

Г.А. Игнатенко¹, Е.В. Щукина¹, И.В. Сарбаш^{2✉}, И.Я. Моисеева³, О.К. Зенин³

Связь вариабельности сердечного ритма и функционального класса хронической сердечной недостаточности ишемического генеза

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Донецк, Российская Федерация

² ГБУ ДНР «Республиканская клиническая больница им. М.И. Калинина», Донецк, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Российская Федерация

Игнатенко Григорий Анатольевич, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней с лабораторией адаптационной медицины, ректор; orcid.org/0000-0003-3611-1186

Щукина Елена Викторовна, д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней № 1; orcid.org/0000-0002-9022-6155

✉ **Сарбаш Иван Васильевич**, врач-кардиолог, врач функциональной диагностики, orcid.org/0009-0001-4600-1143, e-mail: sarbash1993@yandex.ru

Моисеева Инесса Яковлевна, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологии; orcid.org/0000-0003-1168-2871

Зенин Олег Константинович, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры нормальной анатомии; orcid.org/0000-0002-5447-1989

Резюме

Цель исследования – определить взаимосвязь между показателями вариабельности сердечного ритма и функциональным классом хронической сердечной недостаточности (НУНА) у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС).

Материал и методы. Интервалы RR определялись по данным исследования комплекса для многосуточного мониторинга электрокардиограммы (ЭКГ) у 94 пациентов с ИБС. В зависимости от функционального класса (ФК) хронической сердечной недостаточности по НУНА пациенты были разделены на группы. При классификации учитывались результаты теста с 6-минутной ходьбой и показатели вариабельности сердечного ритма по данным холтеровского мониторинга ЭКГ.

Результаты. Установлено, что более высокий функциональный класс хронической сердечной недостаточности по НУНА у пациентов с ишемической болезнью сердца сопряжен с более низким значением среднеквадратичного отклонения нормированных интервалов RR SDNN ($p < 0,001$), мощности SDNNidx ($p < 0,008$), SDANN ($p < 0,001$), очень низких частот (VLF) ($p < 0,001$), низких частот (LF) ($p < 0,013$) и более высоким значением нормализованной мощности в диапазоне высоких частот pHF ($p < 0,001$). Выявлено, что мощность VLF относительно функционального класса хронической сердечной недостаточности по НУНА имела наиболее высокий процент ($R^2 = 75,4\%$; $p < 0,001$), объясняющий модель наблюдаемой дисперсии и наиболее сильную обратную корреляционную связь ($r = -0,869$; $p < 0,001$). Установлены средние значения ($M \pm SD$) мощности VLF (mc^2) относительно функционального класса ХСН по НУНА: I ФК – $2087,6 \pm 205,6$, II ФК – $1573,4 \pm 279,1$, III ФК – $764,5 \pm 115,6$, IV ФК – $453,8 \pm 38,1$.

Заключение. Для пациентов с ишемической болезнью сердца и хронической сердечной недостаточностью характерны выраженные нарушения вариабельности сердечного ритма, которые свидетельствуют о наличии дисбаланса между симпатической и парасимпатической активностью вегетативной нервной системы. Мощность VLF имеет сильную обратную корреляцию с функциональным классом ХСН по НУНА. В перспективе мощность показателя VLF может использоваться для классификации степени нейрогуморальных нарушений при хронической сердечной недостаточности с целью дальнейшей стратификации рисков и тактики ведения пациентов с ишемической болезнью сердца.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, хроническая сердечная недостаточность, ишемическая болезнь сердца, функциональный класс, нейрогуморальные нарушения

Для цитирования: Игнатенко Г.А., Шукина Е.В., Сарбаш И.В., Моисеева И.Я., Зенин О.К. Взаимосвязь variability сердечного ритма и функционального класса хронической сердечной недостаточности ишемического генеза. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2025; 26 (1): 49–57. DOI: 10.24022/1810-0694-2025-26-1-49-57

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 16.01.2025

Поступила после доработки 06.02.2025

Принята к печати 11.02.2025

G.A. Ignatenko¹, E.V. Shchukina¹, I.V. Sarbash²✉, I.Ya. Moiseeva³, O.K. Zenin³

Relationship between heart rate variability and functional class of ischemic chronic heart failure

¹ Donetsk State Medical University named after M. Gorky, Donetsk, Russian Federation

² Republican Clinical Hospital named after M.I. Kalinin, Donetsk, Russian Federation

³ Penza State University, Penza, Russian Federation

Grigoriy A. Ignatenko, Dr. Med. Sci., Professor, Chief of Chair; orcid.org/0000-0003-3611-1186

Elena V. Shchukina, Dr. Med. Sci., Associate Professor, Chief of Chair; orcid.org/0000-0002-9022-6155

✉ **Ivan V. Sarbash**, Cardiologist, Functional Diagnostician; orcid.org/0009-0001-4600-1143, e-mail: sarbash1993@yandex.ru

Inessa Ya. Moiseeva, Dr. Med. Sci., Professor, Chief of the Department; orcid.org/0000-0003-1168-2871

Oleg K. Zenin, Dr. Med. Sci., Professor, Professor of the Department; orcid.org/0000-0002-5447-1989

Abstract

Objective: to determine the relationship between heart rate variability indices and the functional class of chronic heart failure (NYHA) in patients with coronary heart disease.

