

ЭФФЕКТ ЕСЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В АНАЛИЗЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ

Д.В. БЕЛОЩЕНКО*, В.Е. ЯКУНИН**, Н.В. ЖИВАЕВА*, Я.Ю. АЛЕКСЕНКО*

*БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия

**ФБГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»,
ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия

Аннотация. В рамках теории хаоса-самоорганизации демонстрируются изменения в нервно-мышечном аппарате (биопотенциалов мышцы (отводящей мизинец) при повторных экспериментах у испытуемых (молодые женщины-девушки Югры), находящихся в разных физиологических состояниях: при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН). Показано, что стохастический подход, расчет функций распределения при многократных повторях измерений электромиограмм у одного испытуемого (при 225 повторях регистрации выборок) демонстрирует все-таки хаотическую динамику этих функций $f(x)$. Иными словами, 15 измерений по 5 секунд в каждой серии повторов регистрации электромиограмм показывают невозможность совпадения $f(x)$ при попарном сравнении (105 пар) у испытуемого – девушек (результат «совпадений» пар получается сходным: 15% ($F_1=5$ даН) и 7% ($F_2=20$ даН) от общего числа сравниваемых пар, которые относятся к общей генеральной совокупности. Подчеркивается, что динамика на уменьшение k (при $k_2 < k_1$) характерна именно для молодых женщин (девушек Югры).

Ключевые слова: электромиограмма, хаос-самоорганизация, критерий Вилкоксона

ESKOV-ZINCHENKO EFFECT IN ELECTROMYOGRAM ANALYSIS

D.V. BELOSHCHENKO*, V.E. YAKUNIN**, N.V. ZHIVAEVA*, YA.YU. ALEKSENKO*

*Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia

**Togliatti State University, Belorusskaya str., 14, Togliatti, 445020, Russia

Abstract. In the framework of the chaos-self-organization theory it is being demonstrated the changes in the neuromuscular apparatus in repeated experiments, the test subjects (young women-girls living in Yugra) in different physiological conditions: at low muscle tension ($F_1=5$ daN) and severe muscle tension ($F_2=20$ daN). It is shown that the stochastic approach, the calculation of distribution functions at repeated repetitions of recording of electromyograms in one subject (with 225 repetitions of the sampling) shows the chaotic dynamics of these functions $f(x)$. In other words, 15 recording during 5 seconds in each series of repetitions of electromyograms recording show the impossibility of coincidence of $f(x)$ at pairwise comparison (105 pairs) in the test subjects, the number of "coincidences" appears to be similar: 15% ($F_1=5$ daN) and 7% ($F_2=20$ daN) of the total number of compare pairs that are in the general population. It is emphasized that the dynamics of decrease in K (with $K_2 < K_1$) is typical especially for young women (Yugra girls).

Key words: electromyogram, chaos and self-organization, the Wilcoxon test.

Введение. На сегодняшний день накоплен большой экспериментальный материал об изменении отдельных физиологических параметров человека в ходе мышечной деятельности. Изучение физиологических механизмов произвольных двигательных актов является актуальной проблемой физиологии и медицины на протяжении многих лет, так как их реализация связана одновременно и с осуществлением движений во внешней среде, и с поддержанием положения тела в пространстве. Это в свою очередь составляет фундаментальное свойство всей двигательной системы. Управление целенаправленными движениями тела во внешней среде всегда сопровождается включением механизмов, корректирующих внутренние и внешние параметры движения [1-6, 18-20].

В данной работе описаны изменения в нервно-мышечном аппарате: параметров биопотенциалов мышцы – электромиограмм (ЭМГ) при повторных экспериментах у испытуемых (молодые женщины Югры), находящихся в разных физиологических состояниях: при слабом напряжении мышцы, отводящей мизинец ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН). Особенность исследований – проверка гипотезы Н.А. Бернштейна о повторении без повторений [12-14, 18-21].

