

ПРОБЛЕМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

© 2020 г. В. В. Еськов, *Е. В. Орлов, Ю. В. Башкатова, Е. Г. Мельникова

ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва;
*ГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара

Одной из главных проблем в теории гомеостаза и теории функциональных систем организма человека является проблема выбора стандартов. При этом оказалось, что статистика слабо диагностирует норму (стандарт) в состоянии функций организма. Цель исследования – доказательство возможностей применения в качестве стандарта (физиологической нормы) параметров организма новых количественных критериев – площади псевдоаттрактора (квазиаттрактора Еськова). Методы. В группе из 15 женщин (средний возраст $\langle T \rangle = (28 \pm 2,3)$ года, которые более 15 лет проживают на Севере Российской Федерации в Югре) по 225 раз (для каждой испытуемой) регистрировали выборки кардиоинтервалов (по 300 кардиоинтервалов в каждой такой выборке). В итоге рассчитывали по 15 матриц парных сравнений выборок для каждой испытуемой (всего 225 матриц для всех 15 испытуемых) и по 225 площадям S псевдоаттракторов для каждой испытуемой. Площадь S находили из формулы $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 – вариационный размах для кардиоинтервалов, а Δx_2 – вариационный размах для Δx_1 . Результаты. Все 225 матриц для 15 испытуемых показали отсутствие устойчивости выборок кардиоинтервалов. Однако площади S показали статистическую устойчивость для каждой из 15 испытуемых. Выводы: дальнейшее применение статистики в расчетах кардиоинтервалов представляется проблемным из-за статистической неустойчивости выборок, и предлагается для оценки физиологической нормы использовать площади псевдоаттракторов.

Ключевые слова: кардиоинтервалы, статистическая устойчивость, матрицы парных сравнений, псевдоаттракторы, эффект Еськова – Зинченко

THE PROBLEM OF STATISTICAL STABILITY OF PARAMETERS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

V. V. Eskov, *E. V. Orlov, Yu. V. Bashkatova, E. G. Melnikova

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

One of the main problems in the theory of homeostasis and the theory of functional systems of the human body is the problem of choosing standards. It turned out that the statistics poorly diagnose the norm (standard) of function of the human body. The aim of the study was to assess the possibility of using a new quantitative criteria - the area of the pseudoattractors (Eskov's quasiattractors) as standard (physiological norm) parameters. Methods. In a group of 15 women (mean age $\langle T \rangle = 28 \pm 2,3$ years, who have been living in the North of the Russian Federation in Ugra for more than 15 years), cardiointerval samples were recorded (300 cardiointervals per sample) 225 times for each test subject. As a result, we calculated 15 matrices of pairwise comparisons of samples. A total of 225 matrices for all 15 subjects and 225 areas of S pseudoattractors for each subject were created. Area S was found from the formula $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$, where Δx_1 is the range for cardio intervals, and Δx_2 is the range for Δx_1 . Results. All 225 matrices for 15 subjects showed a substantial variability in samples of cardiointervals. However, S areas showed statistical stability for each of 15 subjects. Conclusions: further application of statistics in the calculation of cardio intervals is problematic due to the statistical instability of the samples, therefore we propose to use areas of pseudoattractors to assess the physiological norm.

Key words: cardiointervals, statistical stability, paired comparison matrices, pseudoattractors, Eskov-Zinchenko effect

Библиографическая ссылка:

Еськов В. В., Орлов Е. В., Башкатова Ю. В., Мельникова Е. Г. Проблема статистической устойчивости параметров кардиоинтервалов сердечно-сосудистой системы жителей Севера Российской Федерации // Экология человека. 2020. № 11. С. 27–31.

For citing:

Eskov V. V., Orlov E. V., Bashkatova Yu. V., Melnikova E. G. The Problem of Statistical Stability of Parameters of the Cardiovascular System. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 27-31.

Ряд исследователей, изучавших параметры нейросетей мозга, указывали на отсутствие устойчивости и периодичности в работе нейросетей [6–9, 15, 16]. При этом подчеркивалось, что не периодически работающие нейроны могут участвовать в организации периодических движений и наоборот [6–9, 19]. В этой связи возникает закономерная необходимость изучения возможности хаотической работы и других биогенераторов (периодических процессов), например, работы сердца [1, 3–5, 10, 17].