Materials and methods. RR intervals were determined based on the data of a multi-day ECG monitoring complex study in 94 patients with coronary heart disease. Depending on the functional class of chronic heart failure according to NYHA, patients were divided into groups. The classification took into account the results of the six-minute walk test and heart rate variability indices according to Holter ECG monitoring.

Results. It was found that a higher NYHA functional class (FC) of chronic heart failure in patients with coronary heart disease was associated with a lower value of SDNN ($p < 0.001$), SDNNdx ($p < 0.008$), SDANN ($p < 0.001$), VLF ($p < 0.001$), LF ($p < 0.013$) power and a higher value of nHF power ($p < 0.001$). It was revealed that the VLF power relative to the NYHA functional class of chronic heart failure had the highest percentage ($R^2 = 75.4\%$; $p < 0.001$) explaining the model of the observed variance and the strongest inverse correlation ($r = -0.869$; $p < 0.001$). The mean values ($M \pm SD$) of VLF power (ms^2) relative to the NYHA functional class of chronic heart failure were established: I FC – 2087.6 ± 205.6 ; II FC – 1573.4 ± 279.1 ; III FC – 764.5 ± 115.6 ; IV FC – 453.8 ± 38.1 .

Conclusion. Patients with coronary heart disease and chronic heart failure are characterized by pronounced disturbances of heart rate variability, which indicate an imbalance between the sympathetic and parasympathetic activity of the autonomic nervous system. The VLF power has a strong inverse correlation with the functional class of chronic heart failure according to NYHA. In the future, the power of the VLF indicator can be used to classify the degree of neurohumoral disorders in chronic heart failure for the purpose of further risk stratification and management of patients with coronary heart disease.

Key words: heart rate variability, chronic heart failure, coronary heart disease, functional class, neurohumoral disorders

For citation: Ignatenko G.A., Shchukina E.V., Sarbash I.V., Moiseeva I.Ya., Zenin O.K. Relationship between heart rate variability and functional class of ischemic chronic heart failure. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2025; 26 (1): 49–57 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2025-26-1-49-57

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received January 16, 2025

Revised February 6, 2025

Accepted February 11, 2025

Введение

Изменения баланса вегетативной нервной системы не только могут характеризовать степень хронической сердечной недостаточности (ХСН), но также являются

механизмом, участвующим в развитии и прогрессировании данного заболевания [1–3].

Существуют данные, подтверждающие взаимосвязь variability сердечного ритма (ВСР) с провоспалительными факторами и параметрами коагуляции крови у пациен-

тов с ХСН, имеющих высокий риск развития сердечно-сосудистых осложнений [4–7]. Было установлено, что стимуляция холинергического противовоспалительного пути приводит к снижению количества белков системного воспаления (что осуществляется путем эфферентного ингибирования высвобождения провоспалительных факторов вагусным нервом) [8]. Кроме того, активация никотинового ацетилхолинового рецептора $\alpha 7$, которая происходит за счет стимуляции вагусного нерва, способна обеспечить антиоксидантные и противовоспалительные эффекты [9].

В ряде исследований была подтверждена взаимосвязь изменений ВСР с прогрессированием ишемической болезни сердца (ИБС) [10, 11]. Анализ источников литературы показал, что отклонения ВСР у пациентов с ИБС связаны с вегетативными нарушениями, которые являлись следствием мультисосудистого поражения коронарных артерий [12]. Известно, что общее снижение ВСР у больных с ИБС связано с выраженностью ХСН, прогрессированием систолической и диастолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ), возрастом, поздним постинфарктным ремоделированием сердца [13], а также может служить причиной электрической нестабильности сердца [14, 15].

Продолжение исследования взаимосвязи ВСР и ХСН у пациентов с ИБС остается востребованным в связи с тем, что нередко варьируются во временных диапазонах записи холтеровского мониторирования электрокардиограммы (ЭКГ) с различным процентом артефактов и нарушений ритма, а также ввиду гендерных и фенотипических особенностей пациентов.

Кроме того, в настоящее время достоверно не известен лидирующий механизм того, как ИБС приводит к дисбалансу вегетативного влияния сердечно-сосудистой системы. Однако существует мнение, что баланс между долговременными и кратковременными компонентами ВСР при прогрессировании атеросклероза коронарных артерий изменяется в сторону преобладания симпатической активности за счет подавления парасимпатической активности [11, 16, 17], что является подтверждением гипотезы о взаимосвязи показателей ВСР с коронарным атеросклерозом [18]. Немаловажно мнение о том, что наличие атеросклероза коронарных артерий не является обя-

зательным фактором отклонения ВСР от нормы. Причиной таких изменений может стать и нарушение микроциркуляторного русла сердечной мышцы у больных с характерным ангинозным синдромом [19]. В свою очередь, метаболические изменения сердца приводят к нарушению баланса нейрогуморальной системы, что становится причиной ХСН [20].

Цель – определить взаимосвязь между показателями ВСР и функциональным классом (ФК) ХСН (NYHA) у пациентов с ИБС.