Объекты и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых – молодые девушки, средний возраст 24-е года и проживающие на Севере РФ более 20-ти лет. Регистрация ЭМГ проводилась по стандартной методике: изначально испытуемая находилась в положении сидя с вытянутыми руками вдоль туловища в относительно комфортных условиях при полном отсутствии ка-

кой-либо нагрузки на мускулатуру. У испытуемой закреплялся электрод на коже к отводящей мышце мизинца кисти. Накожный биполярный электрод имел постоянное межэлектродное расстояние, а к самой кисти (в области лучезапястного сустава) был прикреплен заземляющий электрод. Находясь в комфортном сидячем положении испытуемой необходимо было сжимать рабочую часть динамометра (ДМ) мышечной силой ($F1=5$ и $F2=20$ деканьютон (даН)) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении. В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания датчика в виде ЭМГ, как функция биопотенциалов $x_i(t)$. В каждой серии измерений показатели снимались при слабом напряжении мышцы ($F1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) в сравнительном аспекте, многократно. Во всех случаях у испытуемой регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации $\mu=0.25$ мс, записи обрабатывались программным комплексом для формирования вектора $x=(x_1, x_2)^T$, где $x_1=x(t)$ – абсолютное значение биопотенциалов мышцы (ЭМГ) на некотором интервале времени Δt , а x_2 – скорость изменения x_1 , т. е. $x_2=dx_1/dt$ [6-11].

Обработка поученных экспериментальных данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 6.1». Были составлены матрицы парных сравнений выборок параметров ЭМГ для всех 15-ти серий эксперимента при слабом напряжении мышцы ($F1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН). Устанавливалась закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров $x_i(t)$ ЭМГ у группы испытуемых. Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц Microsoft EXCEL и в рамках новых методов теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [1-6, 10, 21].

Результаты и их обсуждение. Поскольку для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут показывать устойчивость, когда $f(x)$ непрерывно изменяются, то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для ЭМГ. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ, любая из которых ЭМГ имеет свой особый закон статистического распределения $f(x)$ для каждого интервала Δt . Были составлены матрицы парных сравнений выборок ЭМГ, в которых представлены результаты сравнения значений ЭМГ для 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15-ти выборок в каждой серии при 2-х силах сжатия динамометра ($F1=5$ даН и $F2=20$ даН). Таким образом, для одного испытуемого было получено 15 серий по 15 выборок ЭМГ с более чем 4000 точек в каждой выборке из всех 15-ти выборок (всего значений $x_i(t)$ в серии 60000 ЭМГ).

Представлена сводная таблица (табл. 1) результатов обработки данных значений ЭМГ для одного (типового) испытуемого – испытуемой (БДВ) при слабом ($F1=5$ даН) и при сильном ($F1=20$ даН) напряжении мышцы для всех 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента (всего 225 пар сравнения, из которых независимых 105). В табл.1 показано для каждой из 15-ти серий число k пар «совпадений» выборок ЭМГ, где верхняя строка-номер серии измерений, две последующие – числа k .

Таблица 1

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения ЭМГ испытуемой БДВ при 2-х силах сжатия динамометра ($F1=5$ даН и $F2=20$ даН)

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X_{cpK}	$maxK$	$minK$
$F1=5$ даН	K в серии	30	23	28	32	21	35	25	18	21	20	28	32	38	18	20	26	38	18
$F2=20$ даН	K в серии	16	13	12	16	12	9	4	12	16	15	16	13	14	16	13	13	16	4

В табл. 1 представлена хаотическая закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ для всех 15-ти серий повторов эксперимента при слабом напряжении мышцы ($F1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) у испытуемой БДВ. Из этой таблицы следует, что среднее число пар во второй строке для $\langle k \rangle$ совпадений выборок k ($\langle k_1 \rangle = 26$ и $\langle k_2 \rangle = 13$). В третьей строке $\langle k_2 \rangle$ значение пар совпадений уменьшается при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) во всех 15-ти серий повторов эксперимента. Это доказывает статистическую неустойчивость ЭМГ (рис.1-2) и уменьшение числа пар совпадений (падает доля стохастики) при двукратном увеличении силы напряжения мышцы.

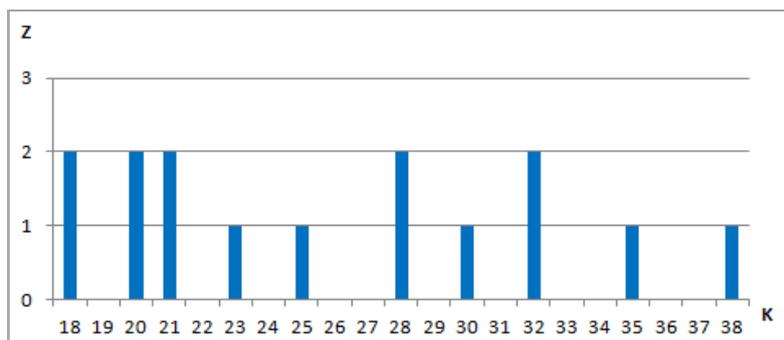


Рис. 1. Гистограмма распределения Z общего числа пар совпадений выборок k для каждого числа k из 15-ти серий измерений ЭМГ у испытуемой БДВ при слабом напряжении мышцы ($F1=5$ даН) (по 15 выборок ЭМГ в каждой из 15-ти серий), где Z -число одинаковых k в матрицах

