

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ НА ПАРАМЕТРЫ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ У МУЖЧИН

© 2021 г. ¹О. Е. Филатова, ²В. Ф. Пятин, ³М. А. Филатов, ¹Л. С. Шакирова

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва;

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара;

³БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут

Введение. Состояние параметров сердца в условиях длительных нагрузок при низких температурах составляет важный раздел физиологии человека, изучение которого необходимо для успешного освоения Арктики.

Цель. Изучить параметры кардиоинтервалов у мужчин до и после лыжного марафона (50 км) при низких температурах.

Методы. В группе из 15 мужчин исследовались с помощью прибора «Элокс-01С» параметры кардиоинтервалов до и после марафона при температуре -12°C , производился статистический расчет выборок и их сравнение (до и после нагрузки). Строились матрицы парных сравнений кардиоинтервалов и находились числа k пар выборок кардиоинтервалов, которые имели одну общую генеральную совокупность.

Результаты. По шести основным параметрам сердечного ритма обследуемых выявлены статистически значимые различия, т. к. во всех этих сравнениях (до и после марафона) критерий Вилкоксона $P \leq 0,05$. Матрицы парных сравнений выборок показали нарастание доли хаоса, т. к. уменьшалось число пар сравнений выборок кардиоинтервалов, у которых $P \geq 0,05$ ($k_1 = 15$ до и $k_2 = 11$ после марафона), что характерно именно для зимнего периода. Отметим, что у женщин после марафона статистически значимо различается только половина параметров (это результат других исследований), а у мужчин все шесть параметров статистически значимо различаются.

Вывод. Длительные физические нагрузки зимой приводят к резкому нарастанию активности симпатической вегетативной нервной системы и падению активности парасимпатической. При этом роль хаоса возрастает именно для кардиоинтервалов после длительной физической нагрузки (до нагрузки $\langle x \rangle \text{ PAR} = 15$ у. е., $\text{SIM} = 3$ у. е., после нагрузки $\langle x \rangle \text{ SIM} = 11$ у. е., $\text{PAR} = 9$ у. е.).

Ключевые слова: эффект Еськова – Зинченко, спортсмены, сердечно-сосудистая система, псевдоаттракторы, физическая нагрузка

EFFECT OF LOW TEMPERATURE ON CARDIOINTERVALS DURING PHYSICAL TRAINING IN MEN

¹O. E. Filatova, ²V. F. Pyatin, ³M. A. Filatov, ¹L. S. Shakirova

¹Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Moscow; ²Samara State Medical University, Samara; ³Surgut State University, Surgut, Russia

Introduction: Effects of low temperature and excessive physical load on the cardiovascular system are among the issues of human physiology that require better understanding for successful exploration of the Arctic.

Aim: To study cardiac rhythm before and after winter marathon (50 km) in men.

Methods: Altogether, 15 healthy men took part in this study. Cardiorhythm parameters were measured using "Elox-01S" device before and after a 50 km marathon in winter at -12°C . Matrices of paired observations before and after the exposure were constructed. The number of k -pairs belonging to the to the same population were identified. Wilcoxon test for paired samples was applied for before-after comparisons.

Results: Significant differences were revealed in six main parameters of the heart rate at $p < 0.05$ before and after the marathon. Pairwise comparisons matrices of samples showed an increase in the proportion of chaos, since decreased the number of cardiointervals samples pairwise comparisons for which $P \geq 0.05$ ($k_1 = 15$ before and $k_2 = 11$ after the marathon), which seems to be typical for the winter period. Other studies have reported that in women the differences were significant for three parameters only, while in men, all 6 parameters are changed after the winter marathon. The role of chaos increases for the studied parameters after long physical exercise.

Conclusion: Our results suggest that heavy physical load in winter may result in increasing of the role of sympathetic neuro-vegetative system and decreasing of the role of the parasympathetic system.

Key words: Eskov-Zinchenko effect, men, cardiovascular system, pseudo-attractors, physical loads

Библиографическая ссылка:

Филатова О. Е., Пятин В. Ф., Филатов М. А., Шакирова Л. С. Влияние низких температур при длительных физических нагрузках на параметры кардиоинтервалов у мужчин // Экология человека. 2021. № 1. С. 17–21.

