

ХАОС НЕПРОИЗВОЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

© 2019 г. В. В. Еськов, *Ю. М. Попов, Д. Ю. Филатова, **О. Е. Симоновская

БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут;
*ФГБОУ «Самарский государственный социально-педагогический университет»,
г. Самара; **ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет», г. Самара

Цель исследования – выявить особенности статистической устойчивости в выборках треморограмм (ТМГ) в двух состояниях (релаксация и охлаждение). *Методы*: применялась методика многократных повторений регистрации тремора, рассчитывались матрицы парных сравнений ТМГ. *Результаты*. Доказано на многочисленных повторах регистрации ТМГ, что характер изменений и степень хаотичности в работе нейромышечной системы человека удается выявить только за счет таких многих повторений (как предлагал Н. А. Бернштейн), это подтверждает открытие эффекта Еськова – Зинченко. В рамках этого эффекта доказывалась статистическая неустойчивость для подряд получаемых выборок параметров x_i любых движений. *Выводы*: установлена статистическая неустойчивость выборок ТМГ в неизменном гомеостазе, а при изменении гомеостаза человека (при охлаждении конечности) показано изменение числа k пар выборок ТМГ, которые статистически совпадают. Низкотемпературное воздействие выступает как экологический фактор, влияющий на производительность труда жителей Севера Российской Федерации, так как охлаждение приводит к снижению точности движений и изменению спектра ТМГ, что проявляется в виде изменения числа k при холодном воздействии.

Ключевые слова: тремор, хаос, эффект Еськова – Зинченко, гомеостаз

CHAOS OF INVOLUNTARY MOVEMENTS UNDER CONDITIONS OF LOCAL COOLING

V. V. Eskov, *Yu. M. Popov, D. Yu. Filatova, **O. E. Simanovskaya

Surgut State University, Surgut; *Samara State Social Pedagogical University, Samara;
**Tyumen Industrial University, Surgut Branch, Surgut, Russia

The aim of the study was to identify the characteristics of statistical stability in samples of tremorograms in two states (relaxation and cooling). *Methods*: the technique of numerous repetitions of tremor registration was applied; matrices of paired comparisons of tremorograms were calculated. *Results*. Numerous repetitions of tremorograms registration suggest that the degree of chaos in the work of the human neuromuscular system can only be determined through numerous repetitions as suggested by N. A. Bernstein which is in line with earlier proposed Eskov - Zinchenko effect. In the framework of this effect, statistical instability characterizes successively obtained samples of parameters x_i of any movements. *Conclusions*. The statistical instability of tremorogram samples in unchanged homeostasis was found, and when a person's homeostasis changes under conditions of local cooling, a change in k number of pairs of tremorogram samples that statistically coincide is shown. The low-temperature effect acts as an environmental factor affecting the labor productivity of residents of the North of the Russian Federation, since cooling leads to a decrease in the accuracy of movements and a change in the spectrum of tremorograms, which manifests itself in the form of a change in k number during cold exposure.

Key words: tremor, chaos, Eskov - Zinchenko effect, homeostasis

Библиографическая ссылка:

Еськов В. В., Попов Ю. М., Филатова Д. Ю., Ильяшенко Л. К. Хаос произвольных движений человека в условиях локального охлаждения // Экология человека. 2019. № 12. С. 26–31.

Eskov V. V., Popov Yu. M., Filatova D. Yu., Simanovskaya O. E. Chaos of Involuntary Movements under Conditions of Local Cooling. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 12, pp. 26-31.

В 30-е годы XX века W. B. Cannon определял понятие гомеостаза как некоторое неустойчивое состояние функций организма. Однако точной формулировки для этой неустойчивости до настоящего времени так никто и не представил. В 1947 году Н. А. Бернштейн [1] выдвинул гипотезу о неустойчивости в работе нервно-мышечной системы (НМС) при организации («построении») точных движений человека. Аргументы к этой гипотезе были весомыми: выдающийся физиолог и биомеханик Н. А. Бернштейн говорил об участии как минимум пяти (А, В, С, D, E) различных систем регуляции движений. Роль и значение этих 5 систем

может хаотически изменяться [2, 3, 6–9, 11–14, 16], и по этой причине построение движений происходит в режиме «повторение без повторений» [2, 13–15, 17].

