

МАРКЕРЫ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ, ПРИВЕРЖЕННЫХ ЗДОРОВОМУ ОБРАЗУ ЖИЗНИ

С. Н. Алексеенко, В. В. Горбань, К. С. Черноглазов*, Е. В. Горбань

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия*

Аннотация

Цель. Изучение у молодых людей гендерных особенностей вариабельности ритма сердца (ВРС), зависящих от физической нагрузки (ФН), ассоциированных с привычной физической активностью (ФА).

Материал и методы. Были обследованы 98 практически здоровых студентов медицинского вуза с разными уровнями привычной ФА. ВРС изучали на коротких 10-минутных промежутках в покое и после интенсивной ФН с расходом энергии, равным 72–88 ккал.

Результаты. Были определены изменения ВРС, которые зависят не только от интенсивности ФН, тренированности молодых людей, но и ассоциированы с полом. В покое у девушек по сравнению с юношами были выявлены менее выраженный симпатический тонус (LF/HF $0,86 \pm 0,04$ против $1,05 \pm 0,04$ ед., $p < 0,05$) и преобладание активности центральных механизмов регуляции ритма сердца над автономными (ИН $75,3 \pm 5,7$ против $55,8 \pm 5,5$ ед., $p < 0,05$), а после интенсивной ФН — более выраженное угнетение парасимпатического тонуса (pNN(50%) $5,4 \pm 1,2$ против $10,2 \pm 1,9\%$, $p < 0,05$), а также более выраженная функциональная напряженность адаптационных реакций (ИН $176,6 \pm 17,9$ против $101,4 \pm 14,4$ ед., $p < 0,05$).

Заключение. У молодых людей с постоянной привычно высокой ФА были обнаружены изменения параметров ВРС, которые отражали благоприятные влияния физических тренировок на адаптационные реакции сердечно-сосудистой системы. Применение методики исследования ВРС на коротких промежутках в динамике оправдано в практике здоровьесберегающих профилактических и реабилитационных мероприятий, так как позволяет контролировать процесс оптимальной адаптации человека к физическим нагрузкам.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, привычная физическая активность, адаптация к физическим нагрузкам, молодежная образовательная среда

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Алексеенко С.Н., Горбань В.В., Черноглазов К.С., Горбань Е.В. Маркеры адаптации к физическим нагрузкам у молодых людей, приверженных здоровому образу жизни. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2019; 26(1): 28–35. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-1-28-35>

Поступила 02.12.2018

Принята после доработки 28.01.2019

Опубликована 25.02.2019

MARKERS OF ADAPTATION TO PHYSICAL LOADS IN YOUNG PEOPLE COMMITTED TO HEALTHY LIFESTYLE

Sergei N. Alekseenko, Vitalii V. Gorban', Konstantin S. Chernoglazov*,
Elena V. Gorban'

Kuban State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation,
Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia

Abstract

The aim was to study the gender characteristics of the heart rate variability (HRV) in young people depending on physical loading (FL), associated with habitual physical activity (FA).

Materials and methods. 98 practically healthy students of a medical high school with different levels of habitual FA were examined. HRV was studied at short 10-minute intervals at rest and after intense FL with the energy consumption of 72–88 kcal.

Results. HRV changes are determined, which depend not only on the FL intensity and the training level of young people, but are also gender-associated. At rest, less pronounced sympathetic tone (LF/HF 0.86 ± 0.04 versus 1.05 ± 0.04 , $p < 0.05$) and the predominance of the central mechanisms of the heart rhythm over the autonomous ones (ID 75.3 ± 5.7 versus 55.8 ± 5.5 units, $p < 0.05$) were observed for female respondents as compared to the young men. After intense FL, a more pronounced inhibition of the parasympathetic tone (pNN (50%) 5.4 ± 1.2 vs. $10.2 \pm 1.9\%$, $p < 0.05$) and a more pronounced functional intensity of adaptive reactions (ID 176.6 ± 17.9 against 101.4 ± 14.4 units, $p < 0.05$) were noted for the female respondents as well.

