9. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.

10. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opg-gestozom v usloviyakh severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.

11. Dobrynina IYu, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DYu. Osobennosti kardiointervalov: khaos i stokhastika v opisanii slozhnykh biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.

12. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YuV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheski effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdravookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.

13. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYu. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

14. Es'kov VM, Mishina EA, Shumilov SP, Filatova DYu. Otsenka parametrov psikhofiziologicheskikh funktsiy rabotnikov umstvennogo i fizicheskogo truda s pozitsii teorii khaosa i sinergetiki. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(1):98-101. Russian.

15. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlo-va VV, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i me-ditsine. Tom XI Sistemnyy sintez para-metrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

16. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VYu, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;2:75-86. Russian.

17. Zhivoglyad RN. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz i upravlenie gomeostazom cheloveka putem girudoterapevticheskikh vozdeystviy [dissertation]. Tula (Tula region): GOUVPO "Tul'skiy gosudarstvennyy universitet"; 2005. Russian.

18. Karpin VA, Bashkatova YuV, Kovalenko LV, Filatova DYu. Sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy trenirovannykh i netrenirovannykh studentov s pozitsii stokhastiki i teorii khaosa. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2015;3:83-5. Russian.

19. Kozlova VV, Golushkov VN, Vedyasova OA, Maystrenko EV. Izmerenie ras-stoyaniy mezhdu tsentrami kvaziattraktorov vektora sostoyaniya organizmatrenirovan-nykh i netrenirovannykh g.Samary i g. Sur-guta. Uchenye zametki TOGU. 2010;1(1):27-30. Russian.

20. Filatov MA, Filatova DYu, Khimikova OI, Romanova YuV. Metod matrits mezhattraktornykh rasstoyaniy v identifikatsii psikhofiziologicheskikh funktsiy cheloveka. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2012;1:20-4. Russian.

21. Filatov MA, Filatova DYu, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.

22. Filatova DYu, Vokhmina YuV, Garaeva GR, Sinenko DV, Tret'yakov SA. Neopredelennost' 1-go roda v vosstanovitel'noy meditsine. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):136-43.Russian.

DOI: 10.12737/18810

ЭФФЕКТ ЕСЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕППИНГА МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ И ЭНТРОПИИ

Н.А. ВЕРАКСА, Д.В. ГОРБУНОВ, Г.А. ШАДРИН, Т.В. СТРЕЛЬЦОВА

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Рассматривается эволюция биосистем на примере изменения параметров теппинга и значений энтропии Шеннона одного и того же испытуемого (15 измерений по 15 выборок). Изменения параметров теппинга наблюдаются как у одного и того же испытуемо-

го так и для группы испытуемых. При этом статистические параметры уникальны, то есть они характерны только для конкретного интервала времени *Δt*. В рамках теории хаоса-самоорганизации и по этой причине всегда рассчитываются квазиаттракторы теппинграм в двумерном или трёхмерном фазовом пространстве состояний. Расчёт значений энтропии Шеннона показывает, что статистически выборки энтропии не различаются, а результат матриц парного сравнения выборок энтропии похож на результат матриц парного сравнения выборок от хаотического генератора. В работе демонстрируется, что метод расчёта энтропии Шеннона *E* может быть использован в оценке параметров гомеостаза в системе регуляции теппинга, но он обладает низкой чувствительностью.

Ключевые слова: теппинг, энтропия Шеннона, квазиаттрактор.

ESKOV-ZINCHENKO EFFECT AT THE ESTIMITION OF TAPPING PARAMETERS ACCORDING TO THE THEORY OF CHAOS - SELF-ORGANIZATION AND ENTROPY

N.A. VERAKSA, D.V. GORBUNOV, G.A. SHADRIN, D.V. STRELTSOVA

Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. We have seen the evolution of biological systems on the example of the measurement tapping parameters and Shannon entropy values of the same test subject(15 measurements on 15 samples). It was Tapping changes the parameters are observed both in the same test subject or a group of test subjects. The statistical parameters are unique, that is, they are specific to a particular time interval Δt. In the framework of the theory of chaos and self-organization and for this reason it is always calculated in the quasi-attractor teppingram two-dimensional or three-dimensional phase space of states. It was calculation of entropy values Shannon shows that statistically the sample entropy does not differ, but the result of the matrix pairwise comparison of samples of entropy is similar to the result of the matrix pairwise comparison of samples from the chaotic generator. In this paper we demonstrates that the method of calculating the Shannon entropy E can be used to estimate the parameters of homeostasis in the system of regulation tapping, but it has low sensitivity.