При этом ни W. B. Cannon, ни Н. А. Бернштейн не допускали возможности статистической неустойчивости любых движений, даже если речь идет о постуральном треморе (человек не может произвольно управлять таким тремором). До настоящего времени в физиологии существует устойчивое мнение, что в неизменном гомеостазе НМС любые движения должны сохранять статистическую устойчивость для подряд получаемых выборок, например треморограмм (ТМГ),

для одного испытуемого [2, 3, 13–16]. Однако реальность оказалась иной [6–10]. Получить подряд две одинаковые выборки ТМГ у одного испытуемого в неизменном гомеостазе НМС — задача крайне сложная. Вероятность p получить одинаковые статистические функции $f(x_i)$ двух подряд получаемых выборок x_i для ТМГ у одного человека, т. е. чтобы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$, где x_i — координата конечности (например, пальца) по вертикали, является очень малой величиной ($p < 0,05$). Обычно для ТМГ в неизменном гомеостазе наблюдается $p \leq 0,03$. Это составляет основу нового эффекта Еськова — Зинченко [11–16], и это составило цель нашего изучения в настоящем сообщении.

Методы

У каждого испытуемого (студенты Сургутского университета, девушки и юноши) из группы в 20 человек (средний возраст 27 лет) в спокойном состоянии регистрировались 15 раз ТМГ указательного пальца правой руки. Время регистрации каждой ТМГ $t = 5$ сек., период квантования ТМГ $\tau = 10$ мсек. Таким образом, в каждом опыте по регистрации ТМГ (в одной выборке 500 дискретных значений ТМГ) получалось $n = 500$ точек координат пальца по вертикали по отношению к датчику (описание установки для регистрации и более подробная методика представлены ранее [10, 12–16]). У каждого испытуемого регистрировались подряд (в неизменном гомеостазе НМС) по 15 выборок ТМГ, т. е. $N = 15$, в каждой из которых было по 500 точек ТМГ. Далее для каждого испытуемого строилась матрица парных сравнений этих $N = 15$ выборок ТМГ, где были представлены значения критерия Вилкоксона r (при критическом $p < 0,05$). Если $p < 0,05$, то две сравниваемые выборки ТМГ у одного испытуемого считались статистически совпадающими (эти две выборки можно отнести к одной генеральной совокупности) [3, 6–12, 20].

Поскольку испытуемых было 20, то в итоге в спокойном состоянии мы имели 20 матриц (по 15 выборок ТМГ в каждой) парных сравнений выборок. После каждого измерения кисть опускалась в воду с температурой $t \approx 4$ °C на время $t = 2$ мин, и измерение тремора ($t = 5$ сек.) повторялось. Таким образом, мы получили всего 20 матриц для этих испытуемых в режиме охлаждения [4, 5] и затем матрицы сравнивались по числу k : числу пар выборок ТМГ, которые (эти две) статистически совпадали. Выборки из чисел k_1 до охлаждения (всего 20 значений k_1) и после охлаждения k_2 сравнивались с целью получить различия в параметрах гомеостаза (до охлаждения и после) на основе расчета матриц парных сравнений выборок до охлаждения конечности и после охлаждения (в гомеостазах H_1 и H_2 для НМС) [8–13, 16].

Результаты

Сразу отметим, что наша главная цель в этих исследованиях — проверить гипотезу Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений» [1]. Поэтому мы и

повторяли опыт по 15 раз для каждого из 20 испытуемых, находящихся в спокойном состоянии, а затем в условиях холодного воздействия [4, 5]. Ожидалось, что эти холодные воздействия могут как-то изменить гомеостаз НМС [4, 5] и мы сможем зарегистрировать изменения состояний НМС для всех 20 испытуемых по величине k . Однако реальные испытания в режиме релаксации (до холодного воздействия, в режиме «повторения без повторений» по Н. А. Бернштейну) сразу выявили особенность организации постурального тремора. Было установлено: парное сравнение выборок ТМГ одного испытуемого в неизменном гомеостазе H_1 или H_2 не может показывать статистическую устойчивость подряд получаемых выборок ТМГ. В неизменном состоянии мы не можем получить совпадение статистических функций распределения ТМГ $f(x_i)$ в виде $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$, т. к. вероятность такого совпадения $p \leq 0,05$ [8–12, 16].

