УДК 612.172.2 + 519.23/25 10.56564/27825264_2026_1_2

ПАРАМЕТРЫ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: ОЦЕНКА ВАЖНОСТИ ПЕРЕМЕННЫХ

В. Г. Панов, Т. А. Маслакова, Е. Д. Константинова

Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

В работе представлено несколько методов ранжирования показателей вариабельности ритма сердца (ВРС) по степени их связи с метаболическим синдромом (МС). Применены методы математической и прикладной статистики. Оценка наличия изменчивости в распределении изучаемого показателя в группах производилась с помощью критерия Манна – Уитни. Ранжирование показателей ВРС по степени их связи с МС производилось с помощью оценки коэффициента d Коэна, величины коэффициента dCor. Определены показатели ВРС, имеющие наиболее выраженную реакцию на наличие МС. Данные показатели можно использовать для построения предиктивной модели наличия МС у работников металлургического предприятия.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца; метаболический синдром; размер эффекта.

1. Введение

Понятие метаболического синдрома рассматривается как совокупность часто встречающихся вместе нарушений, каждое из которых является установленным фактором риска некоторых заболеваний, в частности, сердечно-сосудистых [1–3]. Основным критерием МС признан абдоминальный тип ожирения, а дополнительными – инсулинорезистентность, гиперинсулинемия и артериальная гипертензия. Наличие центрального ожирения и любых двух из дополнительных признаков – основание для постановки диагноза МС [4]. В целом в подавляющем большинстве вариантов понятие МС включает те нарушения, которые являются факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний [5–7].

Один из методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний – оценка ВРС. Традиционно ВРС оценивается по длительности RR-интервалов электрокардиограммы (ЭКГ), т. е. интервалов между двумя соседними максимумами (R-точками) QRS-комплекса ЭКГ [8]. Технически для анализа ВРС используют анализ ЭКГ [9].

Возможность практического применения анализа ВРС впервые была продемонстрирована в работе [10]. В это же время в СССР развитием анализа ВРС занимались специалисты в области космической медицины под руководством В. В. Парина и Р. М. Баевского [11, 12].

Важная особенность ВРС как метода исследования – возможность анализа соотношения между симпатическими и парасимпатическими компонентами механизма нервной регуляции работы сердца [12, 13]. Так как один из наиболее частых компонентов МС – артериальная гипертензия, которая сопровождается преобладанием симпатической подсистемы автономной нервной системы [14, 15], то можно ожидать, что анализ ВРС поможет как в обнаружении, так и в изучении МС. Действительно, такие исследования проводились, и метод анализа ВРС доказал свою эффективность в этом отношении [16–18]. Систематический обзор зарубежной литературы по связи между МС и ВРС, приведенный в [18], показывает, что исследования по этой теме активно продолжаются и факт наличия той или иной формы связи между МС и ВРС можно считать твердо установленным. Важным представляется определение того, какие переменные ВРС наиболее тесно связаны с МС.

Цель исследования – ранжировать показатели ВРС по степени их связи с МС, отобрать наиболее информативные параметры для диагностики МС.

2. Материалы и методы

Использованы материалы предыдущего исследования [19], собранные с 2017 по 2019 г. в рамках ежегодных плановых профилактических осмотров работников предприятий черной и цветной металлургии Свердловской области, занятых во вредных условиях труда. Были ретроспективно проанализированы медицинские записи 133 работников мужского пола в возрасте от 30 до 63 лет (средний возраст 45,34 ± 8,03 лет), стаж работы во вредных условиях от 3 до 37 лет (средний стаж во вредных условиях 19,4 ± 8,1 лет). Наличие метаболического синдрома установлено в соответствии с критериями МФД [4].

Для анализа ВРС использовалась запись электрокардиограммы, которая проводилась в соответствии с европейско-американскими и российскими методическими рекомендациями [20]. Для сбора и обработки данных был использован аппаратно-программный комплекс Поли-Спектр (Нейрософт, Россия). Запись электрокардиограммы работника проводилась на протяжении 5 минут в положении лежа по стандартному протоколу (фоновая проба).