For citing:

Filatova O. E., Pyatin V. F., Filatov M. A., Shakirova L. S. Effect of Low Temperature on Cardiointervals during Physical Training in Men. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 1, pp. 17-21.

Работа сердца человека в зимний период в условиях длительных физических нагрузок составляет важный раздел физиологии спорта и труда, а также экологии человека на Севере [1, 2, 7, 10, 18]. При низких температурах возникают особенности в регуляции

и кардиоритма (кардиоинтервалов), которые связаны с работой симпатической вегетативной нервной системы (СВНС) и парасимпатической вегетативной нервной системы (ПВНС). Исследование специфики регуляции СВНС и ПВНС в условиях низких тем-

ператур имеет особое значение в экологии человека на Севере Российской Федерации, так как освоение Севера часто сопровождается длительными физическими нагрузками при низких температурах. В целом состояние вегетативной нервной системы в аспекте регуляции работы сердца сейчас является объектом особого внимания [1–4, 13–17].

Оценку параметров такой регуляции можно производить путем анализа кардиоинтервалов (КИ), что выполняется в настоящей работе. При этом делается статистический анализ выборок и параметров СВНС и ПВНС путем статистического сравнения выборок по исследуемой группе, что доказывает реальность статистической неустойчивости выборок КИ в виде эффекта Еськова – Зинченко [8–12, 18–20].

Методы

Обследовалась группа из 15 мужчин (средний возраст $\langle T \rangle = 60,3$ года) по параметрам кардиоинтервалов (КИ) – NN в мсек., индексу Баевского – INB (характеризующему состояние адаптационных реакций организма в целом), степени насыщения кислородом гемоглобина в крови – SpO_2 (в %), стандартному отклонению полного массива КИ – SDNN и двум параметрам ВНС: СВНС – SIM и ПВНС – PAR в режиме многократных повторений [9, 10, 18]. Регистрация этих шести параметров производилась с помощью прибора «Элокс-01С» за период не менее 5 минут и специализированного программного вычислительного комплекса на базе ЭВМ. «Элокс-01С» технически выполнен с применением оптических излучателей и фотоприемника двух типов: в ближнем инфракрасном и красном спектре диапазона световой волны, которые дают возможность вычислять значение степени насыщения гемоглобина кислородом (в %). Были получены выборки параметров КИ для всех 15 человек. Любая выборка параметров КИ, SIM, PAR (и др.) содержала не менее 300 значений (с целью исключения артефактов и нивелировки влияния отрицательных обратных связей на съём информации). Для этих выборок были рассчитаны матрицы парных сравнений выборок (на примере КИ) в группе до и после марафона (при температуре воздуха $t = -12$ °C). Для всех шести параметров при парном сравнении выборок рассчитывали критерий Вилкоксона P . Если критерий $P \geq 0,05$, то пара считалась статистически совпадающей (она относилась к одной общей генеральной совокупности).

Рассчитывались матрицы, в которых находили число k пар выборок одной общей генеральной совокупности. В этом случае критерий Вилкоксона показал значение $P \geq 0,05$. Это число k представляло долю статистики в организации кардиоритма. Малые значения k доказывали эффект

Еськова – Зинченко – отсутствие статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов SIM, PAR у исследуемых в группе испытуемых. Ориентиром тут была величина $P \geq 0,95$, которая общепринята во всей статистике при оценке выборок.

Результаты

Сразу отметим, что статистическое сравнение самих КИ всех шести параметров и, в частности, выборок (в табл. 1 КИ обозначены как NN, измеряются в миллисекундах) после проведения марафона различается существенно. Критерий различия $P = 0,00065$ показан для NN в табл. 1. Это доказывает, что все сравниваемые выборки не совпадают статистически. Подчеркнем, что уровень оксигенации крови (параметр SpO_2) вместе с параметрами SIM, PAR также существенно различается.

