

ЭФФЕКТ ЕСЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В АНАЛИЗЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Л.А. ДЕНИСОВА*, Д.В. БЕЛОЩЕНКО**, А.Д. ШЕЙДЕР**, Д.С. ГОРБУНОВ**, Ю.Ю. КОРОЛЕВ**

* Омский государственный технический университет, пр-т Мира, 11, Омск, 644050, Россия

** БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия,
e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

Аннотация. В рамках новой теории хаоса-самоорганизации доказывается эффект Еськова-Зинченко, когда подряд получаемые выборки параметров нервно-мышечной системы человека (в неизменном гомеостазе) демонстрируют непрерывное хаотическое изменение статистических функций распределения параметров НМС. В этом случае мы не можем вольно регистрировать подряд одинаковые выборки (и их статистические функции) любого параметра x_i описывающего гомеостаз. В рамках ТХС демонстрируется возможность расчета параметров хаотической динамики электромиограмм и треморограмм у испытуемых – молодых юношей и девушек *до* и *после* физических и статических нагрузок. Подчеркивается, что динамика на увеличение k (при $k_2 > k_1$) характерна именно для молодых мужчин, у девушек мы наблюдаем противоположную тенденцию.

Ключевые слова: электромиограмма, тремор, статическая нагрузка, хаос-самоорганизация, эффект Еськова-Зинченко.

ESKOV-ZINCHENKO EFFECT IN NERVOUS-MUSCULAR SYSTEM OF THE HUMAN ANALYSIS

L.A. DENISOVA*, D.V. BELOSHCHENKO**, A.D. SHEIDER**, D.S. GORBUNOV**, Yu.Yu. KOROLEV**

* Omsk State Technical University, Mira pr., 11, Omsk, Russia, 644050

** Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

Abstract. Eskov-Zinchenko effect is being proved within the framework of new theory of chaos-self-organization (TCS), when consecutively received samples of the neuromuscular system (NMS) of a person (at homeostasis state) demonstrate continuous chaotic change in statistical distribution functions of the parameters of NMS. In this case, we cannot arbitrarily register same samples in a row (and statistical functions) of any parameter x_i which describes homeostasis. From the standpoint of TCS the possibility of calculating the parameters of the chaotic dynamics of electromyograms and tremorograms in test subjects – young men and women before and after physical and static load has been demonstrated. It is emphasized that the dynamics of decrease in k (with $k_2 > k_1$) is typical especially for young men, for girls we observe the opposite tendency.

Key words: electromyogram, tremor, static load, chaos and self-organization, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Н.А. Бернштейн, который впервые открыл системные закономерности микродвижений и биомеханических движений в целом, выдвигал утверждение о целостной структуре в организации деятельности *нервно-мышечной системы* (НМС) человека и призывал к разработке системно-структурного подхода в изучении строения и функций различных систем движений. Сейчас в рамках новой *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) с позиций эффекта Еськова-Зинченко появляется необходимость по-новому рассматривать и прогнозировать на индивидуальном и популяционном уровнях состояние НМС организма человека, с учетом особого хаоса параметров НМС [5-8, 12-17, 21-28]. Основа этого эффекта – доказательство отсутствия статистической устойчивости параметров *треморограмм* (ТМГ), *теппинграмм* (ТПГ), *электромиограмм* (ЭМГ) и других параметров гомеостаза. В получаемых подряд выборках ТМГ, ТПГ и ЭМГ у одного человека (в одном гомеостазе) мы не можем наблюдать повторение их статистических функций распределения $f(x)$ [2-8, 13-17, 21-28].

В настоящей работе ставилась задача изучения признаков статистических различий выборок параметров ЭМГ и ТМГ путем проверки выборок ЭМГ и ТМГ на статистическое совпадение. Использовались новые методы ТХС методы, которые позволяли обнаруживать изменения (или сходство) получаемых выборок ЭМГ, ТМГ и функционального состояния организма человека в целом, находящегося в различных физических состояниях (*до* и *после* физических и статических нагрузок). Особенность исследований - проверка гипотезы Н.А. Бернштейна о повторении без повторений и доказательство эффекта Еськова-Зинченко на примере ЭМГ и ТМГ [6, 8, 12, 17, 20-28].