Материал и методы

В исследование были включены 94 пациента с ИБС и ХСН, которые наблюдались в кардиологическом диспансере ГБУ ДНР «РКБ им. М.И. Калинина» (Донецк) в период 2022–2023 гг., из них 47 – мужского пола и 47 – женского. У пациентов, включенных в исследование, наблюдались следующие факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний: ожирение (индекс массы тела более 30) – у 43 (45,8%), курение – у 29 (30,8%), гиперхолестеринемия – у 94 (100%), гипергликемия – у 18 (19,1%), артериальная гипертензия – у 80 (85,1%) пациентов. Критериями включения считались наличие ИБС с ХСН. Диагноз устанавливался на основании рекомендаций Евразийской ассоциации кардиологов и Американской кардиологической ассоциации. Пациентами было подписано информированное согласие. Постоянная форма фибрилляции предсердий, декомпенсированный порок сердца, синдром слабости синусового узла являлись критериями исключения. Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией 1964 г. и последующими поправками, а также этическими стандартами институционального и национального исследовательских комитетов.

Больным проводили следующие исследования: тест с 6-минутной ходьбой и холтеровское мониторирование ЭКГ с определением мощности показателей ВСР: очень низкие частоты (VLF, мс^2); низкие частоты (LF, мс^2); высокие частоты (HF, мс^2); нормализованная мощность в диапазоне высоких частот (pHF, %); вариационный размах как разность между максимальным и минимальным значениями интервалов RR (VAR, мс); средняя длительность нормированного интервала RR (avNN, мс); среднеквадратичное отклонение нормированных интервалов RR (SDNN,

мс); доля смежных нормированных интервалов RR, межинтервальные различия между которыми превосходят 50 мс (pNN50, %); среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий (rMSSD, мс); среднее из 5-минутных стандартных отклонений по всему массиву записи (SDNNidx, мс); среднеквадратичное отклонение, вычисленное на базе нормированных интервалов RR, усредненных за каждые 5 мин записи (SDANN, мс). В зависимости от ФК ХСН (NYHA) пациенты были разделены на группы. По рекомендациям NYHA на основании проведения теста с 6-минутной ходьбой определялся ФК ХСН (0 ФК – более 550 м, I ФК – 426–550 м, II ФК – 301–425 м, III ФК – 151–300 м, IV ФК – менее 150 м). Мощность показателей ВСР вычислялась с помощью комплекса для холтеровского мониторинга электрокардиограммы и программного обеспечения «Кардиотехника-07-3/12» «ИНКАРТ» (ООО «Инкарт», Санкт-Петербург). Величины определялись по заданным граничным интервалам спектрального анализа ВСР (VLF 0,005–0,04 Гц; LF 0,04–0,15 Гц; HF 0,15–0,4 Гц). Для анализа коротких участков ритмограммы использовали от 9 до 33 интервалов RR. Были определены величины следующих временных показателей ВСР: VAR (мс), avNN (мс), SDNN (мс), pNN50 (%), rMSSD, SDNNidx (мс), SDANN (мс).

Статистический анализ данных проведен с помощью пакета прикладных программ StatTech 4.6.3, MedCalc 8.2, Statistica 12 и при-

ложения для статистики Microsoft Excel 2010 «Статистические методы». Определялись следующие показатели описательной статистики: среднее (М), минимум, максимум, ошибка средней арифметической (m), среднее квадратичное отклонение (SD). Использовали метод множественных сравнений Пирсона, F-критерий Фишера. Уровень значимости всех статистических тестов был принят за 0,05 ($p < 0,05$).

Результаты

По результатам теста с 6-минутной ходьбой были сформированы группы исходя из ФК ХСН по NYHA: I ФК – 15 пациентов, II ФК – 62, III ФК – 13, IV ФК – 4. Статистические результаты представлены в таблице 1. У больных с более высоким ФК ХСН отмечено достоверно низкое значение временных (SDNN, SDNNidx, SDANN) и спектральных (VLF, LF) показателей ВСР ($p < 0,05$). На фоне уменьшения мощности всех спектральных показателей ВСР у пациентов, относящихся к I, II и III ФК, выявлено смещение баланса вегетативной нервной системы в сторону преобладания симпатической структуры с увеличением проявлений ХСН ($p < 0,05$). Отметим, что у пациентов, относящихся к IV ФК ХСН, мощность спектральных показателей ВСР свидетельствовала о декомпенсации и симпатического звена в том числе, в частности резкое снижение мощности его показателей LF ($24,3 \pm 174,2$), VLF ($453,8 \pm 38,1$) на фоне уже и так низкого парасимпатического тону-