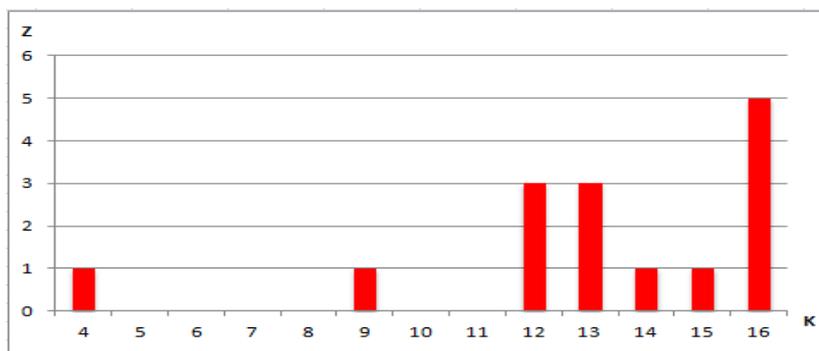


Рис. 2. Гистограмма распределения Z общего числа пар совпадений выборок k для каждого числа k из 15-ти серий измерений ЭМГ у испытуемой БДВ при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) (по 15 выборок ЭМГ в каждой из 15-ти серий), где Z -число одинаковых k в матрицах

Таблица 2

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемой (БДВ) при слабом напряжении мышцы ($F1=5$ даН) при повторных экспериментах ($k=21$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*WilcoxonSignedRanksTest*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,05	0,00	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,56	0,09	0,38	0,89	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	0,05	0,00		0,02	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,02		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,22	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,02	0,00	0,58	0,19	0,07	0,40	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,09	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	0,09		0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,22	0,00	0,31	0,00	0,02	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,62	0,29	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,56	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00		0,23	0,08	0,16	0,00	0,00
11	0,09	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23		0,00	0,02	0,00	0,00
12	0,38	0,00	0,08	0,00	0,07	0,00	0,00	0,62	0,00	0,08	0,00		0,16	0,00	0,00
13	0,89	0,00	0,02	0,00	0,40	0,00	0,00	0,29	0,00	0,16	0,02	0,16		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	

Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p<0,05$)

Общая тенденция изменения значений k и Z (общего числа пар совпадений выборок k для конкретного числа k) из 15-ти серий измерений параметров ЭМГ у испытуемой БДВ (по 15 выборок ЭМГ в каждой из 15-ти серий) представлена на рис. 1-2. Одновременно M – это число пар выборок, которые можно отнести к одной генеральной совокупности, если их регистрировать подряд (в табл. 2 величина $M_1=3$). Отсюда следует, что число k пар выборок ЭМГ, невелико для табл. 1 ($k_{cp}=26$). Иными словами, 15 измерений по 5 секунд электромиограмм показывает невозможность произвольного совпадения $f(x)$ при попарном сравнении (105 пар) ЭМГ ($M_1=3$). Это позволяет сделать вывод о том, что при всех этих ненормальных распределениях (за редким исключением) все эти выборки (отрезки ЭМГ) являются результатами управления биомеханической системой с помощью некоторого хаотического регулятора [11-17]. В качестве второго примера представлены результаты обработки данных значений ЭМГ испытуемой (БДВ) при *двукратном* напряжении мышцы ($F1=5$ даН) в виде матрицы (15×15) для одной (из всех 15-ти) серии (табл. 3).

Характерно, что все статистические функции распределения $f(x)$ выборок ЭМГ показывают общую неустойчивость (для подряд регистрируемых повторений). В табл. 2 мы имеем только три поддиагональных элемента с $p>0,05$, $M_1=3$. Это означает, что из 105 разных пар сравнения ЭМГ только у трех пар (поряд) возможно совпадение выборок ЭМГ. Здесь M_1 – это число пар выборок, которые можно отнести к одной генеральной совокупности, если их регистрировать подряд.

