

СОСТОЯНИЕ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ МУЖЧИН В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕГО МАРАФОНА

© 2021 г. ¹В. М. Еськов, ²В. Ф. Пятин, ¹В. А. Галкин, ³Л. С. Чемпалова

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте; ²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара; ³ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

Введение: Выполнение длительных физических нагрузок в зимнее время связано с существенными перестройками нейровегетативной системы.

Цель: Изучить динамику изменения параметров симпатической и парасимпатической нейровегетативных систем группы мужчин в условиях зимнего бегового марафона.

Методы: С помощью автоматизированной системы на базе ЭВМ регистрировались параметры симпатической и парасимпатической нейровегетативных нервных систем группы мужчин (15 человек) до и после зимнего марафона (50 км). Производился расчет матриц парных сравнений выборок параметров симпатической и парасимпатической систем до и после марафона. Находились числа k пар выборок, которые имели общую генеральную совокупность.

Результаты: Построены четыре матрицы парных сравнений выборок, которые показали, что для симпатической вегетативной нервной системы доля стохастики поднялась с $k_1 = 11$ до $k_2 = 13$, для парасимпатической системы доля стохастики повысилась с $k_1 = 10$ до $k_2 = 13$.

Выводы: Наблюдается равнонаправленная динамика изменения доли стохастики до и после марафона. Для симпатической и парасимпатической систем наблюдается падение доли хаоса, но в любом случае констатируем статистическую неустойчивость выборок.

Ключевые слова: симпатическая и парасимпатическая нейровегетативные системы, эффект Еськова – Зинченко, зимний марафон

NEUROVEGETATIVE SYSTEM CONDITIONS DURING WINTER MARATHON IN MEN

¹V. M. Eskov, ²V. F. Pyatin, ¹V. A. Galkin, ³L. S. Chempalova

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

Introduction: Long-duration physical activity in winter is associated with significant demands for neurovegetative system.

Aim: To explore the changes in the parameters of sympathetic and parasympathetic neurovegetative systems in men during a winter marathon.

Methods: Parameters of the sympathetic and parasympathetic nervous systems of the group were estimated in 15 men after the winter marathon (50 km) using an automated computer-based system. Pairwise comparisons matrices of the parameter of the sympathetic and parasympathetic systems before and after the marathon were performed. There were found the k numbers of pair samples that had a common general population.

Results: Four matrices of pairwise comparisons were constructed and shown the increasing of the proportion of stochastic from $k_1 = 11$ to $k_2 = 13$ for the sympathetic autonomic nervous system.

Conclusions: An equidirectional dynamic of stochastic's proportion changes before and after the marathon is observed. For the sympathetic and parasympathetic systems, the drop of chaos is observed, but we still can make a conclusion on the statistical instability of the samples.

Key words: sympathetic and parasympathetic neurovegetative systems, the effect of Eskov-Zinchenko, winter marathon

Библиографическая ссылка:

Еськов В. М., Пятин В. Ф., Галкин В. А., Чемпалова Л. С. Состояние нейровегетативной системы мужчин в условиях зимнего марафона // Экология человека. 2021. № 11. С. 28–32.

For citing:

Eskov V. M., Pyatin V. F., Galkin V. A., Chempalova L. S. Neurovegetative System Conditions during Winter Marathon in Men. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 10, pp. 28-32.

Введение

Общеизвестно, что при длительных физических нагрузках у человека в большинстве случаев нарастает активность симпатической нейровегетативной системы (СВНС) и падает активность парасимпатической нейровегетативной системы (ПВНС) [3–6]. При этом было установлено, что в условиях нормального старения у жителей севера Российской Федерации (например, у народов ханты) с возрастом закономерно существенно нарастает активность СВНС и падает

активность ПВНС. В этой связи активная физическая нагрузка для лиц старшей возрастной группы может обеспечить инверсию СВНС над ПВНС, то есть параметров нейровегетативного статуса человека, еще на подступах к старости [1, 7, 9].

При этом не следует исключать из рассмотрения и реальность статистической неустойчивости выборок параметров сердечно-сосудистой системы (ССС), которая сейчас зарегистрирована как эффект Еськова – Зинченко (ЭЕЗ) сначала в биомеханике [7–9, 15], а

затем и в физиологии и экологии человека [1, 2, 7, 8, 15, 16]. Таким образом, исследование параметров человека при занятиях физической культурой и спортом требует не только использования традиционных [3–6, 10–14] статистических подходов, что сейчас превалирует в физиологии и медицине, но и внедрения новых методов теории хаоса — самоорганизации (ТХС) [2, 5, 8, 9, 15, 16]. Именно методы ТХС смогут обеспечить учет реальных изменений в организме и избежать статистических неточностей. В данной работе используется метод построения матриц парных сравнений выборок для оценки параметров СВНС и ПВНС до и после зимнего марафона (50 км). Отметим, что хаос характерен и в работе нейросетей мозга [7, 9, 16] и других систем организма человека [2, 7–9, 15, 16].