Таблица 1

Сравнение показателей ВСР за сутки у пациентов с различным ФК ХСН по NYHA

Показатель ВСР	ФК ХСН (М±SD)				F-критерий Фишера, p
	I (n=15)	II (n=62)	III (n=13)	IV (n=4)	
VAR, мс	1300,5±478,9	1360,7±930,7	826,8±327,6	587,0±261,5	0,061
avNN, мс	847,9±94,6	823,4±111,6	781,3±97,5	738,3±162,5	0,191
SDNN, мс	152,7±23,4	139,7±40,0	95,8±24,6	89,3±57,6	<0,001*
pNN50, %	5,3±3,6	4,7±6,8	4,2±6,7	1,5±3,0	0,752
rMSSD, мс	27,4±9,5	27,2±20,3	22,1±11,6	15,5±8,4	0,495
SDNNidx, мс	51,5±9,5	45,2±15,8	38,3±8,5	26,8±16,5	0,008*
SDANN, мс	142,5±25,5	128,0±37,8	84,9±27,8	84,5±56,3	<0,001*
VLF, мс ²	2088±206	1573,4±279,1	764,5±115,6	453,8±38,1	<0,001*
LF, мс ²	1074,9±514,2	775,2±722,2	411,7±298,7	124,3±174,2	0,013*
HF, мс ²	257,5±143,3	237,6±344,4	123,5±87,7	78,3±83,0	0,42
nHF, %	19,6±7,0	21,5±9,2	22,0±15,1	44,5±20,4	<0,001*

Примечание: n – число пациентов; М±SD – среднее значение со стандартным отклонением; p – уровень значимости.

*Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

са, который продемонстрировал показатель HF ($78,3 \pm 83,0$). Также выявлено, что среднее значение показателя nHF у пациентов, относящихся к IV ФК ХСН, было более чем в 2 раза выше относительно пациентов, имеющих I, II и III ФК (I ФК – $19,6 \pm 7,0$, II ФК – $21,5 \pm 9,2$, III ФК – $22,0 \pm 15,1$, IV ФК – $44,5 \pm 20,4$ ($p < 0,001$)).

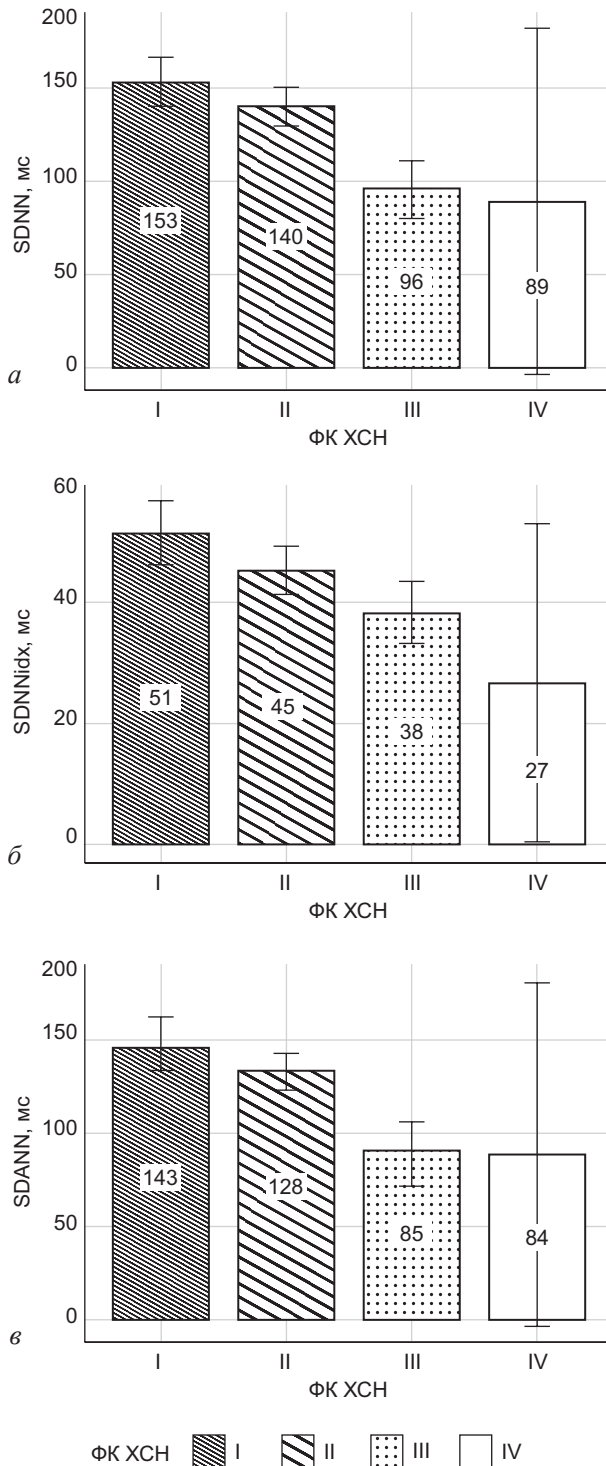


Рис. 1. Отношение мощности временных показателей ВСП к ФК ХСН по NYHA ($p < 0,05$). F-тест (SDNN ($p < 0,001$), SDNNidx ($p < 0,008$), SDANN ($p < 0,001$)) (а–в)

При анализе результатов была выявлена зависимость мощности временных (SDNN, SDNNidx, SDANN) (рис. 1), а также спектральных (VLF, LF, nHF) (рис. 2) показателей ВСП от ФК ХСН по NYHA ($p < 0,05$).

Следующим шагом были определены прогностические модели данных показателей ВСП в зависимости от ФК ХСН (табл. 2).