Объекты и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых – юноши и девушки в возрасте 25-ти лет, которые проживают на Севере РФ более 20-ти лет. В режиме многократных повторений по стандартной методике производилась регистрация показателей НМС чело-

века, а именно ТМГ и ЭМГ. Всего было исследовано 30 человек на предмет состояния их НМС в условиях физических и статических нагрузок.

Изначально испытуемые находилась в положении сидя с вытянутыми руками вдоль туловища в относительно комфортных условиях при полном отсутствии какой-либо нагрузки на мускулатуру. Испытуемым закреплялись 2 электрода: к мышце отводящей мизинец (*musculus adductor digiti mini (MADM)*) кисти был прикреплен накожный биполярный электрод с постоянным межэлектродным расстоянием, а к самой кисти (где находится лучезапястный сустав) был прикреплен заземляющий электрод. Находясь в комфортном сидячем положении испытуемым необходимо было сжимать рабочую часть динамометра мышечной силой ($F_1=50$ и $F_2=200$ ньютон (Н)) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении.

В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания ЭМГ в режиме биполярного отведения с последующей регистрацией в памяти ЭВМ. В каждой серии измерений показатели снимались при слабом напряжении мышцы ($F_1=50$ Н) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=200$ Н) в сравнительном аспекте, многократно. Во всех случаях у испытуемых регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации $\mu=0.25$ мс. Записи ЭМГ мышцы 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. $x_2=dx_1/dt$ [1-3, 6-13, 21-27].

Регистрация ТМГ проводилась по стандартной методике: сидя в комфортном положении испытуемым необходимо было удерживать указательный палец кисти верхней правой конечности в статическом положении над токовихревым датчиком на определенном расстоянии. Показатели снимались до и после статических нагрузок, которые представляли собой удержание груза в 300 г, подвешенного на указательном пальце кисти, в течение 5 секунд. Испытуемые проходили эксперимент 15 раз без нагрузки и столько же в условиях статических нагрузок. Перед испытуемыми стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность [5-8, 13-17, 21-28].

Информация о состоянии параметров произвольных микродвижений конечностей была получена на базе прибора «Тремограф», который обеспечивает регистрацию кинематограмм (движения пальцев руки в заданном режиме). В основе работы устройства лежат токовихревые датчики с блоками усилителей, фильтров, которые подключаются к блоку 16-ти канального аналого-цифрового преобразователя и позволяют прецизионно (до 0,01 мм) определять координату $x=x(t)$ положения конечности с пластинкой в пространстве по отношению к регистратору (токовихревому датчику). Регистрация сигналов смещения конечности $x_1=x_1(t)$ и их обработка (получение производной от x_1 , т.е. $x_2=dx_1/dt$) осуществлялась с помощью программных продуктов на базе ЭВМ с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) и Wavelett анализа (Моррета) для представления неперiodических сигналов в виде непрерывной функции $x=x(t)$.

Обработка всех полученных экспериментальных данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Были составлены матрицы парных сравнений выборок параметров ЭМГ и ТМГ для всех 15 серий повторов экспериментов. Устанавливалась закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ и ТМГ у группы испытуемых. Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц Microsoft EXCEL и в рамках новых методов ТХС.

Результаты и их обсуждение. Поскольку для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут показывать устойчивость ($f(x)$ непрерывно изменяются), то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для ЭМГ и ТМГ. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и ТМГ любая ЭМГ и ТМГ имеет свой особый закон распределения и $f(x)$ для каждого интервала времени измерений Δt . Были составлены матрицы парных сравнений выборок ЭМГ и ТМГ, в которых анализировались результаты сравнения значений ЭМГ и ТМГ для 15-ти серий повторов выборок ЭМГ и ТМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента.