Критерий различия $P < 0,05$ имеет существенные различия и по стандартам отклонения (в табл. 1 в виде SDNN), и по индексу Баевского (INB). Везде $P \leq 0,01$ в этой таблице. В нижней строке табл. 1 мы представляем критерий P для сравнения двух (любых из шести изучаемых) выборок до и после марафона. Если $P \geq 0,05$, то существенных различий в этих параметрах нет. Подчеркнем, что все шесть параметров в исследуемой группе мужчин (до и после марафона) различаются существенно, некоторые параметры имеют два нуля после запятой для P . Однако в группе женщин (другие исследования) мы этого не наблюдали (результаты будут представлены в другом сообщении).

Таблица 1

Средние значения интегральных и временных показателей регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы у группы мужчин до старта (марафон 50 км) ($n = 15$)

№ п/п	ФИО	SIM, у. е.	PAR, у. е.	NN/10, мс	INB, у. е.	SpO_2 , %	SDNN, у. е.
1	БФВ	2	19	1104		98	147
2	БАП	6	7	873	50	99	32
3	ДАА	6	12	884	43	96	43
4	ЖВ	1	18	1064	11	98	68
5	КВВ	1	14	1346	9	99	66
6	КСС	4	8	955	33	97	38
7	КЮИ	0	31	842	1	97	203
8	НВП	2	15	1082	10	99	75
9	ПВВ	12	4	857	117	98	23
10	ПАЛ	3	10	819	38	96	44
11	РСА	2	21	1154	12	97	78
12	ССН	1	24	1319	3	98	115
13	ТМЮ	2	20	904	16	99	70
14	ФМИ	3	13	933	25	99	48
15	ШВФ	7	11	1015	17	97	108
X ср.		3	15	1010	26	98	77
Me		2	14	955	16	98	68
5%		0	4	819	1	96	23
95%		12	31	1346	117	99	203
D		5	10	231	29	2	64
P до/ после		0,007599	0,023096	0,000655	0,010594	0,035601	0,014597

Таблица 2

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров кардиоинтервалов (NN) у группы мужчин до марафона 50 км ($n = 15$) с помощью непараметрического критерия Ньюмана – Кейлса, число совпадений $k_1 = 15$

	1 R:3384,4	2 R:1121,5	3 R:1177,6	4 R:2929,5	5 R:4205,6	6 R:1948,2	7 R:943,13	8 R:3025,7	9 R:889,33	10 R:640,08	11 R:3474,6	12 R:4098,8	13 R:1548,6	14 R:1755,5	15 R:2615,0
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
3	0,00	1,00		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,00	0,00
7	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,08	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	1,00	0,69	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	1,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблица 3

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров кардиоинтервалов (NN) у группы мужчин после марафона 50 км ($n = 15$) с помощью непараметрического критерия Ньюмана – Кейлса, число совпадений $k_2 = 11$

	1 R:3517,6	2 R:1455,0	3 R:613,09	4 R:3124,9	5 R:3911,6	6 R:2227,0	7 R:2034,9	8 R:181,09	9 R:3306,1	10 R:1769,5	11 R:2947,4	12 R:2598,9	13 R:1135,7	14 R:1005,5	15 R:3929,2
1		0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
4	0,02	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00		0,11	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,01	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Для оценки различий в состояниях нейровегетативной системы мужчин у нас в табл. 1 показано, что все выборки имеют $P < 0,05$, то есть статистически они различаются. Однако при сравнении самих этих выборок (внутри группы) мы не могли доказать их статистические совпадения. Действительно для исследуемой группы испытуемых мы построили матрицы парных сравнений выборок кардиоинтервалов до нагрузки и после, что представлено в табл. 2 и табл. 3. Очевидно, что число $k_1 = 15$, когда непараметрические критерии Ньюмана – Кейлса $P \geq 0,5$, в табл. 2 (перед марафоном) невелико (в статистике обычно такие $k \geq 95\%$).