Key words: tremor, Shannon entropy, quasi-attractor.

Введение. В рамках новой *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) сейчас активно исследуется эффект Еськова-Зинченко, когда доказывается особая хаотическая динамика поведения не только биомеханических систем, но и любых параметров *нервно-мышечных систем человека* (НМС). Если кратко, то любое движение неповторимо в детерминистском плане (как функция *y=y(t))* и в стохастическом плане (как *функции распределения f(x)*). Оказалось, что получаемые выборки в одном эксперименте невозможно произвольно повторить в другом. Мы построили 1000 матриц парных сравнений выборок для 20-ти тысяч испытуемых и установили, что для тремора число пар сравнений выборок *k* из 105 разных пар не превышает 5-6%, а для теппинга 15-18%. Для кардиоинтервалов, электромиограмм, электроэнцефалограм, электронейрограммы, биохимических показателей крови эти *k* не превышают 20-25%.

Более того, их *автокорреляционные функции A(t)* и *спектральные плотности сигналов* (СПС) – *амплитудно-частотные характеристики* (АЧХ) тоже дают *k*<30%. Возникает вопрос: с чем работает биология и медицина последние 100-200 лет? Любая выборка уникальна (она неповторима произвольно) и ее использование это эквивалентно утверждению, что любая точка на кривой Гаусса является модой (медианой, средним). Мы живем в мире иллюзий с позиций новой ТХС. Нет инвариантности мер, автокорреляция не стремится к нулю, константы Ляпунова непрерывно меняют знак. Мы имеем сейчас дело с особым хаосом – это хаос статистических функций распределения. Предложен для СТТ аналог принципа Гейзенберга для каждой координат x_i всего вектора состояния организма человека (прилагем статьи для иллюстраций).

Любой интервал регистрируемых параметров теппинга с позиции эффекта Еськова-Зинченко будет уникален и не повторим. Данное утверждение было качественно впервые представлено Н.А. Бернштейном в 1947 г. в его книге «О построении движении», но количественно такую динамику в виде «повторение без повторений» он не описывал [6]. Иными словами любая *теппинграмма* (ТПГ), фактически, применима для исследования только в конкретный момент времени [1-3,6-9,13-18], что и составило эффект Еськова-Зинченко. Подобные изменения параметров теппинга наблюдаются у любого испытуемого и тогда статистические параметры будут тоже уникальны, то есть они реальны только в конкретный момент времени Δt_1 [6-8,10,14-21]. В другой момент времени Δt_2 параметры ТПГ будут другими и стохастические результаты в виде разовой выборки будут применимы для изучения только как уникальные данные. Стохастика не может использоваться для анализа биомеханических процессов в физиологии движений.

На этом основана вся ТХС и по этой причине всегда рассчитывается *квазиаттракторы* (КА) теппинграмм в двумерном (x_1 – координата, $x_2=dx_1/dt$ – скорость движения пальца) или трёхмерном ($x_3=dx_2/dt$ – ускорение перемещения пальца) *фазовом пространстве состояний* (ФПС). При этом остается открытой проблема соотношения стохастического подхода (в частности, энтропийного) и методов ТХС [1-4,7-10,16-20]. Определению границ термодинамической и информационной энтропии посвящается настоящее исследование. В рамках ТХС мы изучаем сами выборки ТПГ на интервале Δt_j=5 сек, их значения энтропии Е в условиях многократных повторов измерений.