Для сравнения групп работников с МС и без МС использованы методы описательной статистики (медианы и их процентили – Me (P25–P75)). Так как большинство показателей ВРС не имеют нормального распределения, то для определения статистической значимости различий использовался непараметрический критерий Манна – Уитни.

Определение важности показателей ВРС и их ранжирование проводилось по величине размера эффекта (d Коэна). Оценка зависимости между показателями ВРС и МС проводилась с помощью нахождения коэффициента корреляции расстояний (dCor). Вычисления проводились в среде статистического анализа R (v. 4.3.2), а также в системе Wolfram Research Mathematica (v.11.3).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных статистических программ Statistica 10. Статистическая значимость различий оценивалась на уровне значимости α = 0,05.

3. Результаты

Для оценки влияния МС на ВРС были взяты значения показателей ВРС в состоянии покоя (фоновые значения). Средние значения возраста в группах МС = 0 и МС = 1 составили 44,3 и 47,4 лет соответственно.

В табл. 1 приведены медианы показателей, имеющих статистически значимые различия ($p < 0,05$) в группах МС = 0 и МС = 1.

Таблица 1. Фоновые показатели ВРС по группам с наличием и отсутствием МС

Показатель ВРС	МС = 0	МС = 1
	Медиана (P25–P75)	Медиана (P25–P75)
ЧСС	70 (61–77)	75 (68–81)
M	0,859 (0,781–0,976)	0,803 (0,738–0,884)
СК	0,0315 (0,0240–0,0408)	0,0240 (0,0170–0,0325)
Mo	0,866 (0,775–0,974)	0,802 (0,730–0,881)
AMo	54,5 (43,9–64,9)	55,8 (48,5–72,9)
Me	0,854 (0,780–0,966)	0,801 (0,734–0,883)
ВР	0,193 (0,144–0,256)	0,139 (0,107–0,205)
ИВР	275 (173–465)	422 (232–555)
ПАПР	61,4 (48,9–81,5)	76,0 (59,0–85,8)
ВПР	8,52 (5,71–11,37)	5,99 (4,19–8,44)
$R–R_{max}$	957 (854–1090)	902 (801–997)
RRNN	859 (781–976)	802,5 (738–885)

Окончание таблицы 1

SDNN	33 (25–45)	29 (19–37)
RMSSD	21 (13–26)	14 (11–21)
CV	3,546 (2,744–4,760)	2,902 (2,170–3,820)
TP	1030,3 (616,7–1759,0)	695,4 (340,0–1180,0)

Последующий анализ проводился только с участием переменных, представленных в табл.1.

Эффективной и наглядной оценкой степени зависимости между показателями ВРС и индикаторной переменной МС может служить вычисление размера эффекта каждого показателя в группах по МС. В табл. 2 приведены значения величины эффекта d Коэна [21].

Таблица 2. Значения размера эффекта по Коэну для фоновых показателей ВРС

Показатель	Размер эффекта d	Показатель	Размер эффекта d
ЧСС	-0,417	ПАПР	-0,438
М	0,473	**ВПР**	**-0,628**
СК	**0,558**	**R–Rmax**	**0,508**
Mo	0,461	RRNN	0,471
AMo	-0,403	SDNN	0,385
Me	0,480	RMSSD	0,406
ВР	**0,526**	CV	0,465
ИВР	-0,428	TP	0,496

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, имеющие абсолютные значения размера эффекта больше 0,5.

Хотя в основном по абсолютной величине размер эффекта меняется не очень сильно (от 0,385 до 0,628), есть показатели, размер эффекта которых, в соответствии с обычной градацией оценки величины эффекта, можно описать как умеренный (0,5–0,8) [21]. Наибольшие размеры эффекта Коэна по абсолютной величине (> 0,5) выявлены для показателей ВПР, СК, ВР и R-R_{max}.