Подобные результаты были получены и при сравнении всех 15-ти серий выборок (по 15 в каждой) ЭМГ при *сильном* напряжении мышцы ($F2=20$ даН) (табл. 3). В этом случае уменьшилось число $\langle k \rangle = 13$ ($p>0,05$) и число M_2 поддиагональных элементов (до $M_2=2$). Общее число k снизилось до $k_2=13$ и это показывает усиление доли хаоса в целом [18-22].

Таблица 3

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемой (БДВ) при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) при повторных экспериментах ($k=13$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

	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	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,02		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00
3	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,44	0,00	0,00	0,00	0,35	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	0,00	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	0,00	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	0,29
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,48	0,95	0,07	0,00
9	0,00	0,05	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,71	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
10	0,00	0,07	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71		0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
11	0,88	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00		0,97	0,01	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,97		0,00	0,00
14	0,00	0,02	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,27	0,13	0,00	0,01	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p<0,05$)

В целом, из табл. 3 следует, что число пар k выборок ЭМГ при четырехкратном увеличению силы сжатия ($F_2=4F_1$), которые можно отнести к одной генеральной совокупности. Подчеркнем, что человек находился в другом гомеостазе и выборки ЭМГ (по $n=4000$ точек ЭМГ в каждой) получались подряд, при этом число пар уменьшилось до $\langle k_2 \rangle = 13$. Это малая величина из всех 105 независимых пар сравнения, если сравнивать табл. 3 с табл. 2. Оказалось, что в первом случае (для $F1=5$ даН) матрица 15×15 (105 разных пар сравнений) показывает $\langle k_1 \rangle = 21$. При увеличении напряжения до $F2=20$ даН наблюдается уменьшение числа совпадений пар выборок до $k_2=13$ (доля стохастики незначительно уменьшается (k снижается)). У испытуемой БДВ уменьшение числа «совпадений» пар k при сильном напряжении мышцы ($F2=20$ даН) наблюдается во всех 15-ти серий повторов эксперимента. Аналогичная динамика нами наблюдалась и для треморограмм [1-9] и для кардиоинтервалов [20-25]. Все это доказывает глобальность эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается хаотический калейдоскоп статистических функций $f(x)$ для одного гомеостаза.

Заключение. Электромиограммы являются характерным примером хаотической динамики поведения параметров любой сложной биомеханической системы. Параметры электромиограмм (*биоэлектрическая активность мышцы*), демонстрируют неповторимую динамику, которую невозможно изучать в рамках традиционной науки, т.е. детерминизма или стохастики. Функции распределения у испытуемой непрерывно изменяются при повторных экспериментах, а значит, любые статистические результаты имеют ежесекундный (для электромиограмм) характер изменения в виде (хаотического) набора статистических функций распределения $f(x)$.

Расчет матриц парных сравнений 15-ти выборок для одного человека (молодые женщины) показал, что из 105 пар независимых выборок (для каждого испытуемого можно получить $15^2=225$ пар сравнения выборок ЭМГ, из которых диагональные 15 пар исключались, а сама матрица получалась симметричной ($225-15=210$) и поэтому независимых пар было $210/2=105$ пар, то есть можно получить не более 15-7% пар совпадений выборок. Остальные 85-93% сравнения демонстрируют отсутствие возможности их отнесения к одной генеральной совокупности. В этом случае критерий Вилкоксона был значительно меньше $p<0,05$.