Может ли ритмика сердца быть строго устойчивой, или к кардиоинтервалам (КИ) можно применить гипотезу Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений» [2]? Напомним, что еще в 1947 г. Н. А. Бернштейн выдвинул эту гипотезу [2] в регуляции движений. За последние 20 лет гипотеза Бернштейна получила подтверждение в виде эффекта Еськова – Зинченко не только в биомеханике, но и во всей физиологии [1, 10, 11, 16–20].

Если выборки КИ будут статистически неустой-

чивы, то что тогда следует выбирать для описания физиологической нормы (стандарта)? Ответы на эти вопросы мы и представляем в настоящем сообщении.

Методы

Группа женщин (средний возраст $\langle T \rangle = (28 \pm 2,3)$ года), проживающих более 15 лет в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (Обский Север Российской Федерации), многократно подвергалась регистрации выборок КИ (каждый период регистрации не менее 5 минут, так что в выборке было не менее 300 КИ). Регистрация выборок КИ производилась ежедневно в период 9–12 часов, после каждой регистрации была пауза 5 минут (беседа на произвольные темы). Каждая женщина регистрировалась в спокойном состоянии, сидя, по 15 выборок КИ в каждой серии (всего 15 серий для одной испытуемой, наблюдения проводились с сентября по ноябрь 2019 г. при комнатной температуре $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$). Для каждой серии были построены матрицы парных сравнений выборок КИ, в которых по критерию Вилкоксона p находилось число k пар, для которых имела одна общая генеральная совокупность (в этом случае $p \geq 0,05$). В итоге было построено 225 для всех 15 испытуемых матриц и найдены все k_{ij} , где i – номер испытуемой, j – номер серии для этой испытуемой. Подчеркнем, что длительность регистрации выборок ($T = 5$ мин) КИ соответствует требованиям Европейского кардиологического общества. При этом использовался стандартный прибор «Элок-01С» с программным обеспечением для ЭВМ, который сертифицирован и активно используется (применялся инфракрасный датчик для регистрации пульсовой

волны и уровня насыщения кислорода – SpO_2 , то есть использовались стандартные методики).

Далее по формуле $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 – вариационный размах для кардиоинтервалов, а Δx_2 – вариационный размах для приращения x_1 (то есть для КИ) находились все 225 площадей S_{ij} (для 15 серий, по 15 выборок в каждой серии) для каждой i -й испытуемой. В итоге мы строили матрицу парных сравнений выборок этих S_{ij} для каждой i -й испытуемой путем сравнения всех 15 серий (из 15 выборок площадей псевдоаттракторов). Матрицы сравнения S_{ij} обеспечили нам сравнение для выборок 15 площадей для всех 15 серий испытаний. Это дает ответ на вопрос об устойчивости выборок S_{ij} для каждого испытуемого, так как можно сравнивать выборки уже площадей псевдоаттракторов.

Результаты

Прежде всего отметим, что все 225 выборок КИ для каждой испытуемой во всех 15 матрицах показывают отсутствие статистической устойчивости КИ. Установлено, что все k_{ij} ($i = 1, 2...15$ – номер испытуемой, $j = 1, 2...15$ – номер серии) не превышали числа 20 и демонстрировали колебания около 14. Это означает, что из 105 разных пар сравнения в каждой такой матрице (а их, таких матриц, было рассчитано для всех испытуемых 225) менее 15 % показали статистическое совпадение, остальные 85 % пар выборок КИ статистически не совпадают. Более того, вероятность совпадения двух соседних выборок КИ (для одной испытуемой) не превышает $p \leq 0,05$. Это крайне малая величина, и она показывает уникальность КИ.

Таблица 1

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров кардиоинтервалов испытуемой ЕИР (без нагрузки, число повторов $n = 15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_{i,j} = 8$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		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	0,00
2	0,02		0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,13		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	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
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,04	0,03	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	0,75	0,12	0,01	0,01	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	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	0,03	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		0,00	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00		0,22	0,04	0,01	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,22		0,37	0,08	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,37		0,51	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,10	0,01	0,08	0,51		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	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	

Примечание к табл. 1 и 2. Жирным шрифтом обозначены значения чисел, которые статистически не различаются (пары выборок) (т. е. у этих пар $p > 0,05$ по критерию Вилкоксона).