1. Стохастический и хаотический подход в оценке теппинга. Производилось квантование теппинграмм с периодом квантования $\Delta\tau$=10 мсек. Были получены некоторые выборки $x_1=x_1(t)$, которые представляли положение пальца с металлической пластиной (2) в пространстве (рис.) по отношению к датчику (1). Регистрация координаты x_i (положение пальца в пространстве) в виде выборок теппинграмм x_i позволяла проверить точность стохастического подхода в биомеханике [10-14]. При регистрации ТПГ испытуемый, для которого рассчитывались квазиаттракторы по описанной ранее методике, произвольно двигал пальцем по вертикали с амплитудой A<5 мм. Далее сигнал $x_1(t)$ дифференцировался и получался вектор $x(t)=(x_1, x_2)^T$, вся установка включала в себя токовихревой датчик, усилители сигнала, АЦП и ЭВМ, которая кодировала и сохраняла информацию в виде отдельных файлов.

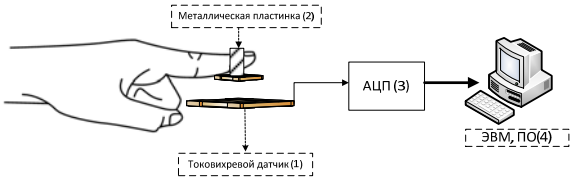

Рис. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

В самом начале исследования рассчитывались матрицы парных сравнений для 15-ти серий исследований по 15 выборок в каждой серии. Типовой пример одной из таких матриц парного сравнения выборок ТПГ одного и того же испытуемого (число повторов N=15), полученную с помощью непараметрического критерия Вилкоксона представлен в табл. 1 ниже. В этой матрице число совпадений k=15, т.е. из всех возможных пар сравнения (всего 105 пар) только 15 пар можно отнести к одной генеральной совокупности. Оставшиеся 90 пар разные и это свидетельствует о статистическом хаосе в теппинграммах (невозможно произвольно дважды повторить выборки). Очевидно, что возможность «совпадения» выборок очень невелика, практически все выборки разные и это является особенностью систем третьего типа и количественно представляет эффект Еськова-Зинченко. Отметим, что для теппинга всегда число совпадений несколько выше, чем для тремора [3-5]. Более того при повторных проведениях исследования в виде 15-ти серий по 15 выборок, число совпадений k незначительно изменяется и всегда из всевозможных 105 пар имеем 13-17% совпадений.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок теппинграмм испытуемого ГДВ (число повторов в одной серии опытов *N*=15), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости *p*<0.05, число совпадений *k*=14)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		**0.19**	**0.24**	**0.40**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.19		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.24	0.00		**0.75**	0.00	0.00	0.00	**0.52**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.40	0.00	0.75		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	0.00	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	**0.34**	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	**0.37**	0.00	0.00	**0.17**	0.00	0.03	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	**0.57**	0.00	0.03	**0.85**	**0.16**	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00		0.00	0.00	**0.42**	0.00	0.01	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00		0.00	0.00	**0.30**	0.04	0.00
11	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.34	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	0.00	0.00	0.17	0.03	0.42	0.00	0.00		0.00	**0.20**	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.30	0.00	0.00		**0.76**	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.16	0.01	0.04	0.00	0.20	0.76		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	

Общий статистический и хаотический анализ всех полученных 225 выборок теппинга от одного испытуемого позволил рассчитать площади S_j для каждой *j*-ой выборки параметров КА. При анализе этих данных результаты исследования были разбиты на 15 серий испытаний по 15 выборок в каждой серии. В результате проделанных расчётов можно сказать, что средние значения площадей *S* для КА теппинграмм каждой серии изменяются от 1.99×10^{-5} до 7.57×10^{-5}. Согласно результатам, полученным при парном сравнении каждой серии испытания, число совпадений выборок площадей КА *k*=59, т. е. 46 пар разные, а остальные 59 пар можно отнести к одной генеральной совокупности из всех 15-ти разных выборках. Аналогичным образом рассчитывались объёмы V_G *квазиаттракторов* и парно сравнивались все со всеми. Полученные результаты очень близки к результатам для площадей КА, однако число совпадений при парном сравнении выборок V_G объёмов КА несколько выше, здесь *k*=67. В целом, параметры *квазиаттракторов* дают более устойчивую картину с позиций стохастики и можно считать в них реальную характеристику параметров теппинг.