Целью исследования является установление новых закономерностей поведения параметров СВНС и ПВНС в организме мужчин в условиях зимнего марафона.

Методы

Главной задачей настоящих исследований явилось установление закономерностей поведения параметров симпатической и парасимпатической вегетативных нервных систем мужчин в условиях зимнего бегового (на лыжах) марафона с позиций статистической неустойчивости выборок [1, 2, 7–9]. Группа из пятнадцати мужчин (средний возраст $\langle T \rangle = (60,0 \pm 3,6)$ года) обследовалась с помощью прибора Элокс-01 согласно Хельсинкской декларации. Регистрация параметров СВНС — x_1 и ПВНС — x_2 производилась согласно рекомендациям Европейской ассоциации кардиологов [3–6, 11–14] (не менее 5 минут, что дало в каждой выборке x_1 и x_2 для каждого испытуемого не менее 300 значений этих параметров). Выборки обрабатывали статистически на предмет проверки распределения. Установлена только одна выборка с нормальным распределением. В этой связи все дальнейшие расчеты проводились для непараметрических распределений.

В итоге было получено 15 выборок СВНС и 15 выборок ПВНС до марафона и такое же количество выборок x_1, x_2 для каждого испытуемого после марафона (50 км). Температура окружающего воздуха $t = -10$ °C. Для полученных выборок x_1, x_2 строились матрицы попарного сравнения, в которые заносились (как элемент P_{ij} матрицы, где i — номер строки, j — номер столбца) значения непараметрического критерия Ньюмана — Кейлса [3–6, 8, 9]. Если $P_{ij} \geq 0,05$, то считалось, что такая пара выборок x_1, x_2 может иметь одну общую генеральную совокупность. При $P_{ij} < 0,05$ мы считаем, что эти две сравниваемые выборки статистически не могут совпадать. Во всех $P_{ij} < 0,00$ мы имеем $P_{ij} < 0,000$ (три знака после запятой не писали из-за громоздкости таблиц). В итоге во всех этих четырёх матрицах мы находили числа k , которые показывали число пар выборок x_1, x_2 , демонстрирующих статистические совпадения для

симпатической (СВНС) — k^s и парасимпатической (ПВНС) — k^p систем.

Отметим, что низкое k ($k < 20$ %) доказывает ЭЭЗ, то есть отсутствие статистической устойчивости выборок с позиций стохастики [1, 2, 7–9, 15, 16]. Это означает, что группа неоднородная, с ней невозможно дальше работать в рамках стохастики из-за уникальности каждой выборки x_1 или x_2 . Это требует перехода к новым методам ТХС [1, 2, 7–9], что мы и сделали путем расчета матриц парных сравнений выборок [15, 16].

Результаты

Сразу отметим, что статистическая неустойчивость выборок ранее нами была доказана в биомеханике [7, 8, 15] и при изучении параметров кардиоинтервалов (КИ) [1, 2, 8, 9]. Сейчас мы уделяем особое внимание параметрам вегетативной нервной системы (ВНС) человека в условиях бегового (на лыжах) зимнего марафона. Отметим, что сейчас завершаются наши исследования и по летнему марафону, где данные имеют другую направленность. Доказательство ЭЭЗ основано на расчётах матриц парных сравнений выборок x_1 и x_2 перед марафоном и после забега на 50 км. При этом исследовалась именно старшая возрастная группа, средний возраст около 60 лет.

Расчёт матриц попарного сравнения выборок показал, что k во всех случаях ($k_1^s = 11$ и $k_1^p = 10$ до и $k_2^s = 13$ и $k_2^p = 12$ после марафона) не могут превышать 15 % от всех сравниваемых выборок из 105 пар в каждой такой матрице. Мы представляем две матрицы парных сравнений выборок для СВНС до забега k_1^s и после забега k_2^s в табл. 1 и табл. 2. Отметим, что число k_1^s в табл. 1 небольшое ($k_1^s = 11$). Это доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок параметров ВНС у группы мужчин перед марафоном.