Существенность этих переменных с точки зрения их отклика на наличие МС подтверждается также вычислением коэффициента dCor [22]. Этот коэффициент, в отличие от обычного коэффициента корреляции Пирсона, характеризует не только линейную зависимость, но и любую нелинейную, а также он применим к переменным произвольной природы. Коэффициент dCor равен нулю только тогда, когда исследуемые признаки независимы. Наиболее сильно связанные (в смысле коэффициента dCor) с МС показатели ВРС совпадают с показателями, для которых имеется статистически значимое различие распределений в группах МС = 0 и МС = 1 по критерию Манна – Уитни (табл. 1). В табл. 3 приведены значения коэффициента dCor для всех переменных ВРС. Заметим, что оценивать силу зависимости между признаками в данном случае надо с учетом того, что коэффициент dCor принимает значения от 0 до 1, а не от –1 до 1.

Таблица 3. Значения коэффициента dCor для фоновых показателей ВРС

Показатель	dCor	Показатель	dCor	Показатель	dCor	Показатель	dCor
ЧСС	**0,212**	**ИВР**	**0,215**	SDNN	0,174	LF_{norm}	0,076
М	**0,221**	**ПАПР**	**0,226**	**RMSSD**	**0,224**	HF_{norm}	0,076
СК	**0,260**	**ВПР**	**0,284**	**CV**	**0,223**	LF/HF	0,100
Mo	**0,218**	SI	0,119	**TP**	**0,229**	VLF, %	0,169
AMo	0,167	$R–R_{min}$	0,148	VLF	0,126	LF, %	0,091

Окончание табл. 3

Me	**0,225**	**R–R_{max}**	**0,240**	LF	0,110	HF, %	0,106
BP	**0,256**	**RRNN**	**0,220**	HF	0,084		

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, имеющие абсолютные значения dCor больше 0,2.

Наибольшие значения dCor отмечены для показателей ВПР, СК, ВР, R-R_{max}, ТР, ПАПР и т. д.

4. Обсуждение

Вопрос о зависимости показателей ВРС у взрослых людей от возраста остается дискуссионным. Как отмечено в работах [23, 24], у здоровых людей по мере увеличения возраста имеет место снижение временных и частотных показателей ВРС. В работе [23] значимые различия показателей ВРС в возрастных группах 35–48 лет и свыше 48 лет были отмечены только для SDNN, RMSS и производных от них показателей. При этом авторы отмечают, что сопоставление сильно различающихся возрастных групп не вполне корректно именно из-за значительной разницы в возрасте. Поэтому мы считаем, что наличие слабой разницы в среднем возрасте в группах МС = 0 и МС = 1 не является существенной причиной исследуемого различия в показателях ВРС.

По данным, приведенным в табл. 2 и табл. 3, можно видеть, что наибольшие размеры эффекта Коэна и наибольшие значения dCor отмечены для одних и тех же показателей – ВПР, СК, ВР и R-R_{max}.

Анализ приведенных в табл. 1 результатов согласуется с тенденциями изменения показателей ВРС, представленных в работах [16, 17]. При сравнении медианных значений групп МС = 0 и МС = 1 наблюдаем более высокие значения показателей ВПР, СК, ВР и R-R_{max} в МС = 0 (высокая вариабельность) ($p < 0,05$). Высокая вариабельность ритма сердца говорит о хорошей адаптации организма, гибкости вегетативной нервной системы и хороших адаптивных возможностях, а низкая – о стрессе или патологии.

Полученный набор показателей планируется использовать для построения и валидации логистической регрессионной модели для прогнозирования МС.

Между показателями ВРС и состоянием МС обнаружена связь, причем разные показатели ВРС в разной степени откликаются на наличие МС, что позволяет провести их ранжирование по степени такой зависимости. Очевидно, эта зависимость обусловлена определяющим влиянием МС, который является известным фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний. Данный факт можно использовать и для обратной задачи – определения наличия/отсутствия МС по параметрам ВРС.

Ограничения исследования. Выводы проведенной работы справедливы для конкретной выборки мужчин одной профессиональной группы. Дизайн исследования не позволяет установить причинно-следственные связи взаимосвязи МС и показателей ВРС. Требуются дальнейшие исследования на более крупных и разнообразных выборках.

5. Выводы

На исследованной базе данных выявлена зависимость между показателями ВРС и наличием/отсутствием МС у работников металлургического предприятия. Наиболее информативными для выявления МС у работников металлургического производства оказались показатели ВПР, СК, ВР и R-R_{max}, демонстрирующие умеренный размер эффекта (d Коэна > 0,5) и сильную нелинейную связь (dCor > 0,25).