2. Энтропийный подход в оценке теппинграмм. Использовался один из методов стохастики, широко применяемой в термодинамики и теории информации, в виде расчета значения энтропии Шеннона. Энтропия Шеннона связана с распределением вероятностей амплитуд колебаний движения. Фактически, это мера упорядоченности выборок x_i – компонент *вектора состояния системы* (ВСС) *x(t)* в ФПС. Формальное определение энтропии для независимых случайных событий *x* с *n* возможными состояниями (от 1 до *n*, *p* – функция вероятности) рассчитывается по формуле: $E = \sum_{i=1}^{n} p(i) log_2 p(i)$, где *p* – функция вероятности. Отдельно, нами производилось сравнение значений *E* с особенностями функциональных состояний.

Эта процедура нами сейчас выполнялась только для одной координаты $x_1(t)$, а вторая координата (скорость) $x_2=dx_1/dt$ входила в вектор $x=(x_1,x_2)^T$. Этот ВСС *x(t)*, который совершал непрерывные хаотические движения в таком двухмерном ФПС, демонстрировал хаотическую динамику своих параметров в пределах КА. Само это движение у нас оценивалось в рамках расчета энтропий *E* и параметров КА. Значения энтропии Шеннона *E* для всех 225 выборок представлены в табл. 2.

Так же для полученных 225 значений энтропии Шеннона *E* (разделенных на 15 выборок по 15 значений) строилась матрица парного сравнения всех выборок энтропий (*N*=15) от одного и того же испытуемого. Результат такого сравнения показал, что число совпадений *k*=100 (табл. 3). Такое же количество числа совпадений получается и для детерминированого хаоса (выборки, полученные на хаотическом генераторе чисел). Хаотические выборки всегда демонстрируют 97-99% совпадений и имеют равномерное распределение, что демонстрирует эффект Еськова-Зинченко.

Таблица 2

Результаты статистической обработки динамики поведения *E* – энтропии Шеннона для теппинга одного и того же человека (число повторов *N*=15×15)

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}
1	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.32	3.32	2.92	3.32	2.92	3.12	3.12
2	3.12	3.12	3.12	3.32	3.12	3.12	3.12	3.12	2.85	3.32	2.72	3.32	2.92	2.92	2.92
3	3.12	3.32	3.12	2.92	2.92	3.32	3.12	3.12	3.32	3.32	3.12	2.45	3.12	3.12	3.32
4	3.32	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	2.92	3.12	3.32	3.12	2.85	3.12	3.12	3.12	3.12
5	3.12	3.32	3.32	3.32	2.92	3.32	3.12	3.32	3.12	3.32	2.92	3.12	3.32	3.12	3.12
6	3.12	3.12	3.32	2.85	3.12	3.12	2.92	2.52	2.65	3.12	3.12	2.72	3.32	3.12	3.12
7	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.32	3.12	2.65	3.12	2.72	3.12	3.12
8	2.92	3.12	3.12	3.12	3.32	2.72	3.12	3.12	2.65	3.12	2.92	3.12	2.65	3.32	2.92
9	2.85	2.65	2.65	2.72	3.12	2.92	3.32	2.65	3.32	3.12	3.12	2.92	2.92	3.32	2.85
10	3.32	3.32	3.12	2.92	2.85	3.12	3.32	2.92	3.32	3.32	3.32	2.92	3.12	3.12	3.12
11	3.32	3.32	3.32	2.85	3.32	3.12	2.85	3.12	2.52	2.92	2.72	2.92	2.92	3.32	3.12
12	2.92	3.12	3.12	3.32	3.12	3.32	3.12	2.92	3.12	3.12	3.12	2.92	3.32	2.85	3.12
13	3.12	2.92	2.92	2.92	3.12	3.12	3.32	3.32	2.92	3.12	2.92	3.12	2.92	3.32	3.32
14	3.32	2.92	2.72	3.32	3.12	3.32	3.12	3.12	2.72	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	2.92
15	2.92	3.12	3.12	3.12	2.92	2.92	3.12	3.32	3.32	2.92	3.12	3.12	2.85	3.32	3.12
<E>	3.12	3.12	3.09	3.07	3.09	3.12	3.12	3.06	3.05	3.16	2.98	3.02	3.02	3.16	3.09