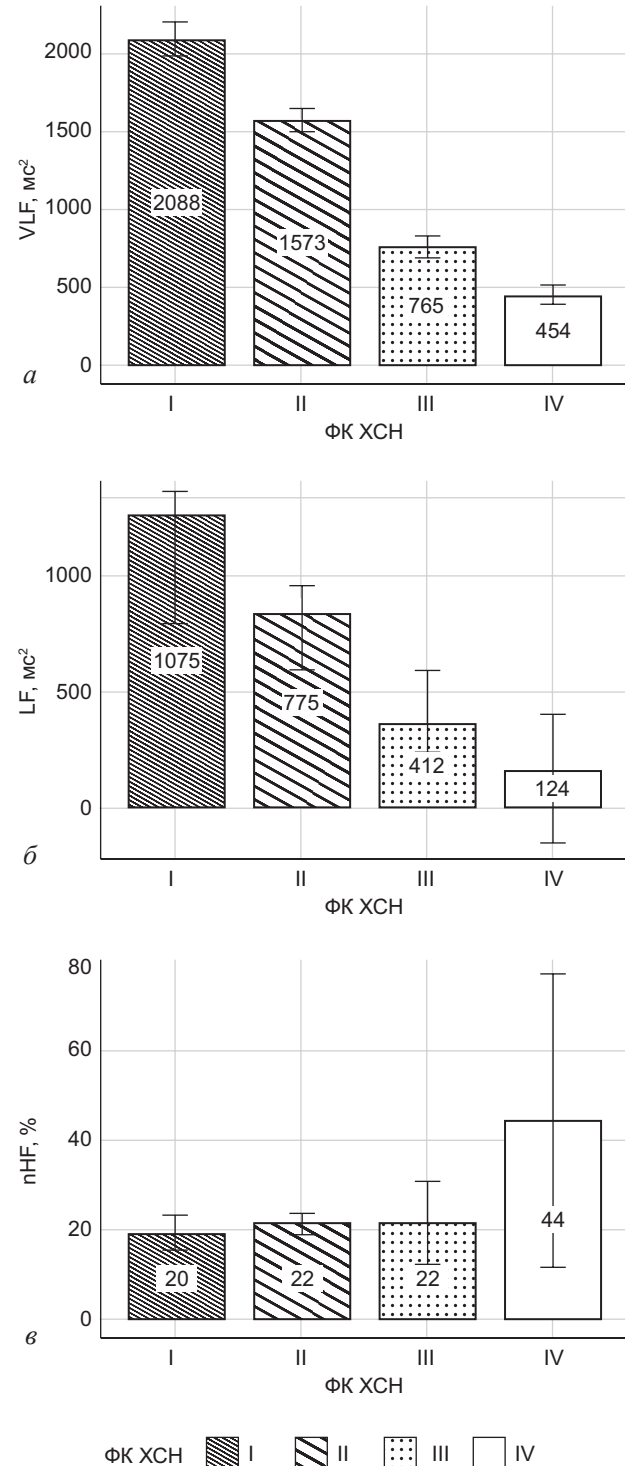


Рис. 2. Отношение мощности спектральных показателей ВСП к ФК ХСН по NYHA ($p < 0,05$). F-тест (VLF ($p < 0,001$), LF ($p = 0,191$), nHF ($p = 0,05$)) (а–в)

**Прогностическая модель зависимости показателей ВСР от ФК ХСН
(метод линейной регрессии)**

Показатель ВСР	R ²	r	Теснота связи	p
VAR, мс	7,8%	–0,280	Слабая	0,061
avNN, мс	5,1%	–0,226	Слабая	0,191
SDNN, мс	21,8%	–0,467	Умеренная	<0,001*
pNN50, %	1,3%	–0,115	Слабая	0,752
rMSSD, мс	2,6%	–0,162	Слабая	0,495
SDNNidx, мс	12,2%	–0,349	Умеренная	0,008*
SDANN, мс	21,7%	–0,466	Умеренная	<0,001*
VLF, мс ²	75,4%	–0,869	Высокая	<0,001*
LF, мс ²	11,3%	–0,336	Умеренная	0,013*
HF, мс ²	3,1%	–0,175	Слабая	0,42
nHF, %	17,7%	0,421	Умеренная	<0,001*

Примечание. R² – коэффициент детерминации; r – линейный коэффициент корреляции; p – уровень значимости.

*Различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Наиболее высоким процентом, объясняющим модель наблюдаемой дисперсии, обладал показатель VLF (R²=75,4%; p<0,001). Для других показателей ВСР, которые были статистически значимыми, коэффициент детерминации оказался существенно ниже: SDNN 21,8%, SDNNidx – 12,2%, SDANN – 21,8%, LF – 11,3%, nHF – 17,7%; статистическая значимость подтверждена F-критерием Фишера (p<0,05).

Методом линейной регрессии определена обратная умеренная корреляционная связь между показателями ВСР: SDNN (r=–0,467), SDNNidx (r=–0,349), SDANN (r=–0,466), LF (r=–0,336) и умеренная прямая корреляция с nHF (r=0,421); данные различия были статистически значимы (p<0,05). Показатель ВСР VLF относительно ФК ХСН имел высокую тесноту связи по шкале Чеддока (r=–0,869; p<0,001), которая была обратной. Значимость корреляционной связи показателей VAR (r=–0,280), avNN (r=–0,226), pNN50 (r=–0,115), rMSSD (r=–0,162) и HF (r=–0,175) не подтверждена (p>0,05).