Таблица 2

Матрица парных сравнений выборок S для псевдоаттракторов параметров кардио-интервалов одной и той же испытуемой ЕИР (без нагрузки, число повторов $n = 15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_{i,j,m} = 94$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,16	0,64	0,57	0,05	0,95	0,78	0,13	0,82	0,65	1,00	0,17	0,11	0,09	0,14
2	0,16		0,05	0,10	0,65	0,19	0,31	0,57	0,46	0,50	0,13	0,82	0,83	0,88	0,95
3	0,64	0,05		0,65	0,03	0,78	0,46	0,02	0,61	0,61	0,86	0,05	0,03	0,02	0,13
4	0,57	0,10	0,65		0,04	0,73	0,57	0,05	0,25	0,91	0,57	0,07	0,02	0,03	0,09
5	0,05	0,65	0,03	0,04		0,19	0,23	0,59	0,23	0,16	0,13	0,43	0,78	0,46	0,65
6	0,95	0,19	0,78	0,73	0,19		0,17	0,03	0,50	0,95	0,95	0,28	0,10	0,11	0,21
7	0,78	0,31	0,46	0,57	0,23	0,17		0,09	0,65	0,95	0,82	0,21	0,08	0,16	0,28
8	0,13	0,57	0,02	0,05	0,59	0,03	0,09		0,11	0,36	0,08	0,46	0,53	0,23	1,00
9	0,82	0,46	0,61	0,25	0,23	0,50	0,65	0,11		0,92	0,86	0,86	0,50	0,50	0,57
10	0,65	0,50	0,61	0,91	0,16	0,95	0,95	0,36	0,92		0,86	0,50	0,09	0,50	0,61
11	1,00	0,13	0,86	0,57	0,13	0,95	0,82	0,08	0,86	0,86		0,43	0,08	0,24	0,21
12	0,17	0,82	0,05	0,07	0,43	0,28	0,21	0,46	0,86	0,50	0,43		0,73	0,65	0,73
13	0,11	0,83	0,03	0,02	0,78	0,10	0,08	0,53	0,50	0,09	0,08	0,73		0,78	0,95
14	0,09	0,88	0,02	0,03	0,46	0,11	0,16	0,23	0,50	0,50	0,24	0,65	0,78		0,61
15	0,14	0,95	0,13	0,09	0,65	0,21	0,28	1,00	0,57	0,61	0,21	0,73	0,95	0,61	

Для примера мы демонстрируем такую характерную матрицу (из всех 225) в табл. 1, где число $k_{i,i}$ (первая испытуемая и ее 1-я серия) имеет очень низкое значение ($k_{i,i} = 8$). Это доказывает эффект Еськова – Зинченко и для КИ у всех 15 испытуемых, так как среднее значение $\langle k_{i,j} \rangle = 15$. Закономерно возникает вопрос, как можно дальше использовать статистику в оценке стандарта для сердечно-сосудистой системы (ССС), если все выборки статистически не устойчивы? Фактически любая выборка КИ является уникальной. Повторить следующую (вторую) статистически совпадающую выборку в наших исследованиях имеет вероятность $p \leq 0,05$, что показал анализ всех 225 матриц парного сравнения выборок.

Что тогда выбирать в качестве стандарта при оценке состояния ССС человека на Севере, если все выборки КИ уникальны? Мы предлагаем рассчитывать площади псевдоаттракторов (ПА) по формуле $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 – вариационный размах для КИ (в мс.), а Δx_2 – вариационный размах для скорости изменения x_1 (символ Δ означает вариационный размах этих переменных). Подчеркнем, что на фазовой плоскости этих координат x_1 и x_2 мы имеем фазовый портрет в виде набора фазовых траекторий, которые ограничены некоторым прямоугольником со сторонами Δx_1 и Δx_2 . Площадь этого прямоугольника S и есть площадь ПА, внутри которого располагаются все выборки для i -й испытуемой в j -й серии измерений. Подчеркнем, что сами площади ПА имеют уже тройную индексацию $S_{i,j,m}$, где m – номер выборки в j -й серии для i -й испытуемой.