В качестве примера представим сводную таблицу (табл. 1) результатов обработки данных значений ЭМГ для испытуемого АНШ (как характерный пример из всех 30-ти испытуемых) при слабом ($F_1=50$ Н) и при сильном ($F_2=200$ Н) напряжении мышцы для всех 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента всего 225 пар сравнения, из которых независимых пар было всего 105 (диагональные элементы исключались, а оставшиеся 210 пар делились пополам из-за симметрии этой матрицы по диагонали). Таким образом, для одного испытуемого было получено 15 серий по 15 выборок ЭМГ с более чем 4000 точек ЭМГ в каждой выборке из всех 15-ти выборок (всего значений $x_i(t)$ в серии 60000 ЭМГ) [2, 6, 13, 21-23].

Таблица 1

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения ЭМГ испытуемого АНШ при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=50Н$ и $F_2=200Н$)

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$X_{cp} k$	$max k$	$min k$
$F_1=50Н$	k в серии	9	10	6	8	3	10	4	8	9	8	5	8	4	7	7	7	10	3
$F_2=200Н$	k в серии	34	18	15	12	21	31	30	39	12	18	21	12	23	17	23	22	39	12

В табл.1 показано для каждой из 15-ти серий определенное число k пар "совпадений" выборок ЭМГ. Здесь верхняя строка-номер серии измерений, две (табл. 1) последующие - числа k . В целом, из табл. 1 следует, что у испытуемого АНШ при четырехкратном увеличении силы сжатия ($F_2=4F_1$) наблюдается увеличение числа "совпадения" пар k при сильном напряжении мышцы ($F_2=200Н$) во всех 15-ти сериях повторов эксперимента (табл.1). Аналогичная динамика нами наблюдалась и при анализе ТМГ (табл. 2) у мужчин [13, 15, 17, 23-28].

Таблица 2

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения параметров ТМГ (координат $x_i=x_i(t)$) у испытуемого АНШ до и после статических нагрузок при повторных экспериментах

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$X_{cp} k$	$max k$	$min k$
до нагрузки	k в серии	0	3	3	5	1	2	1	4	5	4	4	3	3	2	2	2,8	5	0
после нагрузки	k в серии	7	5	1	1	0	3	4	3	7	1	1	3	6	3	2	3,1	7	0

В табл. 2 представлена общая закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ТМГ для всех (225 выборок всего) 15-ти серий повторов выборок ТМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента в координатах $x_i=x_i(t)$ – положение пальца по отношению к датчику у испытуемого АНШ до и после статических нагрузок. В целом, попарное сравнение одинаковых отрезков ТМГ при 15-ти повторах измерения тремора у мужчин (каждый интервал - 5 сек) демонстрирует практически отсутствие возможностей отнесения этих пар к одной генеральной совокупности (k варьирует в пределах от $k=0$ до $k=7$ пар совпадений на 210 пар сравнения). Это позволяет сделать вывод о том, что все эти распределения ненормальные (за редким исключением) и все эти выборки (отрезки ТМГ) являются результатами управления биомеханической системой с помощью некоторого хаотического регулятора. Отметим, что у девушек мы наблюдаем противоположную реакцию НМС на физическую (анализ ЭМГ) и статическую (анализ ТМГ) нагрузку [5, 6, 12-15, 21-27].

Таблица 3

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения ЭМГ испытуемой БДВ при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=50Н$ и $F_2=200Н$)

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$X_{cp} k$	$max k$	$min k$
$F_1=50Н$	k в серии	30	23	28	32	21	35	25	18	21	20	28	32	38	18	20	26	38	18
$F_2=200Н$	k в серии	16	13	12	16	12	9	4	12	16	15	16	13	14	16	13	13	16	4

В табл. 3 представлена хаотическая закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ для всех 15-ти серий повторов эксперимента при слабом напряжении мышцы ($F_1=50Н$) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=200Н$) у испытуемой БДВ. Из этой таблицы следует, что среднее число пар $\langle k \rangle$ совпадений выборок k уменьшается при сильном напряжении мышцы ($F_2=200Н$) во всех 15-ти сериях повторов эксперимента. Это доказывает статистическую неустойчивость ЭМГ и уменьшение числа пар совпадений (падает доля стохастичности) при четырехкратном увеличении силы напряжения мышцы у девушек. Подобная динамика нами наблюдалась и при анализе ТМГ (табл. 4). При этом общее число пар совпадений выборок k (аналогично и у мужчин) тоже невелико ($k_{ср} < 7$).