При статистической обработке средних показателей (M±SD) выявлена наиболее тесная связь показателя VLF: I ФК ХСН 2087,7±205,6, II ФК ХСН – 1573,4±279,1; III ФК ХСН – 764,5±115,6; IV ФК ХСН – 453,8±38,1,

коэффициент корреляции Пирсона r=–0,987 (p<0,001), что подтверждало обратную корреляцию весьма высокой тесноты.

Обсуждение

В исследовании обнаружено, что у пациентов с ИБС более высокий ФК ХСН по NYHA сопряжен с более низким значением мощности SDNN (p<0,001), SDNNidx (p<0,008), SDANN (p<0,001), VLF (p<0,001), LF (p<0,013). Это является причиной предполагать снижение функции обоих звеньев автономной нервной системы у пациентов, относящихся к более высокому ФК ХСН по NYHA.

Нарушение вегетативного баланса является одним из важных аспектов механизма прогрессирования ХСН, чаще нарушение такого баланса происходит вследствие доминирования симпатического звена вегетативной нервной системы за счет более выраженного снижения парасимпатической активности [2, 21], что, несомненно, подтверждается в нашем исследовании. Мощность показателя HF, характеризующего парасимпатическое звено нервной системы, имела более низкое значение в зависимости от тяжести ФК ХСН по NYHA (I ФК 257,5±143,3, II – 237,6±344,4, III ФК – 123,5±87,7, IV ФК – 78,3±83,0). В то же время

у пациентов, относящихся к более тяжелому ФК ХСН, отмечены также низкие показатели ВСР LF (I ФК $1074,9 \pm 514,2$, II – $775,2 \pm 722,2$, III – $411,7 \pm 298,7$, IV ФК – $24,3 \pm 174,2$) и VLF (I ФК – $2087,7 \pm 205,6$, II ФК – $1573,4 \pm 279,1$, III ФК – $764,5 \pm 115,6$, IV ФК – $453,8 \pm 38,1$), что свидетельствует в том числе о выраженном подавлении симпатической активности. Также известны результаты метаанализа когортных исследований, которые свидетельствуют о первоначальном угнетении вагусной активности в механизме подавления ВСР при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, что в дальнейшем проявляется в виде компенсаторного преобладания симпатической активности вегетативного русла [11].

Однако, кроме всего этого, наше внимание было заострено на значении мощности nHF (%) у пациентов, имеющих различный ФК ХСН. Данный показатель был более чем в 2 раза выше у пациентов с IV ФК ХСН относительно I–III ФК ($p < 0,001$), что свидетельствует о повышении в балансе автономной нервной системы парасимпатической активности за счет резко сниженной симпатической составляющей ($p < 0,05$). Такая тенденция различий, по нашему мнению, указывает на декомпенсацию, в том числе симпатического звена вегетативной нервной системы у больных, относящихся к IV ФК ХСН. Более детальное изучение вегетативного баланса и тонуса симпатической и парасимпатической активности в целом у пациентов с ИБС и ХСН, относящихся к IV ФК, имеет большой потенциал и может стать поводом для размышления о применении бета-блокаторов.

Нами выявлена статистически значимая прогностическая значимость ряда показателей ВСР (SDNN ($r = -0,467$; $p < 0,001$), SDNNidx ($r = -0,349$; $p < 0,008$), SDANN ($r = -0,466$; $p < 0,001$), LF ($r = -0,336$; $p < 0,013$), nHF ($r = 0,421$; $p < 0,001$), VLF ($r = -0,869$; $p < 0,001$)) в зависимости от ФК ХСН.

Учитывая относительно небольшой размер выборки пациентов, проведение анализа для выявления достоверной корреляции некоторых показателей ВСР, связанных с ФК ХСН (VAR, avNN, pNN50, rMSSD и HF), было невозможным ($p > 0,05$).

Тем не менее, нам удалось сконструировать модель с высоким значением наблюдаемой дисперсии для показателя VLF ($R^2 = 75,4\%$; $p < 0,001$). Трудно установить, является ли снижение VLF при ХСН результатом изолирован-

ной сердечной недостаточности или указывает на причинно-следственную связь с вегетативной дисфункцией, и это выходит за рамки нашего исследования. Однако, очевидно, что один показатель не может полностью охватить прогноз у пациентов с ХСН.

Учитывая, что ХСН ишемического генеза является одной из лидирующих медико-социальных проблем [22, 23], мы считаем важным использовать данные значения мощности VLF для классификации степени нейрогуморальных нарушений при ХСН с целью дальнейшей стратификации сердечно-сосудистых рисков у пациентов с ИБС. Поэтому изучение ВСР в более крупных перспективных, долгосрочных исследованиях оправдано для оценки его потенциальной роли в улучшении этих схем риска.

Выводы

1. У пациентов с ИБС более высокий ФК ХСН по NYHA сопряжен с более низким значением мощности SDNN, SDNNidx, SDANN, VLF, LF, что указывает на сниженную активность обоих звеньев вегетативной нервной системы.

