение мощностей HF, VLF и LF относительно групп 1 и 2. При количественном анализе ФВ левого желудочка (%) относительно мощности спектральных показателей вариабельности сердечного ритма выявлена заметная прямая корреляционная связь с VLF ($r = 0,617$; $p < 0,001$). При количественной статистической оценки мощности временных показателей вариабельности сердечного ритма и ФВ левого желудочка (%) выявлена прямая корреляция avNN ($r = 0,207$; $p = 0,046$), SDNN ($r = 0,304$; $p = 0,003$), SDNNidx ($r = 0,213$; $p = 0,039$), SDANN ($r = 0,296$; $p = 0,004$).

Заключение

У пациентов с ишемической болезнью сердца снижение общей мощности вариабельности сердечного ритма ассоциировано с тяжестью хронической сердечной недостаточности по ФВ левого желудочка. Вегетативный баланс в разных группах хронической сердечной недостаточности по ФВ левого желудочка различен. Так, 1 группа (ХСНсФВ) пациентов характеризовалась показателями мощности вариабельности сердечного ритма, которые указывали на незначительное отклонение баланса вегетативной нервной системы.

Для корреспонденции: Иван Васильевич Сарбаш, sarbash1993@yandex.ru; адрес: пр-кт Ильича, 14, Донецк, Российская Федерация, 283003

Corresponding author: Ivan V. Sarbash, sarbash1993@yandex.ru; address: 14, Ilyicha Ave., Donetsk, Russian Federation, 283003

В группе 2 (ХСНунФВ) показатели variability сердечного ритма характеризовали симпатикотонию. В группе 3 (ХСНнФВ) выявлено преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы ($p < 0,05$). Определены средние значения мощности VLF (мс²), которые могут использоваться для ранней диагностики и классификации тяжести нейрогуморальных нарушений при хронической сердечной недостаточности: ХСНсФВ – 1622 ± 417 ; ХСНунФВ – 1059 ± 307 ; ХСНнФВ – 589 ± 152 ($p < 0,001$).

Ключевые слова

Вариабельность сердечного ритма • Фракция выброса левого желудочка
• Тяжесть нейрогуморальных нарушений • Хроническая сердечная недостаточность • Ишемическая болезнь сердца

Поступила в редакцию: 06.04.2025; поступила после доработки: 07.05.2025; принята к печати: 10.06.2025

RELATIONSHIP BETWEEN HEART RATE VARIABILITY AND LEFT VENTRICULAR EJECTION FRACTION IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE AND CHRONIC HEART FAILURE

G.A. Ignatenko¹, E.V. Shchukina¹, I.V. Sarbash²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Donetsk State Medical University named after M. Gorky” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 16, Ilyicha Ave., Donetsk, Russian Federation, 283003; ² State Budgetary Institution of the Donetsk People's Republic “M.I. Kalinin Republican Clinical Hospital”, 14, Ilyicha Ave., Donetsk, Russian Federation, 283003

Highlights

- The study deepens the understanding of the relationship between HRV and LV in patients with coronary heart disease and CHF, which may contribute to a more accurate diagnosis and classification of the severity of the disease.
- Determining the average VLF power values allows using this indicator for early diagnosis of neurohumoral disorders.
- The study highlights differences in vegetative balance in patients with different levels of HF, which may help in the development of more effective approaches to the treatment of CHF.

Aim To determine the relationship between heart rate variability indices and left ventricular ejection fraction in patients suffering from coronary heart disease with chronic heart failure.

Methods The study included 94 outpatients (47 men and 47 women) with coronary heart disease and chronic heart failure, aged 42 to 83 years. According to the classification of chronic heart failure, depending on the left ventricular ejection fraction, the patients were divided into groups: Group 1 (CHFpEF) – preserved EF ($\geq 50\%$), Group 2 (CHFmrEF) – moderately reduced EF (41–49%); Group 3 (CHFrEF) – reduced EF ($\leq 40\%$). The ejection fraction was determined based on the results of echocardiography (using the Simpson method), and the heart rate variability indices were calculated based on the data of Holter ECG monitoring. The dependence of quantitative indices of the heart rate variability power and the left ventricular ejection fraction (%) was also analyzed.

Results In groups of patients with a lower left ventricular ejection fraction, a significantly lower value of the power of temporal (SDNN, SDANN) and spectral (VLF) indices of heart rate variability was noted ($p < 0,05$). In group 1 (CHFpEF), the nHF power (22 ± 9) was higher than in group 2 (CHFmrEF) (17 ± 5). However, in group 3 (CHFrEF) (40 ± 27), the nHF power demonstrated significantly higher values than in groups 1 and 2. At the same time, in group 3, a very low value of HF, VLF and LF powers was revealed relative to groups 1 and 2. A quantitative analysis of the left ventricular ejection fraction (%) relative to the power of the spectral indices of heart rate variability revealed a noticeable direct correlation with VLF ($r = 0,617$; $p < 0,001$). Quantitative statistical assessment of the power

of time indices of heart rate variability and left ventricular ejection fraction (%) revealed a direct correlation for avNN ($r = 0,207$; $p = 0,046$), SDNN ($r = 0,304$; $p = 0,003$), SDNNidx ($r = 0,213$; $p = 0,039$), SDANN ($r = 0,296$; $p = 0,004$).