Доля хаоса (т. е. несовпадений выборок) в табл. 1 почти 90 %. Это и есть доля стохастического хаоса в параметрах СВНС. Хаос преобладает над стохастикой, и параметры СВНС крайне статистически неустойчивы. Подобные результаты мы получили и в других группах (всего было обследовано более 500 человек). Табл. 1 демонстрирует неустойчивость, которая характерна для любой группы испытуемых при анализе параметров СВНС.

Отметим, что после нагрузки наблюдается небольшое увеличение доли стохастики. Для параметров x_1 в табл. 2 мы имеем $k_2^s = 13$, то есть $k_2^s > k_1^s$. Это характеризует влияние зимнего бегового марафона на параметры ВНС. Однако в любом случае мы имеем крайне низкие значения доли стохастики в параметрах ВНС. Это доказывает реальность ЭЭЗ для ВНС человека, находящегося в различных физиологических состояниях (до марафона и после) [1, 2, 8, 9, 15, 16].

Таким образом, для СВНС характерно именно нарастание доли стохастики после длительной физической нагрузки. Это же характерно и для ПВНС. Были также построены и две таблицы сравнения x_2

Таблица 1

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров симпатической вегетативной нервной системы (SIM) у группы мужчин до марафона 50 км (n = 15) с помощью непараметрического критерия Ньюмана – Кейлса, число совпадений $k_1^S = 11$

	1 R:1857,6	2 R:3487,2	3 R:2932,9	4 R:1241,2	5 R:1203,9	6 R:2947,8	7 R:493,41	8 R:2371,3	9 R:4005,3	10 R:2415,4	11 R:1784,3	12 R:929,93	13 R:1850,3	14 R:2913,9	15 R:3323,1
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	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	1,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,02
4	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,00		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	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,04
7	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
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	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
10	0,00	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
11	1,00	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
12	0,00	0,00	0,00	0,35	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	1,00	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
14	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,01
15	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	

Таблица 2

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров симпатической вегетативной нервной системы (SIM) у группы мужчин после марафона 50 км (n = 15) с помощью непараметрического критерия Ньюмана – Кейлса, число совпадений $k_2^S = 13$

	1 R:788,53	2 R:3599,0	3 R:3983,9	4 R:841,59	5 R:1299,5	6 R:2928,2	7 R:380,10	8 R:3912,0	9 R:1978,9	10 R:2175,8	11 R:2746,8	12 R:2258,4	13 R:3279,3	14 R:2821,3	15 R:764,12
1		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2	0,00		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
3	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	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	1,00
5	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
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,10	1,00	0,00
7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
8	0,00	0,33	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	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
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	1,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00
15	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

для исследуемой группы. Установлено, что до нагрузки число пар выборок x_2 в такой таблице (аналог матрице, см. табл. 2) меньше, чем для x_1 . Здесь $k_1^P = 10$, а для СВНС было $k_1^S = 11$. После марафона k_2^P тоже несколько увеличилось, но не достигло значения k_2^S ($k_2^P = 12$ против $k_2^S = 13$).

Оба показателя состояния ВНС у спортсменов перед марафоном и после демонстрируют крайне низкие значения k . Это доказывает реальность ЭЭЗ [1, 2, 8, 9, 15, 16] для всех параметров ВНС, что расширяет область применения этого эффекта на различные параметры состояния ССС у спортсменов в условиях длительных физических нагрузок. При этом матрицы парных сравнений однонаправленно изменялись (подобно табл. 1 и табл. 2).

Очевидно, что применение метода расчёта матрица парных сравнений выборок [1, 2, 8, 9, 16] обеспечит

выход из возникающего кризиса при применении традиционных статистических методов [1, 2 7–9]. Матрицы показывают различия в параметрах СВНС и ПВНС до и после марафона, в то время как статистика по всей группе демонстрирует уже различия выборок (см. табл. 1 и табл. 2) самих испытуемых в их неизменных условиях (т. е. до марафона или после). Мы делали многократные повторные измерения x_1 и x_2 для этой же группы в спокойном состоянии, и выборки при повторении показали крайне малое значение k (а пары совпадений каждый раз были разные).

Все это означает, что статистическая неустойчивость параметров x_1 и x_2 имеет всеобщий характер. Экология человека сейчас нуждается в разработке новых методов оценки однородности групп и для идентификации реальных различий в физиологических состояниях организма человека (у нас до нагрузки

и после). Это можно выполнить сейчас в рамках новой ТХС. Выборки x_1 и x_2 являются уникальными и для каждого испытуемого [1, 2, 7-9], статистически повторить их произвольно невозможно. В этом отношении определенные перспективы открывают методы расчёта псевдоаттракторов [7-9], что мы и представим в следующем сообщении.