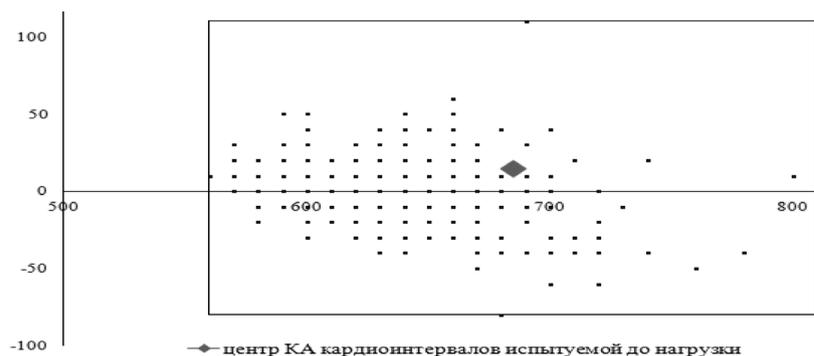
Подчеркнем, что для каждой i -й испытуемой мы построили матрицы парного сравнения выборок уже этих площадей $S_{i,j,m}$ (для j -й серии и m -й выборки). В итоге мы получили всего 15 матриц парных сравнений выборок всех площадей ПА для каждой из

15 испытуемых. Каждая такая матрица имеет свое значение чисел k_i совпадений выборок S для ПА у i -й испытуемой. Очевидно, что если сами площади ПА будут статистически устойчивы, то их (любую такую $S_{i,j,m}$) можно выбирать в качестве стандарта при измерении функциональной нормы в работе ССС [3–10, 13–18].

В качестве примера мы представляем одну из таких матриц парных сравнений выборок площадей ПА для одной испытуемой (ЕИР) при проведении 225 повторных регистраций КИ. В этом случае мы имеем 15 серий измерений по 15 выборок КИ в каждой такой серии и для каждой такой выборки мы строили фазовую плоскость (см. рисунок ниже) и находили площадь прямоугольника, внутрь которого попадали все данные выборки.

Из табл. 2 следует, что число $k_{i,j,m}$ (i -я испытуемая) имеет гораздо большее значение, обычно это число в покое у испытуемых больше 90 %. Это означает, что параметры ПА имеют статистическую устойчивость в отличие от самих выборок с позиций стохастичности. В стохастике все характеристики КИ непрерывно и хаотически изменяются от выборки к выборке (у одного и того же испытуемого). Однако площади ПА для КИ демонстрируют статистическую устойчивость, так как матрицы выборок этих площадей $S_{i,j,m}$ для одного испытуемого статистически слабо изменяются (см. табл. 2).

Подчеркнем, что эти площади образуют прямоугольник со сторонами Δx_1 и Δx_2 , что представлено на рисунке в качестве примера. Здесь по оси x_1 откладываются значения КИ в миллисекундах, а по оси x_2 – величины приращений. Фазовая траектория представлена непрерывной линией, которая получается при соединении всех точек состояния вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$. Легко видеть, что это не является



Фазовый портрет состояния параметров кардиоинтервалов испытуемой ЕИР до нагрузки ($S_1 = 302,5 \times 10^3$ у. е.)

динамическим хаосом Лоренца, так как фазовые траектории непрерывно и хаотически пересекаются. В аттракторах Лоренца их пересечение невозможно, так как они всегда расходятся [10, 11].

Отметим, что сейчас ряд ученых также отмечают сложность в описании кардиоритма с позиций стохастичности [3–5, 12–16]. Это объясняется особенностями регуляции ССС, но при этом остается фундаментальная проблема физиологии человека: что брать за стандарт (физиологическую норму), как диагностировать отклонение от стандарта, если сам стандарт непрерывно и хаотически изменяется (у одного и того же испытуемого даже в спокойном состоянии)? Это фундаментальная проблема и для экологии человека, так как необходимо как-то оценивать действие экофакторов среды обитания [1, 16–20].