Conclusion

In patients with coronary heart disease, a decrease in the overall power of heart rate variability is associated with the severity of chronic heart failure by left ventricular ejection fraction. The autonomic balance in different groups of chronic heart failure by left ventricular ejection fraction is different. Thus, group 1 (CHFpEF) of patients was characterized by heart rate variability power indicators, which indicated a slight deviation in the balance of the autonomic nervous system. In group 2 (CHFmrEF), heart rate variability indicators characterized sympathicotonia. In group 3 (CHFrfEF), the predominance of the parasympathetic division of the autonomic nervous system was revealed ($p < 0,05$). The average values of VLF power (ms²) were determined, which can be used for early diagnosis and classification of the severity of neurohumoral disorders in CHF: CHFpEF – 1622 ± 417 ; CHFmrEF – 1059 ± 307 ; CHFrfEF – 589 ± 152 ($p < 0,001$).

Keywords

Heart rate variability • Left ventricular ejection fraction • Severity of neurohumoral disorders • Chronic heart failure • Coronary heart disease

Received: 06.04.2025; received in revised form: 07.05.2025; accepted: 10.06.2025

Список сокращений

| | |
|---|---|
| ВСР – вариабельность сердечного ритма | ХСНнФВ – хроническая сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса |
| ИБС – ишемическая болезнь сердца | ХСНсФВ – хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса |
| ЛЖ – левый желудочек | ХСНунФВ – хроническая сердечная недостаточность с умеренно сниженной фракцией выброса |
| ФВ – фракция выброса | ЭКГ – электрокардиограмма |
| ХСН – хроническая сердечная недостаточность | ЭхоКГ – эхокардиография |

Введение

Нарушение вегетативного баланса играет важную роль в прогрессировании и декомпенсации хронической сердечной недостаточности (ХСН) как один из механизмов данного синдрома [1]. В настоящее время оценка показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) широко распространенный метод изучения вегетативного баланса. Ряд авторов отмечает корреляцию между показателями ВСР и динамикой усугубления ХСН у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) [2, 3]. Так, выявлена и описана закономерность снижения общей мощности ВСР у больных, страдающих ИБС, коррелирующая со степенью систолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ) и симптоматикой ХСН [2]. Известно, что с целью оценки риска сердечно-сосудистых событий у пациентов с ИБС возможно использование показателей ВСР [4]. Определение систолической функции ЛЖ является одним из наиболее информативных методов исследования, который позволяет оценить тяжесть ХСН. В практике клиницистов эхокардиография (ЭхоКГ) – наиболее используемая неинвазивная методика определения фракции выброса (ФВ). При этом измерения конечно-диастолического и конечно-систолического объемов (КДО и КСО соответственно) обычно выполняют по методу Симпсона. ФВ ЛЖ является одним из основополагающих предикторов развития

осложнений сердечно-сосудистых заболеваний [5]. Продолжение научного поиска по установлению связи между показателями ВСР и наличием систолической дисфункции ЛЖ, оцененной по ФВ у пациентов с ИБС, а также разработка критериев прогнозирования сердечно-сосудистых рисков у данной когорты больных представляется обоснованным.

Цель исследования – определить взаимосвязь между показателями ВСР и ФВ ЛЖ у пациентов страдающих ИБС с ХСН.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе кардиологического диспансера ГБУ ДНР «РКБ имени М.И. Калинина» (ДНР, г. Донецк, пр. Ильича, 14) в период 2022–2023 гг. В исследование были включены результаты обследований 94 пациентов с ИБС и ХСН в возрасте от 42 до 83 лет (средний возраст составил $58,6 \pm 9,3$ лет), 47 – мужчин и 47 – женщин. Артериальная гипертония имела место у 80 (85,1%) пациентов, сахарный диабет II типа был у 18 (19,1%) пациентов, ожирение – у 43 (45,7%), синдром обструктивного апноэ сна – у 39 (41,5%). Длительность наблюдения за больными составила в среднем $1,5 \pm 0,5$ года.

Критерии включения: пациенты с ИБС и ХСН, верифицированной согласно рекомендациям Российского кардиологического общества, Евразийской ас-

социации кардиологов (ESC) и Американской кардиологической ассоциации (AHA); характерными жалобами; данными анамнеза; данными объективного исследования (аускультация, перкуссия и пальпация).

Критерии исключения: постоянная форма фибрилляции предсердий; декомпенсированный порок сердца; синдром слабости синусового узла.

Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами институционального и национального исследовательских комитетов, Хельсинкской декларацией 1964 г. и последующими поправками к ней. Перед сбором клинических материалов от всех участников было получено информированное согласие.

Всем пациентам выполняли холтеровское мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) на аппарате многосуточного мониторирования ЭКГ «Кардиотехника-07-3/12». Запись производилась в 12-ти отведениях с использованием одноразовых электродов. В ходе мониторирования пациенты вели дневник с отметкой жалоб (сердцебиение, перебои в работе сердца, приступы удушья), описанием деятельности в течение суток, а также указанием результатов проведенной пробы с физической нагрузкой. Производилось измерение и внесение в дневник следующих данных: рост, вес, пол и возраст. Также указывалась принимаемая терапия в день исследования.

С помощью программного обеспечения «ИНКАРТ» (ООО «Инкарт», г. Санкт-Петербург, РФ) определяли мощность показателей ВСП с учетом автоматически заданных граничных интервалов спектрального анализа ВСП: очень низкие частоты (VLF, mc^2); низкие частоты (LF, mc^2); высокие частоты (HF, mc^2); нормализованная мощность в диапазоне высоких частот (nHF, %). Также рассчитывали временные показатели ВСП: вариационный размах как разность между максимальным и минимальным значениями интервалов RR (VAR, мс); средняя длительность нормированного интервала RR (avNN, мс); среднее квадратичное отклонение нормированных интервалов RR (SDNN, мс); доля смежных нормированных RR-интервалов, межинтервальные различия между которыми превосходят 50 мс (pNN50, %); среднее квадратичное отклонение межинтервальных различий (rMSSD, мс); среднее из 5-минутных стандартных отклонений по всему массиву записи (SDNNidx, мс); среднее квадратичное отклонение, вычисленное на базе нормированных интервалов RR, усредненных за каждые 5 минут записи (SDANN, мс).