2. У пациентов с IV ФК ХСН выявлено изменение вегетативного баланса в сторону преобладания парасимпатической нервной системы. Об этом косвенно свидетельствует показатель ВСР nHF, значение которого было более чем в 2 раза выше в данной группе относительно пациентов, относившихся к I–III ФК ХСН. В то же время показатели ВСР, характеризующие симпатическую активность (LV, VLF), были резко снижены у пациентов, относившихся к IV ФК ХСН ($p < 0,05$). Такая тенденция различий, по нашему мнению, указывает на декомпенсацию, в том числе симпатического звена вегетативной нервной системы у больных ИБС, относившихся к IV ФК ХСН.

3. Мощность показателя VLF относительно ФК ХСН по NYHA обладает наиболее высоким значением ($R^2 = 75,4\%$; $p < 0,001$), объясняющим модель наблюдаемой дисперсии и наиболее сильной обратной корреляцией ($r = -0,869$; $p < 0,001$) относительно других показателей ВСР. При проведении более масштабного исследования мощность VLF может использоваться для классификации степени нейрогуморальных нарушений при ХСН с целью дальнейшей стратификации рисков и тактики ведения пациентов с ИБС.

Литература/References

- Musayev O., Kayıkçıoğlu M., Shahbazova Sh., Nalbantgil. S., Moğulkoç N., Ibrahimov F. et al. Could heart rate variability serve as a prognostic factor in patients with pulmonary hypertension? A single-center pilot study. *Turk. Kardiyol. Dernegi Ars.* 2023; 51 (7): 454–463. DOI: 10.5543/tkda.2023.27078
- Arshi B., Geurts S., Tilly M.J., van den Berg M., Kors J.A., Rizopoulos D. Heart rate variability is associated with left ventricular systolic, diastolic function and incident heart failure in the general population. *BMC Med.* 2022; 21; 20 (1): 91. DOI: 10.1186/s12916-022-02273-9
- Сулейманова С.В., Абакаров М.Г. Изучение зависимостей между показателями вариабельности сердечного ритма, индексом Charlson и фракцией выброса левого желудочка у коморбидных пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2022; 21 (3): 87–95. DOI: 10.37903/vsgma.2022.3.10
Suleymanova S.V., Abakarov M.G. Study of the relationships between heart rate variability indices, Charlson index and left ventricular ejection fraction in comorbid patients with chronic heart failure. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* 2022; 21 (3): 87–95 (in Russ.). DOI: 10.37903/vsgma.2022.3.10
- Парнес Е.Я. Методологические особенности использования спектральных показателей ВСР в оценке состояния больного ИБС. В кн.: Седьмая научно-практическая конференция. Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы. М.; 2005; 98–106.
Parnes E.Ya. Methodological features of using spectral indices of HRV in assessing the condition of a patient with coronary heart disease. In: Seventh Scientific and Practical Conference. Diagnostics and treatment of disorders of cardiovascular system regulation. Moscow; 2005; 98–106 (in Russ.).
- Новикова Д.С., Коротаева Т.В., Логинова Е.Ю., Попкова Т.В., Маркелова Е.И., Новиков А.А. и др. Клиническое значение оценки вариабельности ритма сердца у больных псориазическим артритом. *Терапевтический архив.* 2009; 81 (6): 47–52. PMID: 19663193
Novikova D.S., Korotaeva T.V., Loginova E.Yu., Popkova T.V., Markelova E.I., Novikov A.A. et al. Clinical significance of assessing heart rate variability in patients with psoriatic arthritis. *Therapeutic Archive.* 2009; 81 (6): 47–52 (in Russ.). PMID: 19663193.
- Бадюкин В.В., Янышева А.В., Александрова Е.Н., Мач Э.С., Попкова Т.В. Риск развития сердечно-сосудистых заболеваний при псориазическом артрите. *Терапевтический архив.* 2009; 81 (6): 41–47.
Badokin V.V., Ianysheva A.V., Aleksandrova E.N., Mach E.S., Popkova T.V. Cardiovascular risk in psoriatic arthritis. *Therapeutic archive.* 2009; 81 (6): 41–47 (in Russ.). PMID: 19663192.
- Borovac J.A., Glavas D., Grabovac Z.S., Domic D.S., Stanisic L., D'Amario D. et al. Circulating sST2 and ca-testatin 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
- Pavlov V.A., Tracey K.J. The cholinergic anti-inflammatory pathway. *Brain, Behavior, Immunity.* 2005; 19(6): 493–499. DOI: 10.1016/j.bbi.2005.03.015
- Carandina A., Lazzeri G., Villa D., Di Fonzo A., Bonato S., Montano N. Targeting the autonomic nervous system for risk stratification, outcome prediction and neuromodulation in ischemic stroke. *Int. J. Mol. Sci.* 2021; 26; 22 (5): 2357. DOI: 10.3390/ijms22052357
- Patel V.N., Pierce B.R., Bodapati R.K., Brown D.L., Ives D.G., Stein P.K. Association of holter-derived heart rate variability parameters with the development of congestive heart failure in the cardiovascular health study. *JACC Heart Fail.* 2017; 5 (6): 423–431. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.12.015
- 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
- Goessl V.C., Curtiss J.E., Hofmann S.G. The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. *Psychol. Med.* 2017; 47 (15): 2578–2586. DOI: 10.1017/S0033291717001003
- Муслимова Э.Ф., Реброва Т.Ю., Арчаков Е.А., Ахмедов Ш.Д., Будникова О.В., Баталов Р.Е. Полиморфные варианты генов Ca(2+)-транспортирующих белков саркоплазматического ретикулума в прогрессировании хронической сердечной недостаточности. *Российский кардиологический журнал.* 2019; 10: 48–52. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-10-48-52
Muslimova E.F., Rebrova T.Yu., Archakov E.A., Akhmedov Sh.D., Budnikova O.V., Batalov R.E. Polymorphic variants of genes encoding Ca(2+)-transporting proteins of the sarcoplasmic reticulum in the progression of chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology.* 2019; 10: 48–52 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2019-10-48-52
- Калужин В.В., Бардак А.Л., Тепляков А.Т., Камаев Д.Ю. Комплекс факторов, влияющих на дисперсию ритма сердца у больных, перенесших инфаркт миокарда. *Кардиология.* 2002; 42(8): 8–10.
Kalyuzhin V.V., Bardak A.L., Teplyakov A.T., Kamaev D.Yu. Complex of factors influencing heart rhythm dispersion in patients who have suffered myocardial infarction. *Kardiologiya (Cardiology).* 2002; 42 (8): 8–10 (in Russ.).
- Лысенкова Н.О., Румянцев М.И., Кратнов А.Е. Роль вегетативной нервной системы в развитии фатальных нарушений ритма сердца у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Доктор.Ру. Кардиология Терапия.* 2016; 11 (128): 33–35.
Lysenkova N.O., Rumyantsev M.I., Kratnov A.E. The role of the autonomic nervous system in the development of fatal cardiac arrhythmias in patients with coronary heart disease. *Doctor.Ru. Cardiology Therapy.* 2016; 11 (128): 33–35 (in Russ.).
- Ksela J., Rupert L., Djordjevic A., Antonic M., Avbelj V., Jug B. Altered heart rate turbulence and variability parameters predict 1-year mortality in heart failure with