Conclusion. Changes in HRV parameters, which reflect the beneficial effects of physical training on the adaptive responses of the cardiovascular system, have been found in young people with constant, habitually high FA. The application of the HRV research methodology for short periods in dynamics is justified in the practice of health-saving preventive and rehabilitation measures, since it allows the process of optimal adaptation of a person to physical loading to be controlled.

Keywords: heart rate variability, habitual physical activity, adaptation to physical loading, youth educational environment

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

For citation: Alekseenko S.N., Gorban' V.V., Chernoglazov K.S., Gorban' E.V. Markers of Adaptation to Physical Loads in Young People Committed to Healthy Lifestyle. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2019; 26(1): 28–35. (In Russ., English abstract). <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-1-28-35>

Submitted 02.12.2018

Revised 28.01.2019

Published 25.02.2019

Список сокращений:

ФА — физическая активность
BPC — варибельность ритма сердца
MET — метаболический эквивалент
OT — окружность талии
ИМТ — индекс массы тела

ЭКГ — электрокардиограмма
ИН — индекс напряжения
BHC — вегетативная нервная система
BП — вегетативный показатель
ЧСС — частота сердечных сокращений

Введение

Физическая активность (ФА) человека является важным компонентом здоровья в каждой возрастной группе. Оптимизация работы сердечно-сосудистой системы в постоянно изменяющихся условиях, в том числе под влиянием ФА, регулируется вегетативной нервной системой (ВНС).

На сегодняшний день вариабельность ритма сердца (ВРС) в научном обществе считается оптимальным методом изучения ВНС не только в диагностических, но и в профилактических целях [1, 2]. Иные работы демонстрируют отсутствие взаимосвязи ФА и ВРС у лиц как молодого, так и среднего возраста [3]. Однако остаются недостаточно изученными вопросы стрессоустойчивости и адаптации [4] к различным уровням ФА у лиц молодого возраста по данным ВРС.

Цель. Оценить методом вариабельности ритма сердца гендерные адаптационные функциональные возможности сердечно-сосудистой системы у студентов медицинского вуза, ассоциированные с их привычным уровнем ФА.

Материалы и методы

Обследованы 47 юношей и 51 девушка — студенты медицинского вуза, со средним возрастом $22,3 \pm 0,3$ года. От участников исследования получено письменное информированное согласие, а также одобрение протокола исследования Локальным независимым этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол № 56 от 15.11.2017.

Градации ежедневных привычных уровней ФА [5], исходя из анамнеза и учета величин метаболического эквивалента (МЕТ) [6], были следующими: низкий — с энергозатратами 1,32–3,48 ккал/мин (от 1,1 до 2,9 МЕТ/мин), умеренный — с энергозатратами 3,6–7,08 ккал/мин (3 до 5,9 МЕТ/мин) и высокий — с энергозатратами 7,2 ккал/мин и более (более 6 МЕТ/мин).

У всех обследованных лиц измеряли массу тела, окружность талии (ОТ), рост. Риск развития нарушений метаболизма считали умеренным при ОТ выше 94, но ниже 102 см — для юношей и от 80 до 88 см — для девушек. Высоким риск метаболических нарушений считали при ОТ выше 102 см и 88 см — для юношей и девушек соответственно. ИМТ вычисляли по общепринятой формуле: масса тела (кг)/рост (m^2) [5].

Инструментальные методы включали ЭКГ, определение угарного газа в выдыхаемом воздухе по смокелайзеру, биоимпедансметрию. Регистрацию ЭКГ и показателей ВРС осуществляли датчиком BTL-08 ECG HOLTER H100 (Великобритания). Исследование проводили в покое, а также по истечении 5-минутного интервала после прекращения физической нагрузки (ФН) интенсивного характера (120 шагов/мин) на кардиотренажере в течение десяти минут с затратой энергии, равной 72–88 ккал. Анализировали следующие показатели ВРС [7, 8]:

1) standard deviation of NN intervals (SDNN, мс) — стандартное отклонение всех кардиоинтервалов;

2) standard deviation of sequential five-minute NN interval means (SDANN, мс) — стандартное отклонение средних величин интервалов NN на временном интервале, равном 5 мин;

3) root mean square of successive differences (RMSSD, мс) — квадратный корень среднего квадрата разности интервалов NN;

4) pNN (50, %) — доля интервалов, отличающихся более чем на 50 мс;

5) triangular index (TI) — триангулярный индекс;

6) low frequency / high frequency (LF/HF) — соотношение спектров низкой и высокой частоты, показатель адрено-вагального равновесия.

Для изучения сердечно-адаптивного потенциала проводили вычисления:

1) моды (M_0) — преобладающей частоты величин интервала NN;

2) амплитуды моды (AM_0);

3) вариационного размаха (ВР, $ВР = NN_{max} - NN_{min}$ (мс) с последующим расчетом

4) индекса напряжения ($ИН = AM_0 / (2M_0 \times ВР, \text{ед.})$ — интегрального параметра, отражающего роль центральных структур в регуляции ритма сердца [9] и вегетативного параметра ($ВП = 0,1 \times pNN50 + 0,1 \times (100 - AM_0)$, ед.), характеризующего превалирующее кардионаправленное влияние вегетативной нервной системы [10].

Градации уровней интегральных показателей были следующими: $ИН \leq 50$ ед. — «ваготония», в пределах 50–200 ед. — «нормотония» и $ИН \geq 200$ ед. — «симпатотония»; $ВП < 6,0$ ед. — «низкая», 6,0–10,9 ед. — «удовлетворительная» и $\geq 11,0$ ед. — «хорошая» парасимпатическая активность.

Статистическая обработка данных проведена в программе «Statistica 6.0». Данные сопоставляли при использовании критериев Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Анализ показал гендерные отличия, характеризующиеся у девушек меньшими значениями роста, массы тела, ИМТ, систолического и диастолического артериального давления (табл. 1). Также у девушек наблюдались статистически

значимая большая частота дефицита массы тела (29,4 против 4,3%) (ИМТ<18,5 кг/м²) и меньшая распространенность табакокурения (11,8 против 29,8%).

Распространенность избыточной массы тела и ожирения составила 32,6%, рисков метаболических нарушений — 12 и 13%, умеренного и высокого соответственно. Средние значения ИМТ с привычно низкой, умеренной и высокой ФА существенно не отличались.

Таблица 1. Общая характеристика обследованных лиц
Table 1. General characteristics of the examined individuals

Параметр	Юноши (n=47)	Девушки (n=51)	P
Масса тела, кг	79,0±2,7	62,5±3,1*	<0,001
Рост, см	179,6±0,8	167,0±0,7*	<0,001
Возраст, годы	22,4±0,4	22,3±0,3	0,84
Индекс массы тела, кг/м ²	24,8±0,7	22,3±0,8*	0,02
менее 18,5 кг/м ² , %	4,3±3,1	29,4±7,7*	<0,01
от 18,5 до 24,9 кг/м ² , %	57,4±11,2	43,1±9,3	0,32
от 25,0 до 29,9 кг/м ² , %	29,8±8,1	13,7±5,3	0,09
≥30 кг/м ² , %	8,5±4,3	13,7±5,3	0,45
ОТ (у юношей менее 94 см; у девушек менее 80 см), %	76,6±13,0	74,5±12,3	0,91
ОТ (у юношей от 94 до 102 см; у девушек от 80 до 88 см), %	12,8±5,3	13,7±5,3	0,91
ОТ (у юношей более 102 см; у девушек более 88 см), %	10,6±4,8	11,8±4,9	0,86
Табакокурение, %	29,8±8,1	11,8±4,9	0,05
Артериальное давление (систолическое), мм рт. ст.	123,8±1,4	110,0±3,7*	<0,01
Артериальное давление (диастолическое), мм рт. ст.	76,0±1,1	72,7±1,2*	0,04

Примечание: * — статистическая значимость $p < 0,05$.