Учитывая возможную погрешность автоматического анализа ВСП, все результаты были перепроверены вручную. В работу были включены данные холтеровского мониторирования с количеством дефектов записи ЭКГ не более 5%.

Всем больным выполняли ЭхоКГ исследование на аппарате «SonoScape S20 Pro» (SonoScape, Китай) с

датчиком 2,0 мГц. По данным ЭхоКГ пациенты были разделены на группы в зависимости от ФВ ЛЖ: группу 1 (ХСН с сохраненной ФВ (ХСНсФВ) – $\geq 50\%$) составили 77 (81,9%) пациентов, группу 2 (ХСН с умеренно сниженной ФВ (ХСНунФВ) – 41–49%) – 11 (11,7%) и группу 3 (ХСН со сниженной ФВ (ХСНнФВ) – $\leq 40\%$) – 6 (6,4%) больных. Сопоставление групп по возрасту, клинико-anamнестическим данным и принимаемым медикаментам представлено в табл. 1.

С целью подтверждения наличия ХСН у пациентов с ИБС определяли: индекс массы ЛЖ, индекс относительной толщины стенок ЛЖ, индекс объема левого предсердия, доплеровское соотношение E/e' , систолическое давление в легочной артерии и скорость регургитации на трикуспидальном клапане.

Проводилась количественная статистическая оценка зависимости показателей мощности ВСП от ФВ ЛЖ (%).

Дополнительное обследование пациентов включало определение концентрации N-терминального фрагмента мозгового натрийуретического пептида, коронарографию с помощью ангиографа «Artis» (Siemens, Германия), а также оценку тяжести ХСН с помощью теста шестиминутной ходьбы.

Статистический анализ данных проведен с помощью пакета прикладных программ: «StatTech 4.6.3», «MedCalc 8.2», «Statistica 12» и приложения для статистики Microsoft Excel 2010 «Статистические методы». В случае описания количественных показателей, имеющих нормальное распределение, полученные данные объединялись в вариационные ряды, в которых проводился расчет средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Использовали метод множественных сравнений Пирсона, F-критерий Фишера и Критерий Краскела–Уоллиса. Уровень значимости всех статистических тестов был принят за 0,05 ($p < 0,05$).

Результаты

Средний возраст в группе пациентов с ХСНсФВ составил $59,6 \pm 9,7$ лет; в группе с ХСНунФВ – $53,7 \pm 5,2$ года; в группе с ХСНнФВ – $54,1 \pm 3,7$ лет ($p = 0,015$).

Обследуемые получали стандартное медикаментозное лечение, назначаемое при ИБС и ХСН: бета-адреноблокаторы – 73 (94,8%), 11 (100,0%) и 6 (100,0%) больных, $p < 0,05$; ингибиторы АПФ – 51 (66,2%), 10 (90,9%) и 6 (100,0%), $p < 0,05$; статины – 77 (100,0%), 11 (100,0%) и 6 (100,0%), $p < 0,05$; антиагреганты – 77 (100,0%), 11 (100,0%) и 6 (100,0%), $p < 0,05$; диуретики – 21 (27,2%), 10 (90,9%) и 6 (100,0%), $p < 0,05$.

Распространенность снижения показателей ВСР в группах у больных ИБС и ХСН с разными показателями систолической функции ЛЖ представлена в табл. 2.

При оценке порядковых признаков, классифицируемых по тяжести ХСН в зависимости от ФВ ЛЖ (ХСНсФВ, ХСНунФВ и ХСНнФВ) было выявлено, что в группах больных с (ХСНунФВ и, особенно с ХСНнФВ) более низкой ФВ ЛЖ (отмечены достоверно более низкие значения мощности временных (SDNN, SDANN) и спектральных (VLF) показателей ВСР ($p < 0,05$). При попарном сопоставлении групп была выявлена достоверная связь между мощностью показателя SDNN у пациентов с ХСНсФВ и ХСНнФВ ($p = 0,018$). Величина мощности SDANN наиболее достоверно коррелировала между группами ХСНсФВ и ХСНнФВ ($p = 0,021$) и VLF – между когортами обследуемых лиц с ХСНунФВ и ХСНсФВ ($< 0,001$), а также парой групп ХСНсФВ и ХСНнФВ ($< 0,001$).

Мощность показателя nHF продемонстрировала неоднозначную картину зависимости от величины ФВ ЛЖ. В группе 1 (ХСНсФВ) мощность nHF (22 ± 9) была больше, чем в группе 2 (ХСНунФВ) (17 ± 5). Однако, в группе 3 (ХСНнФВ) (40 ± 27) мощность nHF продемонстрировала показатели значительно выше, чем в группах 1 и 2. В тоже время в группе 3 отмечается весьма низкое значение мощностей HF, VLF и LF относительно групп 1 и 2; что может свидетельствовать о снижении обоих звеньев (сим-

патического и парасимпатического) вегетативной нервной системы в данной группе пациентов.