Заключение

Доказательство статистической неустойчивости выборок параметров ССС приводит к необходимости всей медико-биологической науки искать альтернативные методы и модели для описания состояния организма человека. Доказательство эффекта Еськова – Зинченко для ССС мы приводим с помощью многократных регистраций параметров КИ (по 225 выборок КИ у каждой испытуемой) и путем построения матриц парных сравнений этих выборок. Эти матрицы (по 15 матриц для каждого испытуемого) демонстрируют крайне низкое (менее 15 %) статистическое совпадение.

Напомним, что в биомедицине обычно требуется более 95 % совпадений, иначе статистика не работает. В этой связи мы предлагаем рассчитывать параметры псевдоаттракторов, то есть площадь ПА $S_{ij,m}$. Именно эти площади (для каждого испытуемого) могут быть определенными инвариантами, если физиологическое состояние организма человека не изменяется. Многократные повторные измерения выборок КИ и расчет площадей ПА показали, что эти площади действительно могут являться инвариантами в экологии человека. Они не изменяются, если не изменяется физиологическое состояние испытуемого, и наоборот. Эти площади ПА можно использовать при расчетах даже одной выборки, так как в неизменном гомеостазе человек демонстрирует их статистическую устойчивость.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ», № 18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга».

Авторство

Еськов В. В. разработал методы оценки однородности групп; Орлов Е. В. проанализировал динамику кардиоинтервалов во всех исследуемых выборках; Башкатова Ю. В. измерила кардиоинтервалы у группы испытуемых; Мельникова Е. Г. осуществила построение фазовых портретов.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Еськов Валерий Валериевич – ORCID 0000-0003-3295-1057; SPIN 6107-9234

Орлов Евгений Владимирович – ORCID 0000-0002-2220-793X; SPIN 6325-5310

Башкатова Юлия Владимировна – ORCID 0000-0002-5862-3417; SPIN 8991-6566.

Мельникова Екатерина Геннадьевна – ORCID 0000-0002-9795-0971; SPIN 1700-2480

Список литературы / References

1. Филатова О. Е., Гудков А. Б., Еськов В. В., Чемпалова Л. С. Понятие однородности группы в экологии человека // Экология человека. 2020. № 2. С. 40–44.
Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The Concept of Uniformity of a Group in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 2, pp. 40-44. [In Russian]
2. Bernshtein N. A. The coordination and regulation of movements. *Oxford, New York, Pergamon Press*, 1967, 196 p.
3. Braunlin E., Tolar J., Mackey-Bojack S., Masinde T., Krivit W., Schoen F. J. Clear cells in the atrioventricular valves of infants with severe human mucopolysaccharidosis (hurler syndrome) are activated valvular interstitial cells. *Cardiovascular Pathology*. 2011, 20, pp. 315-321.
4. 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.
5. Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram. *Heart*. 2017, 103, pp. 24-31.
6. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufman M. T., Foster J. D., Nuyujukian P., Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching. *Nature*. 2012, 487, pp. 51-56.

7. Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks. *Neurocomputing*. 1996, 11 (2-4), pp. 203-226.
8. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497-505.
9. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states of neuronal systems. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 526-534.
10. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vokhmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra. *Advances in gerontology*. 2016, 6 (3), pp. 191-197.
11. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vochmina U. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian journal of biomechanics*. 2017, 21 (1), pp. 14-23.
12. Koska, J., Ksinantova I., Seböková E, Kvetnansky R, Klimes I, Chrousos G, Pacak K. Endocrine regulation of subcutaneous fat metabolism during cold exposure in humans. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2002, 967, 1, pp. 500-505.
13. Lovallo W. R. Psychophysiological reactivity: mechanisms and pathways to cardiovascular disease. *Psychosomatic Medicine*. 2003, 65 (1), pp. 36-45.
14. 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.
15. Sussillo D., Churchland M. M., Kaufman M. T., Shenoy K. V. A neural network that finds a naturalistic solution for the production of muscle activity. *Nature Neuroscience*. 2015, 18, pp. 1025-1033.
16. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement techniques*. 2015, 58 (4), pp. 462-466.
17. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiac Interval Samples. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, 164 (2), pp. 115-117.
18. 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.
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:

Еськов Валерий Валериевич — кандидат медицинских наук, ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»

Адрес: 117218, г. Москва, пр-т Нахимовский, д. 36

E-mail: firing.squad@mail.ru