Note: * — statistical significance $p < 0,05$.

Вне зависимости от уровня привычной ФА у студентов-медиков наблюдалось достоверное увеличение ЧСС после интенсивной ФН (табл. 2). Гендерные различия ВРС до выполнения ФН характеризовались у юношей по срав-

нению с девушками преобладанием значения LF/HF, но меньшей величиной ИН, что отражало, соответственно, большую активность симпатической ВНС и автономных регулирующих воздействий на сердечный ритм.

Таблица 2. Гендерные особенности ВРС у молодых людей под влиянием одномоментной интенсивной физической нагрузки

Table 2. HRV gender characteristics of young people under the influence of simultaneous intense physical activity

Показатель	Группы и число обследованных						P по сравнению с показателями у юношей		
	юноши (n=47)			девушки (n=51)			с показателями у юношей		
	в покое	после нагрузки	P	в покое	после нагрузки	P	в покое	после нагрузки	
ЧСС, ударов/мин	68,6±1,9	79,1±1,9*	<0,01	71,1±1,3	86,9±1,8*#	<0,01	0,27	<0,01	
SDNN, мс	68,1±5,6	51,0±4,5*	<0,01	57,0±2,7	33,7±1,6*#	<0,01	0,07	<0,01	

SDANN, мс	24,0±2,4	22,7±2,1	0,67	22,1±2,4	19,1±2,4	0,33	0,93	0,26
RMSSD, мс	50,9±5,9	30,3±3,7*	<0,01	48,9±3,7	19,2±1,8**	<0,01	0,77	<0,01
pNN(50, %	24,0±2,6	10,2±1,9*	<0,01	24,5±2,2	5,4±1,2**	<0,01	0,88	0,03
TI	15,3±1,0	12,6±0,7*	<0,01	13,1±0,7	8,9±0,4**	<0,01	0,07	<0,01
LF/HF	1,05±0,04	1,34±0,06*	<0,01	0,86±0,04#	1,39±0,07*	<0,01	<0,01	0,59
ИН, ед.	55,8±5,5	101,4±14,4*	<0,01	75,3±5,7#	176,6±17,9**	<0,01	0,02	<0,01
ВП, ед.	8,7±0,5	6,7±0,4*	<0,01	8,6±0,3	5,2±0,3**	<0,01	0,86	<0,01

Примечание: * — статистическая значимость $p < 0,05$ по сравнению с показателями в покое, # — $p < 0,05$ по сравнению с показателями у юношей; ед. — условные единицы.

Note: * — $p < 0.05$ as compared to the rest parameters, # — $p < 0.05$ as compared to the young men; ед. — arbitrary units.

Результаты нашей работы подтверждаются другими авторами, в чьих трудах определено преобладание кардиопротективного вагусного вегетативного компонента у женщин [11] и симпатического — у мужчин [3].

Анализ ВРС после интенсивной ФН выявил как у юношей, так и у девушек статистически значимые однотипные колебания: редукцию ВРС (снижение величин SDNN, TI) и парасимпатического тонуса ВНС (уменьшение значений RMSSD, pNN (50), ВП), преобладание симпатического тонуса ВНС (увеличение значения LF/HF), а также возрастание роли центральных механизмов регуляции ВРС (увеличение ИН). При этом у девушек по сравнению с юношами прирост или регрессия параметров ВРС после интенсивной ФН характеризовались не только существенным ($p < 0,05$), но и более значительным увеличением ЧСС (15,7±1,1 против 10,5±1,1 ударов/мин), LF/HF (0,53±0,07 против 0,29±0,04) и ИН (97,3±15,7 против 45,6±11,3 ед.), более существенным умень-

шением SDNN (–23,3±2,2 против — 17,1±3,6 мс), RMSSD (–29,8±2,9 против — 20,7±2,6 мс) и ВП (–3,5±0,4 против — 2,2±0,5 ед.). Эти изменения отражают менее выраженную адаптацию к интенсивной ФН, характеризующуюся большей регрессией общей ВРС и ригидностью ритма сердца, преобладанием симпатического тонуса ВНС и активности центральных структур над автономными в регуляции ритма сердца, а также угнетением парасимпатического тонуса. Полученные данные подтверждают, во-первых, стрессовое воздействие интенсивной ФН на ВНС и, во-вторых, констатируют снижение парасимпатического тонуса из-за неполного функционального восстановления после ФН [10] и пролонгацию симпатической активности [12].