Для иллюстрации этого высказывания достаточно привести табл. 1 парных сравнений всех 15 выборок ТМГ у одного испытуемого ГДВ, находящегося в неизменном состоянии НМС. Действительно, из табл. 1 мы видим, что всего $k_1 = 3$ пары выборок могут относиться к трем различным генеральным совокупностям. Остальные пары ($105 - 3 = 102$ пары) не показывают статистического совпадения выборок ТМГ. Все пары разные, и более того, в табл. 1 нет ни одной пары ТМГ, для которой бы совпали две подряд зарегистрированные выборки ТМГ. Это означает, что вероятность p того, что любые j -я и $j+1$ -я выборки совпадут, будет крайне мала. Для всех 20 испытуемых мы имеем значение такой вероятности $p_1 < 0,02$. Это малая величина, и она реально ограничивает возможности статистики в изучении произвольных движений т. к. нет статистических повторений выборок, все выборки с вероятностью $p_2 \geq 0,95$ не совпадают. Это и есть эффект Еськова — Зинченко, который доказывает гипотезу Н. А. Бернштейна не только в биомеханике [2, 3, 12–16].

Подчеркнем, что наше сознание не может повлиять на величину k у всех 20 испытуемых (в неизменном гомеостазе). Доля стохастики для ТМГ реально ограничивается величиной 2–3 % от всех 105 пар сравнения во всех 20 нами рассчитанных матрицах, которые подобны табл. 1 для испытуемого ГДВ. Это и есть иллюстрация эффекта Еськова — Зинченко для постурального тремора у 20 испытуемых. Возникает вопрос: как тогда измерять неизменность состояния НМС у человека? Как зарегистрировать его неизменность (или изменение), если в неизменном гомеостазе НМС мы имеем непрерывные и хаотические изменения статистических функций $f(x_i)$ для каждого испытуемого? Иными словами, статистика не работает в анализе НМС, наблюдается калейдоскоп статистических функций $f(x_i)$ для одного испытуемого в неизменном гомеостазе (см. табл. 1 и 2).

Что вообще следует понимать под устойчивостью НМС в физиологии человека, если две подряд полученные (в j -м и $j+1$ -м измерении) выборки ТМГ

Таблица 1

Попарные сравнения 15 выборок параметров треморограмм испытуемого ГДВ с помощью непараметрического критерия p Вилкоксона (число повторов $N = 15$), число пар совпадений $k_1 = 3$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.05	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.05	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
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	0.27	0.00	0.54	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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	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	0.00	0.00	0.00
10	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
11	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
12	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
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		0.00	0.00
14	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
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	

Таблица 2

Попарные сравнений 15 выборок параметров треморограмм испытуемого ГДВ после локального охлаждения с помощью непараметрического критерия p Вилкоксона (число повторов $N = 15$), число пар совпадений $k_2 = 7$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00
2	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
3	0.98	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	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	0.00	0.00	0.07	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	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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		0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.66		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.13	0.00
12	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
13	0.31	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	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	

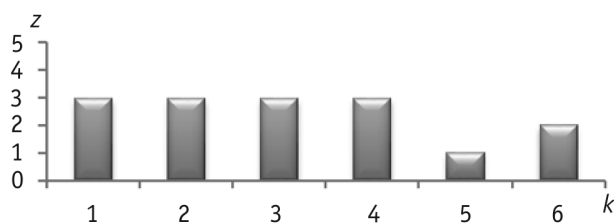
статистически не совпадают с вероятностью $\beta \geq 0,95$ (т. е. $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с $p_1 \geq 0,95$, это почти достоверное событие!)? Как вообще различать разные гомеостазы H_1 и H_2 , если для любого из них в режиме повторений испытаний мы получаем «повторение без повторений»? Эффект Еськова — Зинченко доказывает низкую эффективность стохастики ($p_2 \geq 0,95$!). Ответы на эти вопросы заключаются в расчетах таких матриц парных сравнений ТМГ (см. табл. 1) для H_1 и H_2 .