Таблица 3

Матрица парных сравнений выборок энтропии Шеннона *E* (*N*=15), использовался критерия Вилкоксона (уровень значимости *p*<0.05, число совпадений *k*=100)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.95	0.88	0.46	0.89	1.00	0.91	0.51	0.37	0.28	0.11	0.29	0.08	0.55	0.77
2	0.95		0.36	0.40	0.67	0.78	1.00	0.48	0.42	0.50	0.10	0.29	0.13	0.68	0.74
3	0.88	0.36		0.58	0.95	0.64	0.83	0.80	0.72	0.33	0.18	0.45	0.24	0.44	0.95
4	0.46	0.40	0.58		0.62	0.31	0.48	1.00	0.71	0.10	0.36	0.51	0.40	0.24	0.69
5	0.89	0.67	0.95	0.62		0.58	0.68	0.76	0.62	0.24	0.14	0.25	0.31	0.29	1.00
6	1.00	0.78	0.64	0.31	0.58		0.94	0.44	0.40	0.44	0.05	0.25	**0.02**	0.72	0.53
7	0.91	1.00	0.83	0.48	0.68	0.94		0.36	0.21	0.33	**0.02**	0.19	0.12	0.58	0.72
8	0.51	0.48	0.80	1.00	0.76	0.44	0.36		0.78	0.22	0.48	0.81	0.50	0.23	0.68
9	0.37	0.42	0.72	0.71	0.62	0.40	0.21	0.78		0.10	0.58	0.94	0.65	0.35	0.61
10	0.28	0.50	0.33	0.10	0.24	0.44	0.33	0.22	0.10		**0.02**	0.06	**0.02**	0.93	0.22
11	0.11	0.10	0.18	0.36	0.14	0.05	0.02	0.48	0.58	0.02		0.65	0.72	**0.02**	0.10
12	0.29	0.29	0.45	0.51	0.25	0.25	0.19	0.81	0.94	0.06	0.65		0.86	0.08	0.48
13	0.08	0.13	0.24	0.40	0.31	0.02	0.12	0.50	0.65	0.02	0.72	0.86		0.10	0.11
14	0.55	0.68	0.44	0.24	0.29	0.72	0.58	0.23	0.35	0.93	0.02	0.08	0.10		0.24
15	0.77	0.74	0.95	0.69	1.00	0.53	0.72	0.68	0.61	0.22	0.10	0.48	0.11	0.24	

Отдельно нами были получены результаты статистической проверки на нормальность распределения ТПГ испытуемых по критерию Шапиро-Уилка, которые демонстрируют не параметрический тип распределения. Поэтому для выявления различий показателей ТПГ испытуемого использовались методы не параметрической статистики. Однако энтропия Шеннона *E* не дает столь существенных различий для повторов измерения подряд от одного испытуемого (100 совпадений пар из 105 разных) в отличие от параметров квазиаттракторов (67 из 105 разных). Таким образом энтропия *E* и объёмы квазиаттракторов (*S* и *V*) могут быть использованы в эффекте Еськова-Зинченко.

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что метод расчета энтропий Шеннона *E* может быть использован в оценке адаптивных изменений в системе регуляции теппинга. Однако он обладает слабой чувствительностью при изменении состояния испытуемого и с позиций стохастики может быть вообще не чувствительным. В результате по-

строения матрицы парного сравнения для энтропии Шеннона можно сказать, что число совпадений пар выборок энтропии Шеннона в такой матриц такое же, как и для детерминированного хаоса, порядка 97-99% пар совпадений.

В целом, метод расчета матриц парных сравнений выборок теппинграмм, их квазиаттракторов и энтропии Шеннона целесообразно использовать для оценки реакции системы регуляции теппинга. Этот метод может уловить незначительные изменения в параметрах гомеостаза, например при изменении психофизиологического статуса испытуемого, что составляет цель наших дальнейших исследований.