При наличии большого числа возможных предикторов целесообразно использование именно этих переменных для построения прогностических моделей.

Исследование выполнено за счет субсидий Минобрнауки РФ на выполнение научной темы FUMN-2024-0002.

6. Список литературы

1. Метаболический синдром: история развития, основные критерии диагностики / Е. В. Привалова, В. Ю. Каплунова, В. Ю. Зекцер [и др.] // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2018. – Т. 14, №5. – С. 757–764. – DOI 10.20996/1819-6446-2018-14-5-757-764.
2. *Alberti, K. G*. Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation / K. G. Alberti, P. Zimmet, J. Shaw // Diabet Med. – 2006. – Vol. 23, № 5. – P. 469–480. – DOI 10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x.
3. *Lam, D. W.* Metabolic Syndrome / D. W. Law // IEndotext. South Dartmouth (MA) : MDText.com, Inc., 2000 p. – 2019.
4. The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome // IDF Communications. – 2006. – P. 1–24.
5. *Аметов, А. С*. Сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания / А. С. Аметов, И. О. Курочкин, А. А. Зубков // Русский медицинский журнал. – 2014. – Т. 13. – С. 954.
6. *Bertoluci, M. C.* Cardiovascular risk assessment in patients with diabetes / M. C. Bertoluci, V. Z. Rocha // Diabetology & Metabolic Syndrome. – 2017. – Vol. 9, № 25. – DOI 10.1186/s13098-017-0225-1.
7. *Цанава, И. А.* Метаболический синдром и сердечно-сосудистые заболевания / И. А. Цанава, Л. А. Шаронова, А. Ф. Вербовой // Русский медицинский журнал. – 2017. – № 11. – С. 785–789.
8. *Рябыкина, Г. В.* Вариабельность ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев – М. : «Стар'Ко», 1998. – 200 с.
9. *Бокерия, Л. А.* Вариабельность сердечного ритма: измерение, интерпретация, клиническое использование / Л. А. Бокерия, О. Л. Бокерия, И. В. Волковская // Анналы ритмологии. – 2009. – № 4. – С. 21–32.
10. *Hon, E. H.* Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observations / E. H. Hon, S. T. Lee // American Journal of Obstetrics and Gynecology. – 1965. – № 87. – P. 814–826.
11. *Баевский, Р. М.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 221 с.
12. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрографических систем / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–86.
13. *Levy, M. N.* Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart / M. N. Levy // Circulation research. – 1971. – Vol. 29. – P. 437–445.
14. *Провоторов, В. М.* Особенности суточной вариабельности артериального давления и сердечного ритма у больных гипертонической болезнью / В. М. Провоторов, О. В. Лышова, Ю. Н. Чернов // Вестник аритмологии. – 2000. – № 20. – С. 45–52.
15. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog / M. Pagani, F. Lombardi, S. Guzzetti [et al.] // Circulation research. – 1986. – Vol. 59. – P. 178–193. – DOI 10.1161/01.res.59.2.178.
16. *Пилюк, Т. М.* Вариабельность сердечного ритма у пациентов с метаболическим синдромом и хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса / Т. М. Пилюк, А. М. Пристром // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2022. – Т. 20, № 5. – С. 512–518. – DOI 10.25298/2221-8785-2022-20-5-512-518.
17. *Кратнов, А. Е.* Вариабельность ритма сердца у мужчин с метаболическим синдромом / А. Е. Кратнов, А. В. Якимова, Е. Е. Силкина // Сахарный диабет. – 2013. – № 1. – С. 15–18.
18. Heart rate variability and the metabolic syndrome: A systematic review of the literature / M. I. Stuckey, M. P. Tulppo, A. M. Kiviniemi, R. J. Petrella // Diabetes Metabolism Research and Reviews. – 2014. – Vol. 30, № 8. – P. 784–793. – DOI 10.1002/dmrr.2555.
19. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы у работников металлургического производства в зависимости от стажа во вредных условиях труда, поведенческих и