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения параметров ТМГ (координат $x_i=x_i(t)$) у испытуемой БДВ до и после статических нагрузок при повторных экспериментах

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$X_{cp} k$	max k	min k
до нагрузки	k в серии	3	0	3	3	1	6	3	4	4	2	6	3	5	3	1	3	6	0
после нагрузки	k в серии	4	3	2	3	2	2	0	1	2	2	3	3	2	3	4	2,4	4	0

Общая тенденция изменения значений k (общего числа пар совпадений выборок k для каждого числа k) из 15-ти серий измерений параметров координат $x_i=x_i(t)$ ТМГ у испытуемой БДВ до и после статических нагрузок (по 15 выборок ТМГ в каждой из 15-ти серий) представлена в табл. 4. Здесь k – это число пар выборок, которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности, при условии регистрирования подряд. Отсюда следует, что число k пар выборок ТМГ, невелико. Иными словами, 15 измерений (по 5 секунд) ТМГ показывает невозможность совпадения $f(x)$ при попарном сравнении (105 пар) двух ближайших ТМГ. Функции $f(x)$ до и после статических нагрузок могут демонстрировать совпадения (для пар ТМГ) не более 0-6% от общего числа [6-15, 20-26]. Все это доказывает глобальность эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается хаотический калейдоскоп статистических функций $f(x)$ для одного гомеостаза.

Заключение. Выборки подряд регистрируемых параметров ЭМГ и ТМГ являются характерным примером хаотической динамики поведения параметров НМС человека, как сложной биосистемы *complexity*. Параметры ЭМГ и ТМГ ($x_1(t)$, $x_2(t)=dx_1dt$, и $x_3(t)=dx_2dt$), демонстрируют неповторимую динамику, которую невозможно изучать в рамках традиционной науки, т.е. детерминизма или стохастики. Функции распределения $f(x)$ непрерывно изменяются, а значит, и любые статистические характеристики имеют ежесекундный (для ЭМГ и ТМГ) характер изменения (хаотического). Это представляет эффект Еськова-Зинченко в аспекте изучения ТМГ и ЭМГ, но сейчас этот эффект распространяется и на другие параметры гомеостаза [1-12, 16-23]. В рамках выполненных нами экспериментов наблюдается, что у юношей и девушек имеется противоположная реакция на дозированную и физическую нагрузку.

Разработанный метод персональной оценки параметров ЭМГ и ТМГ при повторях измерений, может быть использован в персонифицированной медицине для оценки степени различий в состоянии любой динамической системы в норме и при патологии.

Литература

1. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук 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.
2. Бодин О.Н., Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Самсонов И.Н. Влияние статической нагрузки мышц на параметры энтропии электромиограмм // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 3. С. 47–52.
3. Брагинский М.Я., Вечканов И.Н., Глушук А.А., Еськов В.М., Еськов В.В., Митина Н.Н., Мишина Е.А., Пашнин Е.А., Полухин В.В., Степанова Д.И., Филатова О.Е., Филатов М.А., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А., Хисамова А.В., Шипилова Т.Н., Чантурия С.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Том VIII. Общая теория систем в клинической кибернетике. Самара, 2009.
4. Ведясова О.А., Еськов В.М., Филатова О.Е. Системный компартментно-кластерный анализ механизмов устойчивости дыхательной ритмики млекопитающих. Самара: Российская акад. наук, Науч. совет по проблемам биологической физики, 2005.
5. Гавриленко Т.В., Якунин Е.В., Горбунов Д.В., Гимадиев Б.Р., Самсонов И.Н. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 9–14.
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. Эволюция систем третьего типа в фазовом пространстве состояний // Вестник кибернетики. 2017. № 3 (27). С. 53–58.
8. Еськов В.В. Термодинамика неравновесных систем I.R. Prigogine и энтропийный подход в физике живых систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 2. С. 7–15.

9. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 1. С. 26–29.
10. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состояний // Измерительная техника. 2010. № 12. С. 53–57.
11. Еськов В.М., Филатова О.Е., Проворова О.В., Химикова О.И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–64.
12. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Универсальность понятия «гомеостаз» // Клиническая медицина и фармакология. 2015. № 4 (4). С. 29–33.
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.
14. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической подготовкой в условиях Севера России // Экология человека. 2017. № 3. С. 38–42.
15. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Теорема Гленсдорфа - Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодовом стрессе // Экология человека. 2017. № 5. С. 27–32.
16. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 158–167.
17. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Еськов В.М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 164, № 8. С. 136–139.
18. Филатова О.Е., Майстренко Е.В., Болтаев А.В., Газя Г.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на динамику сердечно-сосудистых систем работниц нефтегазового комплекса // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, №7. С. 46–51.
19. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. 2017. № 5-6. С. 5–12.
20. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах // Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013. № 3. С. 35–45.
21. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. 2017. Vol. 62, № 11. P. 1611–1616.
22. 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 // Biophysics. 2017. Vol. 62, №5. P. 809–820.
23. 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. Vol. 21, № 1. P. 14–23.
24. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. 2017. №3. P. 38–42.
25. 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. Vol. 72, №3. P. 309–317.
26. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. 2017. №8. P. 15–20.
27. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21, №3. P. 224–232.
28. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // Integrative medicine international. 2017. Vol. 4. P. 57–65.

References

1. 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 [Stochastic and chaotic approaches to assess the impact of meteorological factors on the morbidity of population on the example of Khanty-Mansiysk Autonomous district-Yugra]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.
2. Bodin ON, Gavrilenko TV, Gorbunov DV, Samsonov IN. Vliyanie staticheskoy nagruzki myshts na parametry entropii elektromiogram [The effect of static load of the muscles on the parameters of the entropy of EMG]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(3):47-52. Russian.