Действительно, если рассмотреть k_2 — число пар сравнения ТМГ у одного испытуемого в неизменном

гомеостазе после охлаждения (при $t \approx 4$ °C) кисти, т. е. переходим от состояния H_1 к состоянию H_2 ($H_1 \neq H_2$), то мы получим подобную картину в табл. 2. Из табл. 2 легко видеть, что локальное охлаждение конечности испытуемого приводит к изменению величины k_2 ($k_2 > k_1$, $k_2 = 7$). Стресс-воздействие (охлаждение конечности) приводит к увеличению числа пар k_2 (сравнительно с k_1) у каждого из 20 испытуемых. Все матрицы парных сравнений выборок ТМГ (после охлаждения) дают стойкую картину увеличения k_2 сравнительно с k_1 . Подчеркнем, что сами значения k_1 для всех 20 испытуемых разные, но всегда $k_2 > k_1$

для каждого испытуемого в каждом испытании. По значениям k_1 и k_2 легко показать, что $H_1 \neq H_2$.

Таким образом, охлаждение кисти приводит к другому состоянию НМС H_2 и это можно зарегистрировать по параметрам k_1 и k_2 для каждого испытуемого в отдельности, т. е. в режиме «повторение без повторений». Однако в пределах одного состояния H_1 или H_2 мы не можем получить устойчивое значение k_1 или k_2 . Число пар k статистических совпадений ТМГ будет изменяться от опыта к опыту. Это представлено в виде примера на рисунке, где вертикальные столбики (число z) — это число одинаковых пар k_1 для каждого конкретного значения k_1 у одного испытуемого. Если мы будем 15 раз повторять такие опыты (как серии исследований) у одного находящегося в неизменном гомеостазе испытуемого, то будем получать распределения k_1 и k_2 (см. рисунок). Фактически речь идет о 15 сериях регистрации ТМГ (в каждой серии по 15 выборок ТМГ и в каждой выборке по 500 точек). Такой опыт по построению диаграммы для z по 15 серий наблюдений ТМГ мы произвели для одного испытуемого с целью проверки статистической устойчивости уже таких 15 серий опытов (строили 15 матриц подобных табл. 1) для одного испытуемого.



Число Z (по вертикали) пар (k) совпадений выборок (по горизонтали) для всех 15 матриц парного сравнения треморограмм без воздействия у одного испытуемого, в неизменном гомеостазе (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0,05$) при общем $N = 15$

Оказалось (см. рисунок), что число z (с одинаковым k , т. е. z как функция k , $z = z(k)$) варьирует для каждого испытуемого в неизменном гомеостазе. Однако среднее значение z по всем 15 сериям испытаний является характеристикой гомеостаза H_1 для НМС конкретного испытуемого. При охлаждении k_2 увеличивается, тремор становится более высокоамплитудным и низкочастотным. Это характеризует состояние НМС жителей Югры, которые часто подвергаются холодным воздействиям. Отметим, что регуляция НМС осуществляется со стороны нейросетей мозга, которые сами демонстрируют неустойчивость (хаотические колебания) [6–10].

В целом все наши исследования были направлены на детальное изучение эффекта Еськова — Зинченко, когда две подряд получаемые выборки ТМГ у одного испытуемого в неизменном гомеостазе могут совпадать с вероятностью $P_1 < 0,05$. Все это — проверка гипотезы Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений», которая за 70 лет никем не проверялась. Очевидно, что сейчас следует перестроить наши представления о произвольности движений, т. к. нет

статистической устойчивости подряд получаемых выборок не только ТМГ, но и других видов движения [11–16]. Это составляет сейчас для нас основную проблему в изучении работы НМС как с участием сознания, так и для произвольных движений [12–14, 16]. Отметим, что этот эффект сейчас из биомеханики распространяется и на динамику параметров кардиореспираторной системы человека [17, 20]. Более того, сейчас в рамках компартментно-кластерного подхода [17, 20] становится возможным описание эффекта Еськова — Зинченко, т. е. сейчас мы можем моделировать матрицы (см. табл. 1 и 2) для ТМГ с разными k (до охлаждения — k_1 и после — k_2).