У молодых людей с привычно умеренной ФА (2-я группа) после интенсивной ФН (табл. 3) статистически значимое отклонение по сравнению с 3-й группой продемонстрировал только один параметр ВРС — pNN(50)(%).

Таблица 3. Динамика показателей ВРС под влиянием одномоментной интенсивной физической нагрузки у молодых людей с разной степенью привычной физической активности

Table 3. Dynamics of HRV indicators under the influence of instant intense physical activity in young people with different degrees of habitual physical activity

Показатель	Группы и число обследованных					
	1-я группа с низкой ФА (n=42)		2-я группа с умеренной ФА (n=35)		3-я группа с высокой ФА (n=21)	
	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки
ЧСС, ударов/ мин	71,1±1,3	86,4±2,3**	69,6±2,1	83,3±2,0*	68,5±3,1	77,4±2,9*
SDNN, мс	60,5±3,0	37,3±2,7**	62,1±4,4	41,6±3,7*	68,1±10,4	52,9±8,6*
SDANN, мс	23,1±2,4	17,9±1,8*	24,5±3,1	24,2±3,1	22,3±3,4	21,5±3,6
RMSSD, мс	47,0±3,3	21,3±2,6*	50,8±4,9	23,7±3,8*	54,9±11,8	31,9±6,9*
pNN(50), %	23,2±2,3	6,2±1,6**	25,0±2,7	6,2±1,4**	25,5±4,9	13,5±3,7*
TI	14,6±0,7	9,8±0,6**	13,6±0,6	10,6±0,7*	14,7±2,2	12,8±1,3*

Продолжение таблицы 3

LF/HF, ед	0,94±0,04	1,47±0,08**	0,95±0,06	1,36±0,09*	1,01±0,06	1,18±0,1*
ИН, усл. ед.	69,5±6,6	160,3±20,9**	66,7±6,5	143,9±17,7*	56,9±7,7	92,7±16,2*
ВП, усл. ед.	8,7±0,4	5,5±0,4*	8,7±0,4	5,7±0,4*	8,9±0,9	6,9±0,7*

Примечание: * — статистическая значимость одноименных показателей в покое и после выполнения интенсивной физической нагрузки в пределах одноименных групп ($p < 0,01$), * — $p < 0,05$ от значений 3-й группы.
Note: * — $p < 0,01$ of same-named indicators at rest and after the intense physical load within same-named groups, * — $p < 0,05$ from the 3rd group values.

Далее оказалось, что у молодых людей, приверженных высокой ФА, интенсивная ФН сопровождалась статистически значимым повышением величин рNN(50), SDNN и TI и понижением значений ИН и LF/HF по сравнению с лицами, приверженными низкой ФА. Разнонаправленные изменения параметров SDNN, рNN(50) и TI, с одной стороны, и показателей ИН и LF/HF, с другой, отражали более высокие уровни общей ВРС, парасимпатической активности ВНС, а также автономной регуляции у молодых людей, приверженных высокой ФА. Для молодых людей, приверженных высокой ФА, по отношению к лицам, приверженным низкой ФА, были характерны статистически значимые изменения показателей ВРС, такие как менее выраженное повышение ЧСС ($9,0 \pm 1,4$ и $15,3 \pm 1,3$ уд/мин, $p < 0,05$); менее значимая редукция TI ($-1,9 \pm 1,2$ и $-4,7 \pm 0,7$, $p = 0,03$), которая отражала менее выраженное уменьшение ВРС; меньший прирост LF/HF ($0,18 \pm 0,07$ против $0,53 \pm 0,09$; $p = 0,01$), что характеризует меньшую активность симпатической ВНС; меньший прирост ИН ($35,8 \pm 11,5$ против $90,8 \pm 18,3$ ед.; $p < 0,05$), отражающий устойчивость автономности сердечного ритма; менее выраженная редукция ВП ($-2,0 \pm 0,6$ против $3,2 \pm 0,5$ ед.; $p > 0,05$), то есть устойчивости парасимпатического тонуса. Такие изменения отражают благоприятные кардио-адаптационные реакции и подтверждают несомненную пользу привычно высокой аэробной ФА [1, 13].