Литература

1. Адайкин В.А., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Лазарев В.В. Использование методов теории хаоса и синергетики в современной клинической кибернетике // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2006. Т. 66, № 8. С. 38–41.

2. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глущук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 2. С. 7–9.

3. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 2. С. 39–41.

4. Берестин Д.К., Черников Н.А., Григоренко В.В., Горбунов Д.В. Математическое моделирование возрастных изменений сердечно-сосудистой системы аборигенов и пришлого населения севера РФ // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 3. С. 77–84.

5. Берестин Д.К., Горбунов Д.В., Поскина Т.Ю., Сидоренко Д.А. Энтропийный подход в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 3. С. 20–26.

6. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.

7. Ватамова С.Н., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Филатов М.А. Детерминизм, стохастика и теория хаоса-самоорганизации в описании стационарных режимов сложных биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 4. С. 70–81.

8. Вохмина Ю.В., Полухин Л.М., Бикмухаметова Л.М., Тотчасова М.В. Стационарные режимы поведения сложных биосистем в рамках теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 1. С. 141–144.

9. Гавриленко Т.В., Баженова А.Е., Балтикова А.А., Башкатова Ю.В., Майстренко Е.В. Метод многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики тремора // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-5. URL: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf (Дата обращения: 15.04.2013).

10.Добрынина И.Ю., Горбунов Д.В., Козлова В.В., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю. Особенности кардиоинтервалов: хаос и стохастика в описании сложных биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 19–26.

11.Еськов В.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю., Третьяков С.А. Кинематические характеристики движения квазиаттракторов в оценке лечебных эффектов кинезотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 128–136.

12.Еськов В.М. Третья парадигма. Самара: Российская академия наук, Научно-проблемный совет по биофизике, 2011.

13.Еськов В.М., Адайкин В.И., Добрынин Ю.В., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Насколько экономически эффективно внедрение методов теории хаоса и синергетики в здравоохранение // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 1. С. 25–28.

14.Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.

15.Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование непроизвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 2. С. 75–86.

16.Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Новые методы изучения интервалов устойчивости биологических динамических систем в рамках компартментно-

кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т. 11, № 3. С. 5–6.

17.Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.

18.Русак С.Н., Молягов Д.И., Бикмухаметова Л.М., Филатова О.Е. Биоинформационные технологии в анализе фазовых портретов погодно-климатических факторов в m-мерном пространстве признаков // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. № 3. С. 24–28.

19.Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. Т. 48, № 3. С. 497–505.

20.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. Т. 57, № 6. С. 720–724.

21.Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Fudin N.A., Kozhemov A.A. The foundations of athletes' training based on chaos theory and self-organization // Theory and Practice of Physical Culture. 2013. № 9. С. 23.

References

1. Adaykin VA, Dobrynina IYu, Dobrynin YuV, Es'kov VM, Lazarev VV. Ispol'zovanie metodov teorii khaosa i sinergetiki v sovremennoy klinicheskoy kibernetike. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk). 2006;66(8):38-41. Russian.

2. Adaykin VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zabolevaemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

3. Adaykin VI, Braginskiy MYa, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.

4. Berestin DK, Chernikov NA, Grigorenko VV, Gorbunov DV. Matematicheskoe modelirovanie vozrastnykh izmeneniy serdechno-sosudistoy sistemy aborigenov i prishlogo naseleniya severa RF. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;3:77-84. Russian.

5. Gorbunov DV, Berestin DK, Poskina TYu, Sidorenko DA. Entropiynyy podkhod v otsenke v otsenke parametrov tremora pri razlichnykh akusticheskikh vozdeystviyakh. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;3:20-6. Russian.

6. Bernshteyn NA. O postroenii dvizheniy. Moscow: Medgiz; 1947. Russian.

7. Ватамова СН, Вохмина ЮВ, Даянова ДД, Filatov MA. Determinizm, stokhastika i teoriya khaosa-samoorganizatsii v opisanii statsionarnykh rezhimov slozhnykh biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;4:70-81. Russian.