Литература

1. Баженова А.Е., Щипицин К.П., Пахомов А.А., Семез О.Б. Стохастическая и хаотическая оценка треморограмм испытуемого в условиях нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 11–17.
2. Баженова А.Е., Белошенко Д.В., Самсонов И.Н., Снигирев А.С. Оценка треморограмм испытуемого в условиях различных статических нагрузок // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 5–10.
3. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на физическую нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (дата обращения 15.04.2013).
4. Бетелин В.Б., Еськов В.М., Галкин В.А., Гавриленко Т.В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады Академии Наук. Математическая физика. 2017. Т. 472, № 6. С. 1–3.
5. Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Ключ Л.Г. Термодинамика в эффекте Еськова – Зинченко при изучении стационарных состояний сложных биомедицинских систем // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 18–25. DOI:10.12737/20420.
6. Гавриленко Т.В., Майстренко Е.В., Горбунов Д.В., Черников Н.А., Берестин Д.К. Влияние статической нагрузки мышц на параметры энтропии электромиограмм // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 7–12. DOI:10.12737/17018.
7. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Эльман К.А., Григоренко В.В. Возможности стохастики и теории хаоса в обработке миограмм // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 1. С. 48–53.
8. Еськов В.В., Горбунов Д.В., Григоренко В.В., Шадрин Г.А. Анализ миограмм с позиций стохастики и теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 32–38. DOI:10.12737/11829.
9. Еськов В.М., Полухин В.В., Филатова Д.Ю., Эльман К.А., Глазова О.А. Гомеостатические системы не могут описываться стохастическим или детерминированным хаосом // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 28–33. DOI:10.12737/17021.
10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. 2012. № 8. С. 36–43.
11. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Филатов М.А. Живые системы (complexity) с позиций теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.22, № 3. С. 25–32. DOI:10.12737/13294.
12. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова – Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, J.A. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 34–43. DOI:10.12737/20422.
13. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 182–188. DOI:10.12737/20446.
14. 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.
15. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Еськов В.В., Насирова А.Р., Чантурия С.М. Методы многомерных фазовых пространств в диагностике эффективности гирудотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 2. С. 419–420.

16. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А., Смагина Т.В., Данилов А.Г., Хадарцева К.А. Биоинформационный анализ саногенеза и патогенеза при гирудорефлексотерапии на Севере РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20? № 2. С. 464–467.

17. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке показателей вегетативной нервной системы жителей ЮГРЫ // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 5. С. 120–123.

18. 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. № 1. С. 4–9.

19. Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Еськов В.В., Стрельцова Т.В. Объективная оценка сознательного и бессознательного в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 31–38. DOI:10.12737/21745.

20. Филатов М.А., Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю. Понятие произвольных движений с позиций эффекта Еськова-Зинченко в психофизиологии движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 24–32.

21. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть VI. Системный анализ и синтез в изучении явлений синергизма при управлении гомеостазом организма в условиях саногенеза и патогенеза. / Под редакцией Хадарцева А.А., Еськова В.М. Самара: Офорт (гриф РАН), 2005. 153 с.

22. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения: 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410.

23. Gavrilenko T.V., Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Khimikova O.I., Sokolova A.A. The new methods in gerontology for life expectancy prediction of the indigenous population of Yugra // Advances in gerontology. 2014. №27(1). P. 30–36.

24. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputing identification of the order parameter in gerontology // Successes of Gerontology. 2015. №28 (3). P. 435–440.

25. 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). P. 191–197.

References

1. Bazhenova AE, Shchipitsin KP, Pakhomov AA, Semerez OB. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka tremorogramm ispytuemogo v usloviyakh nagruzki [Stochastic and chaotic evaluation of the tremorogram of the subject under conditions of stress]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:11-7. Russian.

2. Bazhenova AE, Beloshchenko DV, Samsonov IN, Snigirev AS. Otsenka tremorogramm ispytuemogo v usloviyakh razlichnykh staticheskikh nagruzok [Evaluation of tremorograms tested under conditions of various static loads]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;2:5-10. Russian.

3. Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaktsii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu nagruzku [The multidimensional chaotic dynamics of a tremor in the evaluation of the response of the human neuromuscular system to physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2013 [cited 2013 Apr 15];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.

4. Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh system [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady Akademii Nauk. Matematicheskaya fizika. 2017;472(6):1-3. Russian.

5. Veraksa AN, Filatova DY, Poskina TY, Klyus LG. Termodinamika v effekte Es'kova – Zinchenko pri izuchenii statsionarnykh sostoyaniy slozhnykh biomeditsinskikh system [Thermodynamics in the Eskova-Zinchenko effect in the study of stationary states of complex biomedical systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):18-25. Russian.

6. Gavrilenko TV, Maystrenko EV, Gorbunov DV, Chernikov NA, Berestin DK. Vliyanie staticheskoy nagruzki myshts na parametry entropii elektromiogramm [Influence of static load of muscles on parameters of entropy of electromyograms]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):7-12. Russian.

7. Gavrilenko TV, Gorbunov DV, El'man KA, Grigorenko VV. Vozmozhnosti stokhastiki i teorii khaosa v obrabotke miogramm [The possibilities of stochastics and chaos theory in the processing of myograms]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;1:48-53. Russian.