Заключение

Среди студентов медицинского вуза определена высокая частота риска развития метаболических нарушений, избыточной массы тела и ожирения, а также низкой ФА. Причина выбора в качестве объекта исследования студентов-медиков объясняется необходимостью определить распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний, склонность

студентов к здоровьесбережению и степень их физической адаптации с учетом того, что будущие врачи должны проецировать на своих пациентов не только информацию о здоровом образе жизни, но и личный пример его осуществления. Вероятно, полученные результаты могут быть экстраполированы на аналогичные когорты молодых людей с иной профессиональной направленностью.

Гендерные различия ВРС до выполнения ФН заключались в том, что у девушек по сравнению с юношами преобладали парасимпатический тонус ВНС и активность центральных механизмов регуляции ВРС, а после интенсивной ФН — на фоне угнетения парасимпатического тонуса преобладал симпатический тонус ВНС с большей степенью функциональной напряженности адаптационных реакций.

Степень изменений ВРС, индуцируемых ФН, зависела не только от ее интенсивности, но и от степени тренированности (ежедневно-го привычного уровня ФА) и приверженности к здоровому образу жизни. Для молодых людей с привычно высоким уровнем ФА характерны высокие значения общей ВРС, устойчивое преобладание парасимпатического тонуса ВНС над симпатическим, а также менее выраженная функциональная напряженность адаптационных реакций.

Применение методики исследования ВРС на коротких промежутках в динамике, демонстрирующей высокую воспроизводимость результатов [11], позволяет контролировать процесс оптимальной адаптации организма молодого человека к физическим нагрузкам и тем самым повышает реализацию внедряемой диагностической технологии в практику здоровьесберегающих профилактических и реабилитационных мероприятий.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). *Вестник аритмологии*. 2001; 24: 65–87.
2. Бань А.С., Загородный Г.М. Вегетативный показатель для оценки variability ритма сердца спортсменов. *Медицинский журнал*. 2010; 4(34): 127–130.
3. *Профилактика хронических неинфекционных заболеваний. Рекомендации*. Под ред. Бойцова С.А., Чучалина А.Г. М.: МЗ РФ; 2013: 128.
4. Billman G.E., Huikuri H.V., Sacha J., Trimmel K. An introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications. *Front. Physiol.* 2015; 6: 55. DOI: 10.3389/fphys.2015.00055
5. Bouaziz W., Vogel T., Schmitt E. et al. Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2017; 69: 110–127. DOI: 10.1016/j.archger.2016.10.012
6. Guerra Z.F., Peçanha T., Moreira D.N. et al. Effects of load and type of physical training on resting and postexercise cardiac autonomic control. *Clin. Physiol. Func. Imag.* 2014; 34(2): 114–120. DOI: 10.1111/cpf.12072
7. Jiménez M.S., Molina M.J. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2017; 42(3): 235–245. DOI: 10.1007/s10484-017-9364-2
8. 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; 93(5): 1043–1065.
9. Giles D.A., Draper N. Heart rate variability during exercise: A comparison of artefact correction methods. *J. Strength Cond. Res.* 2018; 32(3): 726–735. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001800
10. Plews D.J., Laursen P.B., Buchheit M. Day-to-day heart-rate variability recordings in world-champion rowers: appreciating unique athlete characteristics. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017; 12(5): 697–703. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0343
11. Schroeder R., Voss A. *Age and gender dependency of complexity measures of short-term heart rate time series in complexity and nonlinearity in cardiovascular signals*. In: Barbieri R., Scilingo E.P., Valenza G., eds. *Complexity and nonlinearity in cardiovascular signals*. 2017: 469–502. DOI: 10.1007/978-3-319-58709-7_18
12. Filliau C., Younes M., Blanchard A.-L. et al. Effect of “touch rugby” training on the cardiovascular autonomic control in sedentary subjects. *Int. J. Sports Med.* 2015; 36(07): 567–572. DOI: 10.1055/s-0034-1398648
13. Покровский В.М., Мингалев А.Н., Пухняк Д.В., Абушкевич В.Г. Сравнительная характеристика методов оценки стрессоустойчивости человека. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2011; 5(128): 125–127.