Анализ результатов показал, что мощность временных показателей ВСР (SDNN, SDANN), а также спектральных (VLF, nHF), имела статистически значимую корреляционную связь с тяжестью систолической дисфункции ЛЖ ($p < 0,05$).

Нами проведена оценка взаимосвязи показателей ФВ ЛЖ (%) с мощностью спектральных (VLF, LF, HF и nHF) и временных (VAR, avNN, SDNN, pNN50, rMSSD, SDNNidx, SDANN) показателей ВСР. Методом парной линейной регрессии установлена заметная прямая корреляционная связь между спектральным показателем ВСР VLF и ФВ ($r = 0,617$; $p < 0,001$) и обратная слабая связь nHF с ФВ ЛЖ ($r = -0,287$; $p < 0,05$). Также нами выявлена умеренная прямая корреляция ФВ ЛЖ с временным показателем ВСР SDNN ($r = 0,304$; $p < 0,05$), и слабая прямая корреляция с avNN, SDNN, SDNNidx, SDANN (все $p < 0,05$). В тоже время, показатели VAR, pNN50, rMSSD, LF, HF статистически значимой корреляционной связи с ФВ ЛЖ не продемонстрировали (все $p > 0,05$).

Следует подчеркнуть, что наиболее высоким процентом, объясняющим модель наблюдаемой дисперсии, обладал показатель VLF ($R^2 = 38,0\%$; $p < 0,001$) (табл. 3).

Обсуждение

При количественном анализе взаимосвязи ФВ

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов
Table 1. Clinical characteristics of patients

| Показатели / Parameters | 1 группа (ХСНсФВ / Group 1 (CHFpEF) | 2 группа (ХСНунФВ / Group 2 (CHFmrEF) | 3 группа (ХСНнФВ / Group 3 (CHFrfEF) | p-уровень / p-level |
|--|--|--|---|---|
| Количество пациентов / Number of patients | 77 | 11 | 6 | – |
| Средний возраст, лет / Average age, year (M ± SD) | 59,6 ± 9,7 | 53,7 ± 5,2 | 54,1 ± 3,7 | 0,015 |
| ИБС, количество / CAD, number (%) | 77 (100,0%) | 11 (100,0%) | 6 (100,0%) | – |
| Сердечная недостаточность / Heart failure: | | | | |
| ФК I, количество / functional class 1, number (%) | 15 (19,5%) | 0 (0%) | 0 (0%) | $< 0,001$ p (ФК / FC I–III) = 0,002 p (ФК / FC II–III) < 0,001 p (ФК / FC II–IV) < 0,001 |
| ФК II, количество / class 2, number (%) | 58 (75,3%) | 4 (36,4) | 0 (0%) | |
| ФК III, количество / class 3, number (%) | 3 (3,9%) | 7 (63,6) | 3 (50,0%) | |
| ФК IV, количество / class 4, number (%) | 1 (1,3%) | 0 (0%) | 3 (50,0%) | |
| Принимаемые лекарства / Drug therapy: | | | | |
| бета-адреноблокаторы, количество / beta-blockers, number (%) | 73 (94,8%) | 11 (100,0%) | 6 (100,0%) | < 0,05 |
| ингибиторы АПФ, количество / ACE inhibitors, number (%) | 51 (66,2%) | 10 (90,9%) | 6 (100,0%) | < 0,05 |
| статины, количество / statins, number (%) | 77 (100,0%) | 11 (100,0%) | 6 (100,0%) | < 0,05 |
| антиагреганты, количество / antiplatelet, number (%) | 77 (100,0%) | 11 (100,0%) | 6 (100,0%) | < 0,05 |
| диуретики, количество / diuretics, number (%) | 21 (27,2%) | 10 (90,9%) | 6 (100,0%) | < 0,05 |

Примечание: АПФ – ангиотензинпревращающий фермент; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ФК – функциональный класс; ХСНнФВ – хроническая сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса; ХСНсФВ – хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса; ХСНунФВ – хроническая сердечная недостаточность с умеренно сниженной фракцией выброса.

Note: ACE – angiotensin-converting enzyme; CAD – coronary artery disease; CHFmrEF – chronic heart failure with moderately reduced ejection fraction; CHFpEF – chronic heart failure with preserved ejection fraction; CHFrfEF – chronic heart failure with reduced ejection fraction; FC – functional class.

ЛЖ и мощности спектральных показателей ВСП нами установлена заметная прямая корреляционная связь с VLF. Хотя в настоящее время изученность данного показателя невелика, существуют данные о зависимости от ренин-ангиотензин-альдостероновой системы [8]. Также важность величины VLF описывается при прогнозе фатальных и не фатальных сердечно-сосудистых событий после инфаркта миокарда [3]. Известно, что мощность очень низких частот ВСП характеризует активность симпатического звена и при значительном снижении данного показателя свидетельствует об энергодефиците [9]. Одним из важнейших механизмов прогрессирования ХСН являются изменения ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Ряд авторов отмечает, что повышенная выработки провоспалительных маркеров (фактор некроза опухоли α , С-реактивный белок и интерлейкин-6) [10] и нарушение регуляции сердечно-сосудистой системы на фоне гиперсекреции ренина, норадреналина и альдостерона, приводит к общему снижению

мощности показателей ВСП. По нашему мнению, большой потенциал имеет более глубокое изучение взаимосвязи мощности VLF с такими гормонами, как ангиотензин-2, ангиотензин-превращающий фермент, ренин и альдостерон, что позволит повысить уровень познания в области взаимосвязи нейрогуморальной и сердечно-сосудистой системы.