Обсуждение результатов

Проверка гипотезы Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений» в организации движений приводит нас к эффекту Еськова — Зинченко. В этом случае отсутствует сохранение статистических функций $f(x_i)$ для подряд получаемых выборок ТМГ у одного и того же испытуемого в неизменном гомеостазе (наблюдается хаос выборок ТМГ). Такой результат нам демонстрируют табл. 1 и 2, где $k_1 = 3$ и $k_2 = 7$, т. е. любое $k < 8$.

Из-за статистической неустойчивости подряд получаемых ТМГ у одного испытуемого (в неизменном гомеостазе) возникает проблема точного определения стационарности НМС (невозможно получить совпадение выборок ТМГ, их $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с $p_1 \geq 0,95$). Она может быть разрешена путем многократных повторов испытаний и построений матриц парного сравнения подряд получаемых выборок ТМГ одного испытуемого в неизменном гомеостазе. Однако роль стохастики в этих процессах ограничивается 10 % ($k < 8$) [8–14, 16].

Изменение состояния НМС, переход от H_1 (релаксация) к H_2 (локальное охлаждение конечности), приводит к изменению числа пар k статистических выборок ТМГ у одного и того же испытуемого (но $H_1 \neq H_2$). Эти $k_2 > k_1$ являются параметром изменения НМС. Отсюда вывод: устойчивость НМС сопровождается статистической устойчивостью числа пар k_1 (или k_2 для H_2), но для неё характерна статистическая неустойчивость выборок ТМГ, которая может описываться в рамках компартментно-кластерного подхода [8, 17–20].

Известно, что локальное холодное воздействие вызывает существенные изменения в деятельности многих функциональных систем организма человека [8–14, 16]. В результате наших исследований установлено, что низкотемпературное воздействие приводит к увеличению статистических показателей k_2 в матрицах парных сравнений выборок ($k_2 > k_1$). Это ухудшает работу оператора при охлаждении конечности, делает движение оператора (у нас — испытуемые) менее точными.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров

организма жителей Севера РФ» и гранта РФФИ № 18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга».

Авторство

Еськов В. В. выполнил математическое обоснование расчета матриц парных сравнений выборок, а также обосновал методы расчета квазиаттракторов для оценки гомеостаза при охлаждении; Попов Ю. М. разработал методы обработки данных в режиме многих повторений, доказал отсутствие совпадений двух соседних выборок ТМГ у одного человека в неизменном гомеостазе; Филатова Д. Ю. обработала полученные данные по ТМГ на предмет отнесения выборок к нормальному распределению (доказала, что распределение Гаусса регистрируется у менее 1 % ТМГ). Симановская О. Е. выполнила опыты с охлаждением у испытуемых (получила выборки ТМГ до и после холодового воздействия).

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

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

Попов Юрий Михайлович — ORCID 0000-0003-3545-4726; SPIN 2267-6112

Филатова Диана Юрьевна — ORCID 0000-0002-8052-3148; SPIN 5756-3070

Симановская Оксана Евгеньевна — ORCID 0000-0002-9130-5242

Список литературы

1. Бернштейн Н. А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.
2. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т. В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады Академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.
3. Вохмина Ю. В., Еськов В. М., Гавриленко Т. В., Филатова О. Е. Измерение параметров порядка на основе нейросетевых технологий // Измерительная техника. 2015. № 4. С. 65–68.
4. Гудков А. Б., Кубушка О. Н. Проходимость воздухоносных путей у детей старшего школьного возраста — жителей Европейского Севера // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 84–91.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.
6. Еськов В. В., Филатова О. Е., Гавриленко Т. В., Горбунов Д. В. Хаотическая динамика параметров нервно-мышечной системы и проблема эволюции complexity // Биофизика. 2017. Т. 62, № 6. С. 1167–1173.
7. Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Еськов В. М., Вохмина Ю. В. Феномен статистической неустойчивости систем третьего типа — complexity // Журнал технической физики. 2017. Т. 87, № 11. С. 1609–1614.
8. Еськов В. М., Филатова О. Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. 2003. Т. 48, № 3. С. 526–534.
9. Еськов В. М., Еськов В. В., Вохмина Ю. В., Горбунов Д. В., Иляшенко Л. К. Энтропия Шеннона в изучении стационарных режимов и эволюции complexity // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2017. № 3. С. 90–98.