References

1. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V., Gavrilushkin A.P. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii). *Vestnik Aritmologii*. 2001; 24: 65–87 (In Russ.).
2. Ban' A.S., Zagorodnyi G.M. Vegetativnyi pokazatel' dlya otsenki variabel'nosti ritma serdtsa sportsmenov. *Meditsinskii Zhurnal*. 2010; 4(34): 127–130 (In Russ.).
3. *Profilaktika khronicheskikh neinfektsionnykh zabolevaniy. Rekomendatsii*. Boitsov S.A., Chuchalin A.G., eds. Moscow: MZ RF; 2013: 128 (In Russ.).
4. Billman G.E., Huikuri H.V., Sacha J., Trimmel K. An introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications. *Front. Physiol.* 2015; 6: 55. DOI: 10.3389/fphys.2015.00055
5. Bouaziz W., Vogel T., Schmitt E. et al. Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2017; 69: 110–127. DOI: 10.1016/j.archger.2016.10.012
6. Guerra Z.F., Peçanha T., Moreira D.N. et al. Effects of load and type of physical training on resting and postexercise cardiac autonomic control. *Clin. Physiol. Func. Imag.* 2014; 34(2): 114–120. DOI: 10.1111/cpf.12072
7. Jiménez M.S., Molina M.J. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2017; 42(3): 235–245. DOI: 10.1007/s10484-017-9364-2
8. 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; 93(5): 1043–1065.
9. Giles D.A., Draper N. Heart rate variability during exercise: A comparison of artefact correction methods. *J. Strength Cond. Res.* 2018; 32(3): 726–735. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001800
10. Plews D.J., Laursen P.B., Buchheit M. Day-to-day heart-rate variability recordings in world-champion rowers: appreciating unique athlete characteristics. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017; 12(5): 697–703. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0343
11. Schroeder R., Voss A. *Age and gender dependency of complexity measures of short-term heart rate time*

- series in complexity and nonlinearity in cardiovascular signals*. In: Barbieri R., Scilingo E.P., Valenza G., eds. *Complexity and nonlinearity in cardiovascular signals*. 2017: 469–502. DOI: 10.1007/978-3-319-58709-7_18
12. Filliau C., Younes M., Blanchard A.-L. et al. Effect of “touch rugby” training on the cardiovascular autonomic control in sedentary subjects. *Int. J. Sports Med.* 2015; 36(07): 567–572. DOI: 10.1055/s-0034-1398648
13. Pokrovskii V.M., Mingalev A.N., Pukhnyak D.V., Abushkevich V.G. The comparative characteristics of the stress evaluation methods in humans. *Kubanskii Nauchnyj Medicinskii Vestnik*. 2011; 5(128): 125–127 (In Russ., English abstract).

Контактная информация / Corresponding author

Черноглазов Константин Сергеевич; тел.: +7 (861) 268-53-90; ул. Советская, д. 62, г. Краснодар, 350063, Россия.

e-mail: 4ernoglazov@gmail.com

Konstantin S. Chernoglazov; tel.: +7 (861) 268-53-90; Sovetskaya str., 62, Krasnodar, 350063, Russia.

e-mail: 4ernoglazov@gmail.com