Нарушения вегетативного баланса оказывают существенное непосредственное влияние на процессы становления и прогрессирования ХСН с систолической дисфункцией, вплоть до ХСНнФВ [6]. Данный механизм проявляет себя в виде преобладания симпатической активности, за счет более выраженного угнетения парасимпатической [7]. В нашем исследовании подтверждается данная закономерность, в группах больных с более выраженной систолической дисфункцией ЛЖ отмечено снижение общей мощности временных и спектральных показателей ВСП. При оценке мощности nHF было выявлено, что данный показатель в группе пациентов с ХСНунФВ (17 ± 5) был ниже, чем в группе с ХСНсФВ (22 ± 9),

Таблица 2. Сравнение показателей ВСП за сутки у пациентов с различной ФВ ЛЖ по данным ЭхоКГ
Table 2. Comparison of daily HRV indices in patients with different LVEF according to echocardiography data

| Показатели / Parameters | 1 группа (ХСНсФВ) / Group 1 (CHFpEF) | 2 группа (ХСНунФВ) / Group 2 (CHFmrEF) | 3 группа (ХСНнФВ) / Group 3 (CHFrfEF) | F-критерий Фишера / Fischer's F-criterion |
|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| | M \pm SD | M \pm SD | M \pm SD | |
| VAR, мс / ms | 1288 \pm 856 | 1137 \pm 648 | 859 \pm 448 | 0,429 |
| avNN, мс / ms | 827 \pm 111 | 784 \pm 65 | 751 \pm 146 | 0,158 |
| SDNN, мс / ms | 138 \pm 40 | 127 \pm 35 | 91 \pm 43 | 0,021* p (ХСНсФВ – ХСНнФВ / CHFpEF – CHFrfEF) = 0,018* |
| pNN50, % | 5 \pm 6 | 3 \pm 3 | 5 \pm 10 | 0,806 |
| rMSSD, мс / ms | 27 \pm 19 | 23 \pm 8 | 24 \pm 17 | 0,757 |
| SDNNidx, мс / ms | 46 \pm 15 | 42 \pm 11 | 34 \pm 13 | 0,187 |
| SDANN, мс / ms | 126 \pm 39 | 117 \pm 35 | 82 \pm 43 | 0,026* p (ХСНсФВ – ХСНнФВ / CHFpEF – CHFrfEF) = 0,021* |
| VLF, мс ² / ms ² | 1622 \pm 417 | 1059 \pm 307 | 589 \pm 152 | < 0,001* p (ХСНунФВ – ХСНсФВ / CHFmrEF – CHFpEF) < 0,001* p (ФВсФВ – ФВнФВ / CHFpEF – CHFrfEF) < 0,001* |
| LF, мс ² / ms ² | 783 \pm 677 | 735 \pm 686 | 268 \pm 262 | 0,191 |
| HF, мс ² / ms ² | 235 \pm 315 | 143 \pm 77 | 123 \pm 107 | 0,457 |
| nHF, % | 22 \pm 9 | 17 \pm 5 | 40 \pm 27 | 0,05* |

Примечание: n – количество пациентов; M \pm SD – среднее значение со стандартным отклонением; p-уровень – уровень значимости; * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$); ХСНнФВ – хроническая сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса; ХСНсФВ – хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса; ХСНунФВ – хроническая сердечная недостаточность с умеренно сниженной фракцией выброса; avNN – средняя длительность нормированного интервала RR; HF – высокие частоты; LF – низкие частоты; nHF – нормализованная мощность в диапазоне высоких частот; pNN50 – доля смежных нормированных RR-интервалов, межинтервальные различия между которыми превосходят 50 мс; rMSSD – среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий; SDANN – среднеквадратичное отклонение, вычисленное на базе нормированных интервалов RR, усредненных за каждые 5 минут записи; SDNN – среднеквадратичное отклонение нормированных интервалов RR; SDNNidx – среднее из 5-минутных стандартных отклонений по всему массиву записи; VAR – вариационный размах как разность между максимальным и минимальным значениями интервалов RR; VLF – очень низкие частоты.

Note: n – number of patients; M \pm SD – mean value with standard deviation; p-level – significance level; * – differences in indicators are statistically significant ($p < 0,05$); avNN is the average duration of the normalized NN interval; CHFmrEF – chronic heart failure with moderately reduced ejection fraction; CHFpEF – chronic heart failure with preserved ejection fraction; CHFrfEF – chronic heart failure with reduced ejection fraction; HF – high frequencies; LF – low frequencies; nHF – normalized power in the high frequency range; pNN50 – proportion of adjacent normalized NN intervals with interval differences exceeding 50 ms; rMSSD – standard deviation of interval differences; SDANN – standard deviation calculated on the basis of normalized NN intervals averaged over every 5 minutes of recording; SDNN – standard deviation of the normalized NN intervals; SDNNidx – average of 5-minute standard deviations over the entire recording array; VAR – variation range as the difference between the maximum and minimum values of the NN intervals; VLF – very low frequencies.

однако наблюдаемая тенденция мощности nHF поменялась в группе ХСНнФВ (40 ± 27). Как видим, данный показатель продемонстрировал разнонаправленное движение при разных уровнях ХСН ($p = 0,005$). Также отмечалось более низкое значение мощностей VLF ($p < 0,001$), LF ($p = 0,191$) по сравнению с HF ($p = 0,457$) в группе пациентов с ХСНнФВ. Это указывало на более выраженное снижение симпатической активности относительно парасимпатической, вплоть до преобладания вагуса. Таким образом, нами был сделан вывод о высокой частоте случаев декомпенсации звеньев вегетативной регуляции у пациен-

тов в группе с ХСНнФВ, что, несомненно, указывает на высокие сердечно-сосудистые риски.