Это небольшое число $k_1 = 15$ доказывает крайне низкую долю стохастики в работе сердца у всех испытуемых. С позиции стохастики все выборки КИ из этих 15 человек статистически не однородны. Только менее 20% ($k_1 = 15$) пар выборок из всех 105 разных пар статистически совпадают. Табл. 2 и 3 доказывают

ограниченность дальнейшего применения статистики в изучении параметров КИ. Соответственно сформировать однородную группу статистически невозможно из-за эффекта Еськова – Зинченко [7–11, 18–20].

Для оценки влияния зимнего марафона на параметры КИ мы рассчитали вторую матрицу парных сравнений выборок (см. табл. 3), где число $k_2 = 11$, то есть число пар k_2 , для которых было $P \geq 0,05$, уменьшилось. Это доказывает нарастание доли хаоса в оценке кардиоинтервалов при длительных физических нагрузках. В итоге матрицы парных сравнений выборок дают оценку влияния зимнего марафона на параметры КИ.

Обсуждение результатов

Напомним, что индекс активности парасимпатического отдела ВНС, PAR, характеризует степень отклонения зарегистрированного распределения КИ от Гаусовского закона распределения. Чем больше

отклонений от Гаусовского распределения, характеризующегося плавным убыванием количества КИ влево и вправо относительно моды распределения, тем сильнее активность гаусовского влияния на регуляцию ритма сердца и тем выше показатель PAR. Очевидно, что мужчины-спортсмены в спокойном состоянии демонстрируют значительное превышение параметров парасимпатической ВНС (PAR = 15 у. е., против SIM = 3 у. е.) над симпатической ВНС. Однако длительная физическая нагрузка привело к увеличению SIM почти в 4 раза, а PAR упал до 9 у. е. Однако после нагрузки параметр SIM превалирует над параметром PAR (у нетренированных испытуемых после небольшой нагрузки показатель PAR падает в 2–3 раза [18]).

Построение матриц парных сравнений выборок КИ демонстрируют картину различия в параметрах КИ до и после нагрузки. Однако сами выборки при их парном сравнении статистически различаются уже внутри группы (как до марафона $k_1 = 15$, так и после него). В табл. 1 мы работали со средними значениями выборок, и эти выборки средних показали нам различия, чего нельзя сказать про каждую выборку отдельно. В табл. 2 мы имеем четкие различия в выборках параметров КИ для каждого отдельного испытуемого. Такие испытуемые не могут образовывать однородную группу, и применение статистики в оценке параметров КИ в дальнейшем весьма проблематично. Однако расчет матриц парных сравнений выборок демонстрирует нарастание доли хаоса для КИ после марафона (это количественная оценка!).

Необходимо разрабатывать новые подходы и создавать новые модели для оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека, находящегося в различных экологических условиях. Сейчас возникает новое направление в экологии человека — разработка методов расчета псевдоаттракторов. В рамках такого подхода учитывается неустойчивость работы уже нейросетей мозга [5, 6] и ими управляемых функциональных систем [9–11, 18–20]. Новые подходы и методы могут существенно изменить наши представления о норме (стандарты) и уходу от нормы. Это позволит получать более объективные данные.

Вывод

Все шесть параметров сердечно-сосудистой системы показали существенные статистические различия при их сравнении до и после марафона (в условиях такого же зимнего марафона у женщин другая динамика). Статистическое сравнение выборок параметров кардиоинтервалов групп испытуемых до и после марафона в зимнее время показало неустойчивость выборок КИ. Это доказывает эффект Еськова — Зинченко в экологии человека и ограничивает дальнейшее применение статистики в медицине, так как любая выборка КИ уникальна.

Необходимы новые методы и модели в оценке работы сердца. При этом построение матриц парных сравнений выборок КИ показывает увеличение доли хаоса в работе сердца. После марафона число k_2 пар

выборок, которые могут статистически совпадать, резко снизилось (после нагрузки). До нагрузки мы имели $k_1 = 15$, а после нагрузки $k_2 = 11$, что доказывает нарастание статистического хаоса в работе сердечно-сосудистой системы.

