

ХАОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ У МУЖЧИН
ПРИ РАЗНОМ СТАТИЧЕСКОМ УСИЛИИ

В.Е. ЯКУНИН*, Д.В. БЕЛОШЧЕНКО**, К.Р. КАМАЛТДИНОВА**, Е.С. ПОТЕТЮРИНА**

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

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

Аннотация. Предлагается новый подход в оценке параметров электромиограмм, который основан на многократном построении матриц парных сравнений регистрируемых выборок биопотенциалов мышцы (отводящей мизинца). Исследования проводились при повторных экспериментах у испытуемых, находящихся в разных физиологических состояниях при слабом напряжении мышцы ($F_1=100\text{ Н}$) и сильном напряжении мышцы ($F_2=250\text{ Н}$). Показано, что стохастический подход, расчет функций распределения измерений электромиограмм у одного испытуемого (при 225 повторах регистрации выборок) демонстрирует все-таки хаотическую динамику этих функций $f(x)$. Иными словами, 15 измерений по 5 секунд в каждой серии повторов эксперимента (регистрации электромиограмм) показывают невозможность совпадения $f(x)$ при попарном сравнении (105 пар) у испытуемого. Результат «совпадений» пар получается сходным: 7% ($F_1=100\text{ Н}$) и 22% ($F_2=250\text{ Н}$) от общего числа сравниваемых пар, которые относятся к общей генеральной совокупности. Подчеркивается, что динамика на увеличение k (при $k_2 > k_1$) характерна именно для молодых мужчин.

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

CHAOTIC ASSESMENT OF ELECTROMYOGRAMS PARAMETERS IN MEN WITH DIFFERENT
STATIC PHYSICAL LOADS

V.E. YAKUNIN*, D.V. BELOSHCHENKO**, K.R. KAMALTDINOVA**, E.S. POTETURINA**

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

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

Abstract. The authors proposed a new approach to estimate parameters of electromyograms which is based on the repeated construction of matrices of pairwise comparisons of recorded samples of biopotentials of muscles (abductor of the little finger). The investigation was realized in repeated experiments the subjects in different physiological conditions (with weak muscle tension ($F_1=100\text{ N}$) and severe muscle tension ($F_2=250\text{ N}$)) the analysis of the obtained time series was made. 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 $f(x)$. 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: 7% ($F_1=100\text{ N}$) and 22% ($F_2=250\text{ N}$) 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 men.

Key words: electromyogram, chaos and self-organization, the Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Изучение физиологических механизмов произвольных двигательных актов является актуальной проблемой физиологии и медицины на протяжении многих лет. 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 [1-7, 16-23].

На сегодняшний день накоплен большой экспериментальный материал об изменении отдельных физиологических параметров в ходе мышечной деятельности. Приводятся сведения о морфологических и функциональных изменениях, отражающих процесс приспособления организма к различным физическим нагрузкам. В данной работе описываются изменения в нервно-мышечном аппарате (мышцы (передних пучков дельтовидной правой руки) отводящей мизинец (*musculus adductor digiti mini* (MADM)) при повторных экспериментах у испытуемых, находящихся в разных физиологических состояниях: при слабом напряжении мышцы ($F_1=100\text{ Н}$) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=250\text{ Н}$). Особенность ис-

следований - проверка гипотезы Н.А.Бернштейна о повторении без повторений [1-7, 16] и доказательство эффекта Еськова-Зинченко [1, 16] на примере *электромиограмм* (ЭМГ).

Материалы и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых – молодые юноши в возрасте 25-ти лет, которые проживают на Севере РФ более 20-ти лет. В режиме многократных повторений по стандартной методике производилась регистрация ЭМГ. 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 MADM кисти был прикреплен накожный вилочковый 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 ($F_1=100$ и $F_2=250$ ньютон (Н)) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении. Всего было исследовано 15 человек на предмет состояния их *нервно-мышечной системы* (НМС) в условиях физической нагрузки. В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания ЭМГ в режиме биполярного отведения с последующей регистрацией в памяти ЭВМ [1-7, 14-16].

Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Были составлены матрицы парных сравнений выборок параметров ЭМГ для всех 15 серий экспериментов при *слабом* напряжении мышцы ($F_1=100$ Н) и при *сильном* напряжении мышцы ($F_2=250$ Н). Устанавливалась закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров 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) [9-19, 23, 24].

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. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и любая ЭМГ имеет свой особый закон распределения и $f(x)$ для каждого интервала времени измерений Δt . Были составлены матрицы парных сравнений выборок ЭМГ, в которых представлены результаты сравнения значений ЭМГ для 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15 выборок в каждой серии при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=100$ Н и $F_2=250$ Н). 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). В качестве характерного примера таких матриц мы представляем табл.1. и табл.2.