Нами была выявлена достоверно значимая связь между группами пациентов распределенных в зависимости от тяжести ХСН по ФВ ЛЖ и временными показателями VCP SDNN ($p = 0,021$) и SDANN ($p = 0,026$).

При количественной статистической оценке мощности временных показателей VCP и величины ФВ ЛЖ (%) без деления на группы была выявлена корреляция для avNN ($r = 0,207$; $p = 0,046$), SDNN ($r = 0,304$; $p = 0,003$), SDNNidx ($r = 0,213$; $p = 0,039$), SDANN ($r = 0,296$; $p = 0,004$). Следовательно, наибольшей теснотой связи по шкале Чеддока среди временных показателей VCP обладал SDNN (прямая умеренная корреляция). Нами сделан вывод о снижении мощности показателя SDNN (мс) вместе с величиной ФВ ЛЖ (%). При сопоставлении полученных нами результатов с данными других авторов были найдены результаты обследования популяционного Роттердамского исследования. В данной работе ученым удалось установить значимую корреляцию между мощностью RMSSD и SDNN с параметрами трансмитрального кровотока и размерами левого предсердия [6]. В исследовании Гракова Е.В. с соавт., (2023) указывается прямая взаимосвязь SDANN и SDNNidx с уровнем диастолического миокардиального стресса, величиной сердечно-сосудистого сопротивления и величиной давления наполнения ЛЖ [11]. Отклонения данных ультразвуковых параметров также наблюдались и в наших группах пациентов, что может являться причиной данной взаимосвязи.

Следует также отметить, что причиной нарушения вегетативного баланса являются и другие заболевания, которые часто сопутствуют пациентам с ИБС. Сахарный диабет и ожирение вносят немалый вклад в патофизиологию данных отклонений вегетативной нервной системы [9, 12, 13]. Однако, в виду отсутствия контроля оценки гликозилированного гемоглобина в нашем исследовании и небольшого размера выборки пациентов, значимость данных факторов риска сердечно-сосудистых осложнений рассмотрена не была.

В настоящее время основной механизм вегетативной дисфункции сердечно-сосудистой системы у пациентов с ИБС в достаточной степени не изучен. Однако большинство авторов склоняются к гипотезе, что нарушение микроциркуляции является триггером метаболических нарушений, которые, в свою очередь, приводят к дисфункции нейрогуморальной системы и прогрессированию ХСН [13, 14].

Дальнейшее изучение величин VCP имеет большой потенциал у пациентов с ИБС при правильной трактовке и сопоставлении полученных результатов с учетом сопутствующих заболеваний, а также гендерных, антропометрических и возрастных различий.

Таблица 3. Прогностическая модель зависимости показателей VCP от ФВ ЛЖ (метод парной линейной регрессии)

Table 3. Prognostic model of the dependence of HRV indicators on LVEF (paired linear regression method)

| Показатели / Parameters | R ² (%) | r | Теснота связи / Closeness of communication | p-уровень / p-level |
|---|--------------------|--------------|--|---------------------|
| VAR, мс / ms | 0,5 | 0,071 | Отсутствует / Not present | 0,495 |
| avNN, мс / ms | 4,3 | 0,207 | Слабая / Low | 0,046* |
| SDNN, мс / ms | 9,2 | 0,304 | Умеренная / Medium | 0,003* |
| pNN50, % | 0,0 | -0,009 | Отсутствует / Not present | 0,934 |
| rMSSD, мс / ms | 0,1 | 0,029 | Отсутствует / Not present | 0,783 |
| SDNNidx, мс / ms | 4,5 | 0,213 | Слабая / Low | 0,039* |
| SDANN, мс / ms | 8,8 | 0,296 | Слабая / Low | 0,004* |
| VLF, мс² / ms² | 38,0 | 0,617 | Заметная / Notable | < 0,001* |
| LF, мс ² / ms ² | 3,3 | 0,183 | Слабая / Low | 0,078 |
| HF, мс ² / ms ² | 1,3 | 0,115 | Слабая / Low | 0,268 |
| nHF, % | 8,2 | -0,287 | Слабая / Low | 0,005* |

Примечание: R² – коэффициент детерминации; r – линейный коэффициент корреляции; p-уровень – уровень значимости; * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$); avNN – средняя длительность нормированного интервала RR; HF – высокие частоты; LF – низкие частоты; nHF – нормализованная мощность в диапазоне высоких частот; pNN50 – доля смежных нормированных RR-интервалов, межинтервальные различия между которыми превосходят 50 мс; rMSSD – среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий; SDANN – среднеквадратичное отклонение, вычисленное на базе нормированных интервалов RR, усредненное за каждые 5 минут записи; SDNN – среднеквадратичное отклонение нормированных интервалов RR; SDNNidx – среднее из 5-минутных стандартных отклонений по всему массиву записи; VAR – вариационный размах как разность между максимальным и минимальным значениями интервалов RR; VLF – очень низкие частоты.

Note: R² – coefficient of determination; r – linear correlation coefficient; p-level – significance level; * – differences in indicators are statistically significant ($p < 0,05$); avNN is the average duration of the normalized NN interval; HF – high frequencies; LF – low frequencies; nHF – normalized power in the high frequency range; pNN50 – proportion of adjacent normalized NN intervals with interval differences exceeding 50 ms; rMSSD – standard deviation of interval differences; SDANN – standard deviation calculated on the basis of normalized NN intervals averaged over every 5 minutes of recording; SDNN – standard deviation of the normalized NN intervals; SDNNidx – average of 5-minute standard deviations over the entire recording array; VAR – variation range as the difference between the maximum and minimum values of the NN intervals; VLF – very low frequencies.