- preserved ejection fraction. *J. Cardiovasc. Develop. Dis.* 2022; 9 (7): 213. DOI: 10.3390/jcdd9070213
17. Mizobuchi A., Osawa K., Tanaka M., Yumoto A., Saito H., Fuke S. Detrended fluctuation analysis can detect the impairment of heart rate regulation in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Am. J. Cardiol.* 2021; 77 (1): 72–78. DOI: 10.1016/j.jcc.2020.07.027
 18. Киселев А.Р., Гриднев В.И. Колебательные процессы в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2011; 7 (1): 34–39.
Kiselev A.R., Gridnev V.I. Oscillatory processes in the autonomic regulation of the cardiovascular system (review). *Saratov Scientific Medical Journal.* 2011; 7 (1): 34–39 (in Russ.).
 19. Гракова Е.В., Копьева К.В., Гусакова А.М., Сморгон А.В., Мальцева А.Н., Мочула А.В. Роль гуморальных маркеров в патогенезе сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка у больных с неокклюзирующим коронарным атеросклерозом. *Российский кардиологический журнал.* 2022; 27 (10): 51–62. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5162
Grakova E.V., Kopyeva K.V., Gusakova A.M., Smorgon A.V., Maltseva A.N., Mochula A.V. The role of humoral markers in the pathogenesis of heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in patients with non-occlusive coronary atherosclerosis. *Russian Journal of Cardiology.* 2022; 27 (10): 51–62 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5162
 20. Копьева К.В., Мочула А.В., Мальцева А.Н., Гракова Е.В., Шипулин В.В., Гусакова А.М. и др. Сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса: роль микроваскулярной дисфункции. *Бюллетень сибирской медицины.* 2022; 21 (4): 88–97. DOI: 10.20538/1682-0363-2022-4-88-97
Kopyeva K.V., Mochula A.V., Maltseva A.N., Grakova E.V., Shipulin V.V., Gusakova A.M. et al. Heart failure with preserved ejection fraction: the role of microvascular dysfunction. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2022; 21 (4): 88–97 (in Russ.). DOI: 10.20538/1682-0363-2022-4-88-97
 21. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front. Public Health.* 2017; 5: 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258
 22. Быкова О.В., Орлова Н.В., Соловьева М.В. Ведение пациентов с хронической сердечной недостаточностью: акцент на анемический синдром. *Справочник поликлинического врача.* 2018; 1: 18–21.
Bykova O.V., Orlova N.V., Solovieva M.V. Management of patients with chronic heart failure: emphasis on anemic syndrome. *Handbook for Practitioners Doctors.* 2018; 1: 18–21 (in Russ.).
 23. Курбанова Д.К., Дашдамиров Р.Л. Частота встречаемости аритмии в зависимости от тяжести функционального класса у пациентов с метаболическим синдромом и сердечной недостаточностью. *Евразийский кардиологический журнал.* 2022; 1: 90–93. DOI: 10.38109/2225-1685-2022-1-90-93
Kurbanova D.K., Dashdamirov R.L. Frequency of arrhythmia depending on the severity of the functional class in patients with metabolic syndrome and heart failure. *Eurasian Journal of Cardiology.* 2022; 1: 90–93 (in Russ.). DOI: 10.38109/2225-1685-2022-1-90-93