Обсуждение результатов

Традиционно уже более 100 лет в экологии и в биомеханике используются различные статистические методы в оценке параметров функций организма человека. При этом считается, что неизменный физиологический статус должен подтверждаться и неизменностью выборок параметров этих функций организма. Однако последние 20 лет накапливается все больше материала о возможности регистрации статистически неустойчивых выборок у испытуемого, находящегося в неизменном физиологическом состоянии. Это нами обозначается как эффект Еськова – Зинченко (ЭЕЗ).

В настоящее время в биомеханике и экологии человека для параметров КИ твёрдо доказан ЭЕЗ [1, 2, 7-9, 15, 16]. Этот эффект основан на доказательстве отсутствия статистической устойчивости биомеханических и других физиологических параметров как для одного испытуемого, так и для группы в режиме многих повторных регистраций [1, 2, 7-9, 15, 16]. Сейчас мы доказываем реальность ЭЕЗ и в оценке параметров ВНС у группы спортсменов. Для этих целей строились матрицы парных сравнений выборок параметров СВНС – x_1 и ПВНС – x_2 , которые показывали низкие значения критерия Ньюмана – Кейлса P (если $P \geq 0,05$, то такая пара считалась статистически совпадающей), то есть выборки не принадлежат к одной генеральной совокупности. При $P < 0,05$ выборки различаются и сама группа теряет однородность.

Следует отметить, что эффект статистической неустойчивости выборок любых параметров $x_i(t)$ для ССС был нами первоначально доказан в исследованиях с одним человеком. При многократных повторных регистрациях выборок КИ у одного и того же испытуемого при парном сравнении двух соседних выборок КИ получаем частоту их совпадения $P_{i,j+1} \leq 0,1$ [1, 2, 7-9]. Это очень малая величина. Если регистрировать подряд выборки КИ (не менее 5 минут каждая выборка), то мы получаем частоту парных совпадений не более 15 %. В итоге этот ЭЕЗ был первоначально доказан для КИ у одного и того же испытуемого, а затем и для групп разных испытуемых. Подчеркнем, что несовпадение выборок КИ у группы доказывает потерю однородности.

Работать с неоднородными группами в статистике невозможно, так как непонятно, из-за чего организм каждого испытуемого демонстрирует различия (были это физиологически разные люди или нет). Тогда необходимо применять другие методы оценки параметров ВНС спортсменов до и после марафона.

В рамках новой теории ТХС [1, 2, 7-9, 15, 16] мы

предлагаем рассчитывать не только матрицы парных сравнений выборок параметров работы сердца, но и находить площади псевдоаттракторов (ПА) [2, 7-9, 15, 16]. В этом случае эти площади ПА реально показывают состояние ССС человека (что в статистике выполнить затруднительно [1, 2, 7-9]).

Выводы

Установлено, что физическая нагрузка уменьшает долю хаоса в работе ССС (на примере ВНС). В итоге мы приходим к необходимости разработки новых методов и моделей в экологии человека для оценки физиологического состояния спортсмена. В матрицах парных сравнений выборок нарастает доля стохастичности (до $k_2^p = 12$ для ПВНС и до $k_2^s = 13$ для СВНС). Однако в любом случае эти величины не превышают 15 %, что крайне мало для статистики (где обычно требуется более 95 % совпадений).

Один из вариантов такой оценки – построение матриц парных сравнений выборок x_1 и x_2 . Эти матрицы не только доказывают ЭЕЗ для ВНС, то есть статистическую неустойчивость выборок, но и позволяют оценить состояние и различия ВНС до и после нагрузки (как для СВНС, так и для ПВНС).

Матрицы сравнения x_1 и x_2 доказали ЭЕЗ для ВНС и демонстрируют реальные изменения в регуляции ССС за счет нарастания доли стохастичности после нагрузки – повышается регулярность в работе ВНС. Всё это характеризует состояние ССС спортсменов в зимнее время при физических нагрузках. Выявлены особенности изменений параметров ВНС при нагрузке, которые демонстрируют высокую долю статистического хаоса (ЭЕЗ) в работе ССС. Очевидно, дальнейшее развитие всей экологии человека может быть связано с применением новых методов расчета матриц (вида табл. 1 и 2) и расчетом параметров псевдоаттракторов [2, 7-9, 15, 16].