метаболических рисков / Т. А. Маслакова, Ю. В. Шалаумова, Е. Д. Константинова [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2021. – № 1. – С. 18–28. – DOI 10.25791/esip.01.2021.1204.
20. Task force of the European society of cardiology the north American. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043–1065.
21. *Cohen, J.* Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences / J. Cohen // Routledge. – 1988.
22. *Szekely, G. J.* The Energy of Data and Distance Correlation / G. J. Szekely, M. L. Rizzo // Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics and Applied Probability. – 2023.
23. Возрастные особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма у практически здоровых людей / С. А. Бойцов, И. В. Белозерцева, А. Н. Кучмин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2002. – Т. 26. – С. 57–60.
24. *Zhang, J.* Effect of age and sex on heart variability in healthy subjects / J. Zhang // Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. – 2007. – Vol. 30, № 5. – P. 374–379. – DOI 10.1016/j.jmpt.2007.04.001.

Сведения об авторах:

Панов Владимир Григорьевич, к. ф.-м. н., в. н. с. Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. Почта: vpanov@ecko.uran.ru.

Маслакова Татьяна Анатольевна, к. ф.-м. н., с. н. с. Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. Почта: masta@ecko.uran.ru.

Константинова Екатерина Даниловна, к. ф.-м. н., завлаб. биостатистики, с. н. с. Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. почта: K_Konst@ecko.uran.ru.

HEART RATE VARIABILITY PARAMETERS AND METABOLIC SYNDROM: ASSESSING THE IMPORTANCE OF VARIABLES AND BUILDING PREDICTIVE MODELS

V. G. Panov, T. A. Maslakova, E. D. Konstantinova

Institute of Industrial Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

This study presents several methods for ranking heart rate variability (HRV) indicators based on the strength of their association with metabolic syndrome (MS). Methods of mathematical and applied statistics were employed. The assessment of variability distribution across groups was conducted using the Mann-Whitney U test. The ranking of HRV indicators by their association with MS was performed by evaluating Cohen's d coefficient and the distance correlation (dCor) coefficient. HRV indicators demonstrating the most pronounced response to the presence of MS were identified. These indicators can be utilized to construct a predictive model for the presence of MS among metallurgical plant workers.

Key words: heart rate variability; metabolic syndrome; effect size.

References

1. Metabolicheskij sindrom: istoriya razvitiya, osnovnye kriterii diagnostiki / E. V. Privalova, V. Yu. Kaplunova, V. Yu. Zekcer [et al.] // Racional'naya Farmakoterapiya v Kardiologii. – 2018. – Vol. 14, № 5. – P. 757–764. – DOI 10.20996/1819-6446-2018-14-5-757-764. (in Russian).
2. *Alberti, K. G*. Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation / K. G. Alberti, P. Zimmet, J. Shaw // Diabet Med. – 2006. – Vol. 23. – № 5. – P. 469–480. – DOI 10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x.
3. *Lam, D. W.* Metabolic Syndrome / D. W. Law // IEndotext. South Dartmouth (MA) : MDText.com, Inc., 2000 p. – 2019.
4. The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome // IDF Communications. – 2006. – P. 1–24.
5. *Ametov, A. S.* Sakharnyj diabet i serdechno-sosudistye zabolevaniya / A. S. Ametov, I. O. Kurochkin, A. A. Zubkov // Russkij medicinskij zhurnal. – 2014. – Vol. 13. – P. 954. (in Russian).
6. *Bertoluci, M. C.* Cardiovascular risk assessment in patients with diabetes / M. C. Bertoluci, V. Z. Rocha // Diabetology & Metabolic Syndrome. – 2017. – Vol. 9, № 25. – DOI 10.1186/s13098-017-0225-1.
7. *Canava, I. A.* Metabolicheskij sindrom i serdechno-sosudistye zabolevaniya / I. A. Canava, L. A. Sharonova, A. F. Verbovoj // Russkij medicinskij zhurnal. – 2017. – № 11. – P. 785–789. (in Russian).
8. *Ryabykina, G. V.* Variabel'nost' ritma serdca / G. V. Ryabykina, A. V. Sobolev – M. : «Star'KO», 1998. – 200 p. (in Russian).
9. *Bokeriya, L.A.* Variabel'nost' serdechnogo ritma: izmerenie, interpretaciya, klinicheskoe ispol'zovanie / L. A. Bokeriya, O. L. Bokeriya, I. V. Volkovskaya // Annaly ritmologii. – 2009. – № 4. – P. 21–32. (in Russian).
10. *Hon, E. H.* Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observations / E. H. Hon, S. T. Lee // American Journal of Obstetrics and Gynecology. – 1965. – № 87. – P. 814–826.
11. *Baevskij, R. M.* Matematicheskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse / R. M. Baevskij, O. I. Kirillov, S. Z. Kleckin. – M. : Nauka, 1984. – 221 p. (in Russian).
12. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh ehlektrograficheskikh sistem / R. M. Baevskij, G. G. Ivanov, L. V. Chirejkin [et al.] // Vestnik aritmologii. – 2001. – № 24. – P. 65–86. (in Russian).
13. *Levy, M. N.* Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart / M. N. Levy // Circulation research. – 1971. – Vol. 29. – P. 437–445.