Подчеркнем, что этот хаос (в виде эффекта Еськова — Зинченко) не имеет ничего общего с динамическим хаосом Лоренца. Там матрицы (подобные табл. 2 и 3, но для выборок аттрактора Лоренца) показывают $k \geq 95\%$, то есть выборки в аттракторе Лоренца при эффекте смешивания весьма однородны (статистически совпадают). В целом в экологии человека сейчас установлен особый хаос параметров испытуемых, который до настоящего времени пока детально не изучен.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН (Проведение фундаментальных научных исследований (47 ГП) по теме № 0065-2019-0007 «36.20 Развитие методов математического моделирования распределенных систем и соответствующих методов вычисления» № АААА-А19-119011590093-3).

Авторство

Филатова О. Е. выполнила математическое обоснование расчета матриц парных сравнений выборок, а также обосновала методы расчета квазиаттракторов для оценки гомеостаза при физической нагрузке; Пятин В. Ф. осуществил расчет матриц парных сравнений выборок параметров КИ; Филатов М. А. выполнил регистрацию параметров вегетативной нервной системы испытуемых до и после марафона; Шакирова Л. С. провела статистический анализ значения интегральных и временных показателей регуляции сердечно-сосудистой системы испытуемых.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Филатова Ольга Евгеньевна — ORCID 0000-0002-0975-0022; SPIN: 9053-6185

Пятин Василий Федорович — ORCID 0000-0002-9310-9413; SPIN 3058-9038

Филатов Михаил Александрович — ORCID 0000-0002-5784-2888; SPIN 4362-0598

Шакирова Лилия Салаватовна — ORCID 0000-0003-2938-3108; SPIN 9004-3343.

References

- Bernjak A., Cui J., Iwase S., Mano T., Stefanovska A., Eckberg D. L. Human sympathetic outflows to skin and muscle target organs fluctuate concordantly over a wide range of time-varying frequencies. *The Journal of Physiology*. 2012, 590 (2), pp. 363-375.
- Brown R., Macefield V. G. Skin sympathetic nerve activity in humans during exposure to emotionally-charged images: sex differences. *Frontiers in Physiology*. 2014, 5, p. 111.
- Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram. *Heart*. 2017, 103, pp. 24-31.
- Dampney R. A. Central neural control of the cardiovascular system: current perspectives. *Advances in Physiology Education*. 2016, 40 (3), pp. 283-296.
- Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks. *Neurocomputing*. 1996, 11 (2-4), pp. 203-226.

6. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497-505.
7. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements. *Measurement techniques*. 2014, 57 (6), pp. 720-724.
8. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Y. V. Formalization of the effect of "repetition without repetition" discovered by N. A. Bernshtein. *Biophysics*. 2017, 62 (1), pp. 143-150.
9. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity. *Technical Physics*. 2017, 62 (11), pp. 1611-1616
10. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V. and Gavrilenko T. V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos-Self-Organization. *Biophysics*. 2017, 62 (5), pp. 809-820.
11. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017, 72 (3), pp. 309-317.
12. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017, 21 (3), pp. 224-232.
13. Nobrega A., O'Leary D., Silva B. M. et al. Neural regulation of cardiovascular response to exercise: role of central command and peripheral afferents. *BioMed. Res. Int*. 2014, 2014. Article ID 478965. 20 p.
14. Reynard A., Gevirtz R., Berlow R., Brown M., Boutelle K. Heart rate variability as a marker of self-regulation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2011, 36 (3), pp. 209-215.
15. Shaffer F., Ginsberg J. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*. 2017, 5, p. 258.
16. Spalding T., Jeffers L. Vagal and Cardiac Reactivity to Psychological Stressors in Trained and Untrained Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000, 32, pp. 581-591. DOI: 10.1097/00005768-200003000-00006
17. Williamson J. W. Autonomic responses to exercise: where is central command? *Autonomic Neuroscience*. 2015, 188, pp. 3-4.
18. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V. and Eskov V. M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, 164 (2), pp. 115-117.
19. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 168 (7), pp. 5-9.
20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 167 (4), pp. 419-423.

Контактная информация:

Филатов Михаил Александрович — доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и биофизики БУ ВО ХМАО — Югры «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628400, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Сургут, пр. Энергетиков, д. 22

E-mail: Filatovmik@yandex.ru