8. Vokhmina YuV, Polukhin LM, Bikmukhametova LM, Totchasova MV. Statsionarnye rezhimy povedeniya slozhnykh biosistem v ramkakh teorii khaosa-samoorganizatsii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(1):141-4. Russian.

9. Gavrilenko TV, Bazhenova AE, Baltikova AA, Bashkatova YuV, Maystrenko EV. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2013[cited 2013 Apr 15];1[about 4 p.]. Russian. Available from: http://www.medtsu. tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf.

10.Dobrynina IYu, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DYu. Osobennosti kardiointervalov: khaos i stokhastika v opisanii slozhnykh biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.

11.Es'kov VV, Garaeva GR, Sinenko DV, Filatova DYu, Tret'yakov SA. Kinematicheskie kharakteristiki dvizheniya kvaziattraktorov v otsenke lechebnykh effektov kinezoterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):128-36. Russian.

12.Es'kov VM. Tret'ya paradigma. Rossiyskaya akademiya nauk, Nauchno-problemnyy sovet po biofizike. Samara: Izd-vo OOO «Ofort» (Grif. RAN); 2011. Russian.

13.Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YuV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheski effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdravookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.

14.Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYu. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

15.Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VYu, Pashnin AS. Matematicheskoe mode-lirovanie ne-proizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;2:75-86. Russian.

16.Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Novye metody izucheniya interva-lov ustoychivosti biologicheskikh dinamicheskikh sistem v ramkakh kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2004;11(3):5-6. Russian.

17.Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Novye metody izucheniya interva-lov ustoychivosti biologicheskikh dinamicheskikh sistem v ramkakh kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2004;11(3):5-6. Russian.

18.Rusak SN, Molyagov DI, Bikmukhame-tova LM, Filatova OE. Bioinformatsionnye tekh-nologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassi-ka. 2014;3:24-8. Russian.

19.Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. Biophysics. 2003;48(3):497-505.

20.Eskov VM, Gavrilenko TV, Vokhmi-na YV, Zimin MI, Filatov MA. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as vo-luntary movements. Measurement Techniques. 2014;57(6):720-4.

21.Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Eskov VM, Fudin NA, Kozhemov AA. The foun-dations of athletes' training based on chaos theory and self-organization. Theory and Practice of Physical Culture. 2013;9:23.

DOI: 10.12737/18811

ПОНЯТИЕ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ ЭФФЕКТА ЕСЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В ПСИХОФИЗИОЛОГИИ ДВИЖЕНИЙ

М.А. ФИЛАТОВ, Н.А. ВЕРАКСА, Д.Ю. ФИЛАТОВА, Т.Ю. ПОСКИНА

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Шестьдесят лет назад российский физиолог и психолог Н.А. Бернштейн пытался представить эффект «повторение без повторения», который и до настоящего времени так и не изучен. Количественное описание этого эффекта в виде эффекта Еськова-Зинченко выполнено на основе построения матриц парных сравнений выборок в условиях многократных повторений регистрации движений. Результаты демонстрируют различия между произвольными (теппинг) и непроизвольными (постуральный тремор) движениями. Доказывается возможность хаотической оценки определённых различий между этими движениями. Представлены новые методы расчёта психофизиологических параметров человека на основе эффекта Еськова-Зинченко, который демонстрирует сохранение параметров квазиаттракторов и хаотический калейдоскоп статистических функций распределения *f(x)* получаемых выборок, спектральных плотностей сигналов и их автокорреляционных функций *A(t)*.

Ключевые слова: тремор, теппинг, хаос, квазиаттракторы.

THE VOLUNTARY MOVEMENTS ACCORDING TO EFFECT ESKOVA-ZINCHENKO IN PSYCHOPHYSIOLOGY OF MOVEMENTS

M.A. FILATOV, N.A. VERAKSA, D.YU. FILATOVA, T.Y. POSKINA

Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Sixty years ago the outstanding Russian physiologist and psychologist N.A. Bernstein tray to predent the effect of "repetition without repetition" up to the present time has not been studied. Quantitative description of this effect in the form of effect Eskova-Zinchenko is made on the basis of the construction of matrices of pairwise comparisons of the samples under