8. Es'kov VV, Gorbunov DV, Grigorenko VV, Shadrin GA. Analiz miogramm s pozitsiy stokhastiki i teorii khaosa-samoorganizatsii [The analysis of myograms from the standpoint of stochastics and the theory of chaos-self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):32-8. Russian.

9. Es'kov VM, Polukhin VV, Filatova DY, El'man KA, Glazova OA. Gomeosticheskie sistemy ne mogu opisivat'sya stokhasticheskim ili determinirovannym khaosom [Homeostatic systems can not be described by stochastic or deterministic chaos]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):28-33. Russian.

10. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiorespiratornoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka [The circadian rhythms of the parameters of the cardiorespiratory system and the biological age of a person]. Terapevt. 2012;8:36-43. Russian.

11. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Filatov MA. Zhivye sistemy (complexity) s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Living systems (complexities) from positions of theory of chaos - self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):25-32. Russian.

12. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Es'kov VV. Effekt Es'kova – Zinchenko oprovergaet predstavleniya Prigogine IR, Wheeler JA i Gell-Mann M. o determinirovannom khaose biosistem – complexity [The effect of Es'kova - Zinchenko refutes the idea]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):34-43. Russian.

13. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of movements from the perspective of chaos theory - self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.

14. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavpilenko TV, Voxmina YV. Fopmalizatsiya effekta «Povtopenie bez povtopeniya» Bepnshteyna NA [Foptalization of the effect "Repetition without repetition" of Bepnstein NA]. Biofizika. 2017;62(1):168-76. Russian.

15. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Es'kov VV, Nasirova AR, Chanturiya SM. Metody mnogomernykh fazovykh prostranstv v diagnostike effektivnosti girudoterapii [Methods of multidimensional phase spaces in the diagnosis of hirudotherapy]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(2):419-20. Russian.

16. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA, Smagina TV, Danilov AG, Khadartseva KA. Bioinformatsionnyy analiz sanogeneza i patogeneza pri girudorefleksoterapii na Severe RF [Bioinformatsionnyy analiz sanogeneza i patogeneza pri girudorefleksoterapii na Severe RF]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(2):464-7. Russian.

17. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA. Matritsy mezhatraktornykh rasstoyaniy v otsenke pokazateley vegetativnoy nervnoy sistemy zhitel'ey YuGRY [Matrices of interattractor distances in estimation of autonomic nervous system indices of Ugra people]. Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny. 2013;6(5):120-3. Russian.

18. Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» Bernshteyna NA [Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" of Bernstein NA]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.

19. Zinchenko YP, Filatova OE, Es'kov VV, Strel'tsova TV. Ob"ektivnaya otsenka soznatel'nogo i bes-soznatel'nogo v organizatsii dvizheniy [About a conscious assessment of the conscious and unconscious in the organization of movements]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):31-8. Russian.

20. Filatov MA, Veraksa AN, Filatova DY, Poskina TYu. Ponyatie proizvol'nykh dvizheniy s pozitsiy effekta Es'kova-Zinchenko v psikhofiziologii dvizheniy [The concept of arbitrary movements from the position of the Es'kova-Zinchenko effect in the psychophysiology of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:24-32. Russian.

21. Khadartsev AA, Es'kov VM. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' VI. Sistemnyy analiz i i sintez v izuchenii yavleniy sinergizma pri upravlenii gomeostazom organizma v usloviyakh sanogeneza i patogeneza [System analysis, management and processing of information in biology and medicine.]. Pod redaktsiey Khadartseva AA, Es'kova VM. Samara: Ofort (grif RAN); 2005. Russian.

22. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [Five principles of functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Mar 25];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410.

23. Gavrilenko TV, Es'kov VM, Khadartsev AA, Khimikova OI, Sokolova AA. The new methods in gerontology for life expectancy prediction of the indigenous population of Yugra. Advances in gerontology. 2014;27(1):30-6.

24. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA, Sinenko DV. Neurocomputing identification of the order parameter in gerontology. Successes of Gerontology. 2015;28(3):435-40.

25. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Vokhmina JV. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra. Advances in Gerontology. 2016;6(3):191-7.

Библиографическая ссылка:

Белошенко Д.В., Якунин В.Е., Живаева Н.В., Алексенко Я.Ю. Эффект Еськова-Зинченко в анализе электромиограмм // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №1. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-5.pdf> (дата обращения: 16.03.2017). DOI: 12737/25229.