Следует подчеркнуть, что за последние 20 лет твёрдо доказан ЭЕЗ, в котором отсутствует статистическая устойчивость выборок любых параметров функций организма. В настоящей работе мы это доказываем на примере параметров ВНС. Ранее мы это показали на примерах с кардиоинтервалами, электромиограммами, электроэнцефалограммами [16]. Все эти параметры организма демонстрируют статистическую неустойчивость. Очевидно, что это общее свойство биосистем, которое сейчас надо уже учитывать в экологии человека. Работать дальше с уникальными (не повторимыми статистически) выборками уже невозможно. Экология, как и другие науки (биология, психология, медицина) о живых системах, требует разработки новых методов и новых теорий. Мы сейчас создаем такую новую теорию в виде ТХС [7-9]. В этой связи новой ТХС уже учитывается статистическая неустойчивость выборок и предлагаются методы расчета матриц парных сравнений выборок и расчет параметров псевдоаттракторов [1, 2, 7-9, 15, 16].

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-47-860001 р_а «Разработка вычислительной системы для идентификации параметров тремора при стресс-воздействиях в психофизиологии».

Авторство

Еськов В. М. выполнил математическое обоснование расчета матриц парных сравнений выборок, а также обосновал методы расчета квазиаттракторов для оценки гомеостаза при физической нагрузке; Пятин В. Ф. выполнил регистрацию параметров вегетативной нервной системы испытуемых до и после марафона; Галкин В. А. осуществил расчет матриц парных сравнений выборок параметров КИ k_1^S до и после марафона k_2^S ; Чемпалова Л. С. провела статистический анализ значения интегральных и временных показателей регуляции сердечно-сосудистой системы испытуемых.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Еськов Валерий Матвеевич — ORCID 0000-0002-1497-897X; SPIN 6349-8387

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

Галкин Валерий Алексеевич — ORCID 0000-0002-9721-4026; SPIN 6947-4944

Чемпалова Любовь Сергеевна — ORCID 0000-0003-2621-638X; SPIN 9064-2900

Список литературы / References

1. Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В., Филатова Д. Ю., Иляшенко Л. К. Особенности возрастных изменений кардиоинтервалов у жителей Севера России // Экология человека. 2019. № 2. С. 21–26.
2. Eskov V. V., Filatova O. E., Bashkanova Y. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K. Age-Related Changes in Heart Rate Variability among Residents of the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019, 2, pp. 21-26. [In Russian]
3. Филатова Д. Ю., Башкатова Ю. В., Мельникова Е. Г., Шакирова Л. С. Проблема однородности параметров кардиоинтервалов у детей школьного возраста в условиях широтных перемещений // Экология человека. 2020. № 1. С. 6–10.
4. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V., Melnikova E. G., Shakirova L. S. Homogeneity of the Parameters of the Cardiointervals in School Children after North-South Travel. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020, 1, pp. 6-10. [In Russian]
5. 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.
6. Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram. *Heart*. 2017, 103, pp. 24-31.
7. Critchley H. D. Neural mechanisms of autonomic, affective, and cognitive integration. *J. Comp. Neurol.* 2005, 493 (1), p. 154.

6. Dampney R. A. Central neural control of the cardiovascular system: current perspectives. *Advances in Physiology Education*. 2016, 40 (3), pp. 283-296.

7. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vokhmina Y. V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems - complexity. *Technical physics*. 2017, 62 (11), pp. 1611-1616.

8. Eskov V. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K., Vokhmina Y. V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2019, 74 (1), pp. 57-63.

9. Eskov V. V. Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L. A. Zadeh. *Journal of Physics Conference Series*. 2021, 1889 (5), p. 052020 DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052020

10. Lovallo W. R. Psychophysiological reactivity: mechanisms and pathways to cardiovascular disease. *Psychosomatic Medicine*. 2003, 65 (1), pp. 36-45.

11. McCraty R., Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. *Global advances in health and medicine*. 2015, 4 (1), pp. 46-61. DOI: 10.7453/gahmj.2014.073

12. 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.

13. Reyes del Paso G. A., Langewitz W., Mulder L. J., van Roon A., Duschek S. The Utility of Low Frequency Heart Rate Variability as an Index of Sympathetic Cardiac Tone: a Review with Emphasis on a Reanalysis of Previous Studies. *Psychophysiology*. 2013, 50 (5), pp. 477-487. DOI: 10.1111/psyp.12027

14. Shaffer F., Ginsberg J. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*. 2017, 5, p. 258.

15. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2018, 165 (4), pp. 415-418.

16. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitantina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 168 (7), pp. 5-9.

Контактная информация:

Еськов Валерий Матвеевич — заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, зав. отделом биофизики и нейрокибернетики ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте

Адрес: 628400, Тюменская обл., г. Сургут, ул. Базовая, д. 34

E-mail: filatovmik@yandex.ru