Ограничение исследования

Учитывая относительно небольшой размер выборки пациентов, проведение надежного анализа для выявления достоверной связи некоторых из показателей ВСП связанных с ФВ ЛЖ оказалось сомнительным. Также следует учитывать влияние коморбидности пациентов на показатели ВСП, что может исказить результаты исследования. Большую роль в оценке ВСП оказывают принимаемые пациентами медикаменты, в частности бета-адреноблокаторы.

Заключение

У пациентов с ИБС снижение общей мощности ВСП ассоциировано с более тяжелым течением ХСН. Вегетативный баланс в разных группах ХСН по ФВ ЛЖ различен. Так, 1 группа (ХСНсФВ) пациентов характеризовалась показателями мощности ВСП, которые указывали на незначительное отклонение баланса вегетативной нервной системы в сторону преобладания активности симпатического звена. В группе 2 (ХСНунФВ) показатели variability сердечного ритма характеризовали симпатикотонию. В группе 3 (ХСНнФВ) выявлено преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы ($p < 0,05$).

Информация об авторах

Игнатенко Григорий Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней с лабораторией адаптационной медицины, ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Донецк, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3611-1186

Щукина Елена Викторовна, доктор медицинских наук, доцент заведующая кафедрой внутренних болезней № 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Донецк, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9022-6155

Сарбаш Иван Васильевич, врач-кардиолог, врач функциональной диагностики кардиологического диспансера государственного бюджетного учреждения Донецкой Народной Республики «Республиканская клиническая больница имени М.И. Калинина», Донецк, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0001-4600-1143

Вклад авторов в статью

ИГА – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЩЕВ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СИВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Мощность показателя VLF относительно количественного показателя ФВ ЛЖ (%) обладала наиболее высоким процентом объясняющим модель наблюдаемой дисперсии ($R^2 = 38,0\%$; $p < 0,001$) и наиболее сильной (заметной по шкале Чеддока) прямой корреляционной связью ($r = 0,617$; $p < 0,001$) относительно других показателей ВСП. Это может быть свидетельством о взаимосвязи данного показателя с дисфункцией ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и об энергодефиците, которые обусловлены ХСН. Определены средние значения мощности VLF (m^2), которые могут использоваться для ранней диагностики и классификации тяжести нейрогуморальных осложнений при ХСН: ХСНсФВ – 1622 ± 417 ; ХСНунФВ – 1059 ± 307 ; ХСНнФВ – 589 ± 152 ($p < 0,001$).

Конфликт интересов

Г.А. Игнатенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.В. Щукина заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.В. Сарбаш заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Author Information Form

Ignatenko Grigory A., PhD, Professor, Head of the Department of Propaedeutic Internal Disease with Laboratory Adaptation Medicine, Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Donetsk State Medical University named after M. Gorky” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Donetsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3611-1186

Shchukina Elena V., PhD, Associate Professor, Head of the Department of Internal Medicine № 1 of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Donetsk State Medical University named after M. Gorky” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Donetsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9022-6155

Sarbash Ivan V., cardiologist, functional diagnostics doctor of the Cardiological Dispensary State Budgetary Institution of the Donetsk People's Republic “M.I. Kalinin Republican Clinical Hospital”, Donetsk, Russian Federation; **ORCID** 0009-0001-4600-1143

Author Contribution Statement

IGA – contribution to the concept and design of the study, data analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

ShchEV – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SIV – contribution to the concept and design of the study, data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baig M., Moafi-Madani M., Qureshi R. et al. Heart rate variability and the risk of heart failure and its subtypes in postmenopausal women: The Women's Health Initiative study. *PLoS One*. 2022; 25; 17(10): e0276585. DOI: 10.1371/journal.pone.0276585.
2. Borovac J.A., Glavas D., Grabovac Z.S. et al. Circulating sST2 and catestatin levels in patients with acute worsening of heart failure: a report from the CATSTAT-HF study. *ESC Heart Fail*. 2020; 7(5): 2818–2828. DOI: 10.1002/ehf2.12882.
3. Fang S.C., Wu Y.L., Tsai P.S. Heart Rate Variability and Risk of All-Cause Death and Cardiovascular Events in Patients With Cardiovascular Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Biol. Res. Nurs*. 2020; 22(1):45–56. DOI: 10.1177/1099800419877442.
4. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика. *Клиническая информатика и телемедицина*. 2004. Т.1, №1; 54–64.
5. Галывич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29(11): 6162. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6162.EDNWKIDLJ.
6. Arshi B., Geurts S., Tilly M.J. et al. Heart rate variability is associated with left ventricular systolic, diastolic function and incident heart failure in the general population. *BMC Med*. 2022; 20(1): 91. DOI: 10.1186/s12916-022-02273-9.
7. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front. Public Health*. 2017; 28:5:258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.
8. Флейшман А.Н., Кораблина Т.В., Петровский С.А. и др. Сложная структура и нелинейное поведение Very Low Frequency variability ритма сердца: Модели анализа и практические приложения. *Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика*. 2014; т. 22, № 1; 55–70. DOI: 10.18500/0869-6632-2014-22-1-55-70.
9. Шлык Н. И. Variability сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: метод. Пособие. Ижевск: Удмуртский университет, 2022; 80.
10. Adamczak D.M., Oduah M.T., Kiebalo T. et al. Heart Failure with Preserved Ejection Fraction—a Concise Review. *Curr. Cardiol. Rep*. 2020; 22(9): 82. DOI: 10.1007/s11886-020-01349-3.
11. Гракова Е.В., Копьева К.В., Гусакова А.М. и др. Сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса левого желудочка при неокклюзирующем коронарном атеросклерозе: клиническая полезность оценки variability сердечного ритма. *Бюллетень сибирской медицины*. 2023; 22(2): 28–38. doi.org/10.20538/1682-0363-2023-2-28-38.
12. Ageev Ф.Т., Овчинников А.Г. Лечение пациентов с сердечной недостаточностью и сохраненной фракцией выброса: опора на клинические фенотипы. *Кардиология*. 2022; 62 (7): 44–53. doi.org/10.18087/cardio.2022.7.n2058.
13. Shah S.J., Lam C.S.P., Svedlund S. et al. Prevalence and correlates of coronary microvascular dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction: PROMIS-HFpEF. *Eur. Heart J*. 2018; 39(37): 3439–3450. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy531.
14. Копьева К.В., Мальцева А.Н., Мочула А.В. и др. Роль микроваскулярной дисфункции в патогенезе сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. *Казанский медицинский журнал*. 2022;103(6): 918–927. DOI: 10.17816/KMJ109034.