10. Еськов В. М., Баженова А. Е., Вохмина Ю. В., Филатов М. А., Иляшенко Л. К. Гипотеза Н. А. Бернштейна в описании хаотической динамики произвольных движений человека // Российский журнал биомеханики. 2017. Т. 21, № 1. С. 18–28.

11. Еськов В. М., Филатова О. Е., Еськов В. В., Гавриленко Т. В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос-самоорганизация // Биофизика. 2017. Т. 62, № 5. С. 984–997.

12. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Формализация эффекта «повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, № 1. С. 168–176.

13. Еськов В. М., Пятин В. Ф., Еськов В. В., Иляшенко Л. К. Эвристическая работа мозга и искусственные нейронные сети // Биофизика. 2019. Т. 64, № 2. С. 388–395.

14. Зилов В. Г., Еськов В. М., Хадарцев А. А., Еськов В. В. Экспериментальное подтверждение эффекта «повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 163, № 1. С. 4–8.

15. Зилов В. Г., Хадарцев А. А., Иляшенко Л. К., Еськов В. В., Миненко И. А. Экспериментальные исследования хаотической динамики биопотенциалов мышц при различных статических нагрузках // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 165, № 4. С. 400–403.

16. Филатова О. Е., Баженова А. Е., Иляшенко Л. К., Григорьева С. В. Оценка параметров треморограмм с позиции эффекта Еськова-Зинченко // Биофизика. 2018. Т. 63, № 2. С. 358–364.

17. Eskov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. 1994. Vol. 37, N 8. P. 967.

18. Eskov Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. 1994. Vol. 4, N 4. P. 403–416.

19. Eskov V. M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. 1995. Vol. 48. N 1–2. P. 47–63.

20. Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. 1996. Vol. 11, N 2–4. P. 203–226.

References

1. Bernshtein N. A. *On the construction of movements*. Moscow, 1947, 254 p. [In Russian]
2. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenco T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017, 472 (6), pp. 642–644. [In Russian]
3. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenco T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement Techniques*. 2015, 58 (4), pp. 462–466. [In Russian]
4. Gudkov A. B., Kubushka O. N. Airway conductance in high school students living in the European North. *Fiziologiya cheloveka*. 2006, 32 (3), pp. 84–91. [In Russian]
5. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009, 4, pp. 26–30. [In Russian]
6. Eskov V. V., Filatova O. E., Gavrilenco T. V., Gorbunov D. V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity. *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (6), pp. 861–866. [In Russian]

7. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity. *Technical Physics*. 2017, 87 (11), pp. 1609-1614. [In Russian]
8. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biofizika* [Biophysics]. 2003, 48 (3), pp. 497-505. [In Russian]
9. 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. [In Russian]
10. 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. [In Russian]
11. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos-Self-Organization. *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (5), pp. 984-997. [In Russian]
12. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Yu. V. Formalization of the Effect of "Repetition without Repetition" Discovered by N. A. Bernshtein. *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (1), pp. 143-150. [In Russian]
13. Eskov V. M., Pyatin V. F., Eskov V. V., Ilyashenko L. K. Heuristic Work of the Brain and Artificial Neural Networks // *Biofizika* [Biophysics]. 2019, 64 (2), pp. 388-395. [In Russian]
14. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental verification of the effect of "Repetition without repetition" N.A. Bernstein. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017, 163 (1), pp. 4-8.
15. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. The absence of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2018, 165 (4), pp. 400-403. [In Russian]
16. Filatova O. E., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Estimation of the Parameters for Tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect. *Biofizika* [Biophysics]. 2018, 63 (2), pp. 358-364. [In Russian]
17. Es'kov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer identification of compartmental neuron circuits. *Measurement Techniques*. 1994, 37 (8), pp. 967-971.
18. Eskov Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles. *Neural Network World*. 1994, 4 (4), pp. 403-416.
19. Eskov V. M. Hierarchical respiratory neuron networks. *Modelling, Measurement and Control C*. 1995, 48 (1-2), pp. 47-63.
20. Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks. *Neurocomputing*. 1996, 11 (2-4), pp. 203-226.

Контактная информация:

Еськов Валерий Валериевич — кандидат медицинских наук, доцент кафедры биофизики и нейрокибернетики Института естественных и технических наук БУ ВО «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1.

E-mail: firing.squad@mail.ru