3. Braginskiy MY, Vechkanov IN, Glushchuk AA, Es'kov VM, Es'kov VV, Mitina NN, Mishina EA, Pashnin EA, Polukhin VV, Stepanova DI, Filatova OE, Filatov MA, Khadartsev AA, Khadartseva KA, Khisamova AV, Shipilova TN, Chanturiya SM. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine [System analysis, management and processing of information in biology and medicine.]. Tom 8. Obshchaya teoriya sistem v klinicheskoy kibernetike. Samara; 2009. Russian.
4. Vedyasova OA, Es'kov VM, Filatova OE. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz mekhanizmov ustoychivosti dykhatel'noy ritmiki mlekoopitayushchikh. [System compartment-cluster analysis of the mechanisms of resistance of the respiratory rhythm of mammals] Samara: Rossiyskaya akad. nauk, Nauch. sovet po problemam biologicheskoy fiziki; 2005. Russian.
5. Gavrilenko TV, Yakunin EV, Gorbunov DV, Gimadiev BR, Samsonov IN. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga [Effect Eskova-Zinchenko in the estimation of the parameters of the tapping]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):9-14. Russian.
6. Es'kov VV, Filatova OE, Gavrilenko TV, Gorbunov DV. Khaoticheskaya dinamika parametrov nervno-myshechnoy sistemy i problema evolyutsii complexity [Chaotic dynamics parameters of the neuromuscular system and the problem of evolution of complexity]. Biofizika. 2017;62(6):1167-73. Russian.
7. Es'kov VV. Evolyutsiya sistem tret'ego tipa v fazovom prostranstve sostoyaniy [Evolution of the third type of systems in the phase space of the States]. Vestnik kibernetiki. 2017;3 (27):53-8. Russian.
8. Es'kov VV. Termodinamika neravnovesnykh sistem I.R. Prigogine i entropiynnyy podkhod v fizike zhivyykh sistem [Thermodynamics of nonequilibrium systems I. R. Prigogine and entropy approach in physics of living systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(2):7-15. Russian.
9. Es'kov VM, Nazin AG, Rusak SN, Filatova OE, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz i sintez vliyaniya dinamiki klimato-ekologicheskikh faktorov na zaboлеваemost' naseleniya Severa RF [System analysis and synthesis of the dynamics of climatic and environmental factors on the morbidity of the population of the North of Russia]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):26-9. Russian.
10. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE. Osobennosti izmereniy i modelirovaniya bio-sistem v fazovykh prostranstvakh sostoyaniy [Features of measurements and modeling of bio-systems in phase spaces of States]. Izmeritel'naya tekhnika. 2010;12:53-7. Russian.
11. Es'kov VM, Filatova OE, Provorova OV, Khimikova OI. Neyroemulyatory pri identifikatsii parametrov poryadka v ekologii cheloveka [Neuroanatomy in the identification of order parameters in human ecology]. Ekologiya cheloveka. 2015;5:57-64. Russian.
12. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA, Es'kov VV. Universal'nost' ponyatiya «gomeo-staz» [Universality of the concept of "homey-stasis"]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2015;4 (4):29-33. Russian.
13. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa-samoorganizatsii [Biophysical problems in movements from the standpoint of the theory of chaos-self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.
14. Es'kov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshin s razlichnoy fizicheskoy podgotovkoy v usloviyakh Severa Rossii [Characteristic parameters of tremor in women with different physical training conditions of the Russian North]. Ekologiya cheloveka. 2017;3:38-42. Russian.
15. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Ilyashenko LK. Teorema Glensdorfa - Pri-gozhina v opisaniy khaoticheskoy dinamiki tremora pri kholodovom stresse [Theorem of Glansdorf - gogina in the description of chaotic dynamics of tremor during cold stress]. Ekologiya cheloveka. 2017;5:27-32. Russian.
16. Es'kov VM, Filatova OE, Polukhin VV. Problema vybora abstraktsiy pri primenenii biofiziki v meditsine [the Problem of the choice of abstractions in the application of Biophysics in medicine]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):158-67. Russian.
17. Zilov VG, Khadartsev AA, Es'kov VV, Es'kov VM. Eksperimental'nye issledovaniya statisticheskoy ustoychivosti vyborok kardiointervalov [Experimental research of statistical stability of samples of R-R intervals]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;164(8):136-9. Russian.
18. Filatova OE, Maystrenko EV, Boltaev AV, Gazya GV. Vliyanie promyshlennykh elektromagnitnykh poley na dinamiku serdechno-sosudistykh sistem rabotnits neftegazovogo kompleksa [the Influence of industrial electromagnetic fields on the dynamics of cardiovascular system of workers of oil and gas complex]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2017;21(7):46-51. Russian.
19. Khadartsev AA, Es'kov VM. Vnutrennie bolezni s pozitsiy teorii khaosa i samoorganizatsii sistem (nauchnyy obzor) [Internal medicine from the perspective of the theory of chaos and self-organizing systems (scientific review)]. Terapevt. 2017;5-6:5-12. Russian.
20. Khadartsev AA, Filatova OE, Dzhumagalieva LB, Gudkova SA. Ponyatie trekh global'nykh paradigim v nauke i sotsiumakh [The concept of the three global paradigms in science and society]. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013;3:35-45. Russian.
21. Eskov VV, Gavrilenko TV, Eskov VM, Vochmina YV. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity. Technical Physics. 2017;62(11):1611-6.

22. Eskov VM, Filatova OE, Eskov VV, Gavrilenko TV. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization. *Biophysics*. 2017;62(5):809-20.

23. Eskov VM, Bazhenova AE, Vochmina UV, Filatov MA, Ilyashenko LK. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017;21(1):14-23.

24. Eskov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North. *Human Ecology*. 2017;3:38-42.

25. Eskov VM, Eskov VV, Vochmina YV, Gorbunov DV, Ilyashenko LK. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017;72(3):309-17.

26. Filatova DU, Veraksa AN, Berestin DK, Streltsova TV. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure. *Human Ecology*. 2017;8:15-20.

27. Filatova OE, Eskov VV, Filatov MA, Ilyashenko LK. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017;21(3):224-32.

28. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Eskov VM, Filatov MA, Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports. *Integrative medicine international*. 2017;4:57-65.

Библиографическая ссылка:

Денисова Л.А., Белошенко Д.В., Шейдер А.Д., Горбунов Д.С., Королев Ю.Ю. Эффект Еськова-Зинченко в анализе нервно-мышечной системы человека // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №4. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-4/1-3.pdf> (дата обращения: 12.12.2017). DOI: 10.12737/article_5a38cbf592b8f8.84265409.