REFERENCES

1. Baig M., Moafi-Madani M., Qureshi R. et al. Heart rate variability and the risk of heart failure and its subtypes in postmenopausal women: The Women's Health Initiative study. *PLoS One*. 2022; 25; 17(10): e0276585. DOI: 10.1371/journal.pone.0276585.
2. Borovac J.A., Glavas D., Grabovac Z.S. et al. Circulating sST2 and catestatin levels in patients with acute worsening of heart failure: a report from the CATSTAT-HF study. *ESC Heart Fail*. 2020; 7(5): 2818–2828. DOI: 10.1002/ehf2.12882.
3. Fang S.C., Wu Y.L., Tsai P.S. Heart Rate Variability and Risk of All-Cause Death and Cardiovascular Events in Patients With Cardiovascular Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Biol. Res. Nurs*. 2020; 22(1):45–56. DOI: 10.1177/1099800419877442.
4. Baevskii R.M. Heart rate variability analysis: history and philosophy, theory and practice. *Clinical informatics and telemedicine*. 2004. Vol.1, No.1; 54–64 [in Russian].
5. Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M. et al. Chronic heart failure. *Clinical guidelines 2024*. *Russian journal of cardiology*. 2024; 29(11): 6162. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6162.EDNWKIDLJ [in Russian].
6. Arshi B., Geurts S., Tilly M.J. et al. Heart rate variability is associated with left ventricular systolic, diastolic function and incident heart failure in the general population. *BMC Med*. 2022; 20(1): 91. DOI: 10.1186/s12916-022-02273-9.
7. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front. Public Health*. 2017; 28:5:258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.
8. Fleishman A.N., Korablina T.V., Petrovskii S.A. et al. Complex Structure and Nonlinear Behavior of Very Low Frequency Heart Rate Variability: Models of Analysis and Practical Applications. *Proceedings of Higher Education Institutions. Applied Nonlinear Dynamics*. 2014; Vol. 22, No. 1; 55–70. DOI: 10.18500/0869-6632-2014-22-1-55-70. [in Russian].
9. Shlyk N. I. Heart rate variability and methods for its determination in athletes during the training process: Method. Manual. Izhevsk: Udmurt University, 2022; 80 [in Russian].
10. Adamczak D.M., Oduah M.T., Kiebalo T. et al. Heart Failure with Preserved Ejection Fraction—a Concise Review. *Curr. Cardiol. Rep*. 2020; 22(9): 82. DOI: 10.1007/s11886-020-01349-3.
11. Grakova E.V., Kop'eva K.V., Gusakova A.M. et al. Heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in non-occlusive coronary atherosclerosis: clinical utility of heart rate variability assessment. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2023; 22(2): 28–38. doi.org/10.20538/1682-0363-2023-2-28-38 [in Russian].
12. Ageev F.T., Ovchinnikov A.G. Treatment of patients with heart failure and preserved ejection fraction: reliance on clinical phenotypes. *Cardiology*. 2022; 62 (7): 44–53. doi.org/10.18087/cardio.2022.7.n2058 [in Russian].
13. Shah S.J., Lam C.S.P., Svedlund S. et al. Prevalence and correlates of coronary microvascular dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction: PROMIS-HFpEF. *Eur. Heart J*. 2018; 39(37): 3439–3450. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy531.
14. Kop'eva K.V., Mal'tseva A.N., Mochula A.V. et al. The role of microvascular dysfunction in the pathogenesis of heart failure with preserved ejection fraction. *Kazan Medical Journal*. 2022; 103(6): 918–927. DOI: 10.17816/KMJ109034 [in Russian].

Для цитирования: Игнатенко Г.А., Щукина Е.В., Сарбаш И.В. Взаимосвязь variability сердечного ритма и фракции выброса левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца и хронической сердечной недостаточностью. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2025;14(4): 28–36. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-4-28-36

To cite: Ignatenko G.A., Shchukina E.V., Sarbash I.V. Relationship between heart rate variability and left ventricular ejection fraction in patients with coronary heart disease and chronic heart failure. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2025;14(4): 28–36. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-4-28-36