14. *Provotorov, V. M.* Osobennosti sutochnoj variabel'nosti arterial'nogo davleniya i serdechnogo ritma u bol'nykh gipertonicheskoj bolezn'yu / V. M. Provotorov, O. V. Lysho-va, Yu. N. Chernov // Vestnik aritmologii. – 2000. – № 20. – P. 45–52. (in Russian).
15. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog / M. Pagani, F. Lombardi, S. Guzzetti [et al.] // Circulation research. – 1986. – Vol. 59. – P. 178–193. – DOI 10.1161/01.res.59.2.178.
16. *Pilyuk, T. M.* Variabel'nost' serdechnogo ritma u pacientov s metabolicheskim sindromom i khronicheskoj serdechnoj nedostatochnost'yu s sokhranennoj frakciej vybrosa / T. M. Pilyuk, A. M. Pristrom // Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo uni-versiteta. – 2022. – Vol. 20, № 5. – P. 512–518. – DOI 10.25298/2221-8785-2022-20-5-512-518. (in Russian).
17. *Kratnov, A. E.* Variabel'nost' ritma serdca u muzhchin s metabolicheskim sindromom / A. E. Kratnov, A. V. Yakimova, E. E. Silkina // Sakharnyj diabet. – 2013. – № 1. – P. 15–18. (in Russian).
18. Heart rate variability and the metabolic syndrome: A systematic review of the literature / M. I. Stuckey, M. P. Tulppo, A. M. Kiviniemi, R. J. Petrella // Diabetes Metabolism Research and Reviews. – 2014. – Vol. 30, № 8. – P. 784–793. – DOI 10.1002/dmrr.2555.
19. Ocenka sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy u rabotnikov metal-lurgicheskogo proizvodstva v zavisimosti ot stazha vo vrednykh usloviyakh truda, pove-dencheskikh i metabolicheskikh riskov / T. A. Maslakova, Yu. V. Shalaumova, E. D. Konstantinova [et al.] // Ehkologicheskie sistemy i pribory. – 2021. – № 1. – P. 18–28. – DOI 10.25791/esip.01.2021.1204. (in Russian).
20. Task force of the European society of cardiology the north American. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043–1065.
21. *Cohen, J.* Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences / J. Cohen // Routledge. – 1988.
22. *Szekely, G. J.* The Energy of Data and Distance Correlation / G. J. Szekely, M. L. Rizzo // Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics and Applied Probability. – 2023.
23. Vozrastnye osobennosti izmeneniya pokazatelej variabel'nosti serdech-nogo ritma u prakticheski zdorovykh lyudej / S. A. Bojcov, I. V. Belozerceva, A. N. Kuchmin [et al.] // Vestnik aritmolo-gii. – 2002. – Vol. 26. – P. 57–60. (in Russian).
24. *Zhang, J.* Effect of age and sex on heart variability in healthy subjects / J. Zhang // Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. – 2007. – Vol. 30, № 5. – P. 374–379. – DOI 10.1016/j.jmpt.2007.04.001.