Таблица 1

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемого (АНШ) при *слабом* напряжении мышцы ($F_1=100$ Н) при повторных экспериментах ($k_1=7$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*WilcoxonSignedRanksTest*)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | | 0,15 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 3 | 0,00 | 0,15 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 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 | 0,68 |
| 6 | 0,89 | 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 | 0,00 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 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 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,00 | 0,90 | 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 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 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 | 0,01 | 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 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,68 | 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 $p<0,05$)

В табл.1 представлены результаты попарного сравнения выборок ЭМГ для 15 выборок в каждой серии эксперимента (всего 225 пар сравнения, из которых независимых 105) испытуемого (АНШ) при

слабом ($F_1=100\text{H}$) напряжении мышцы с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon-SignedRanksTest*). Из данной таблицы следует, что число k пар выборок ЭМГ, которые следует отнести к одной генеральной совокупности, мало ($k_1=7$). Характерно, что все статистические функции распределения $f(x)$ выборок ЭМГ показывают общую неустойчивость (для подряд регистрируемых повторений). Имеется (в табл.1.) только один поддиагональный элемент ($p_{2,3}=0,15$, т.е. $ks=1$), с $p>0,05$. Это означает крайне низкую долю стохастики в работе НМС вообще (общий процент стохастики около 7%, остальные выборки все разные), а у конкретного человека (при повторных измерениях) можно получить только один раз $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ из 105 разных пар сравнения [15-21]. В качестве второго примера представлены результаты обработки данных значений ЭМГ испытуемого (АНШ) при *сильном* напряжении мышцы ($F_1=250\text{H}$) в виде матрицы (15×15) для одной (из всех 15-ти) серии (табл. 2).

Таблица 2

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемого (АНШ) при *сильном* напряжении мышцы ($F_2=250\text{H}$) при повторных экспериментах ($k=18$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*WilcoxonSignedRanksTest*)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,76 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | | 0,14 | 0,28 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0,00 | 0,14 | | 0,00 | 0,04 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 0,00 | 0,91 | 0,04 | 0,21 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,77 | 0,00 | 0,45 | 0,98 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,77 | | 0,00 | 0,52 | 0,14 | 0,07 | 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 | 0,13 | 0,02 | 0,36 |
| 9 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,52 | 0,00 | | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,00 | 0,15 | 0,04 | 0,01 | 0,66 | 0,98 | 0,14 | 0,00 | 0,08 | | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 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 | 0,01 | 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 |
| 14 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |
| 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 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. 2 следует, что число пар k выборок ЭМГ при более чем двухкратном увеличению силы сжатия ($F_2=2F_1$), 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) увеличилось до $\langle k_2 \rangle=18$ (при $ks=4$). Это небольшая величина из всех 105 независимых пар сравнения, если сравнивать табл.2 с табл.1. Оказалось, что в первом случае (для $F_1=100\text{H}$) матрица 15×15 (105 разных пар сравнений) показывает $\langle k_1 \rangle=7$. При увеличении напряжения до $F_2=250\text{H}$ наблюдается увеличение числа совпадений пар выборок до $k_2=18$ (доля стохастики увеличивается (k поднимается)). Подчеркнем, что у испытуемого АНШ увеличение числа «совпадения» пар k при *сильном* напряжении мышцы ($F_2=250\text{H}$) наблюдается во всех 15-ти сериях повторов эксперимента (табл.3).

Таблица 3

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения ЭМГ испытуемого АНШ при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=100\text{H}$ и $F_2=250\text{H}$)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----------------|---------------|---------------|-----------|
| N серии | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | X_{cp} k | \max k | \min k | |
| $F_1=100$ | k_B | 9 | 1 | 6 | 8 | 3 | 1 | 4 | 8 | 9 | 8 | 5 | 8 | 4 | 7 | 7 | 7 | 10 | 3 |
| $F_2=250$ | k_B | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 22 | 39 | 12 |

Сводная таблица (табл. 3) представляет результаты обработки данных значений ЭМГ для испытуемого АНШ (как характерный пример из всех 15-ти испытуемых) при *слабом* ($F_1=100\text{H}$) и при *сильном* ($F_2=250\text{H}$) 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). В табл.3 показано для каждой из 15-ти серий число k пар «совпадений» выборок ЭМГ (табл. 3), здесь верхняя строка-номер серии измерений, две последующие - числа k . Из этой таблицы следует, что максимум «совпадений» для 15-ти измерений серий мы имеем при ($F_2=250\text{H}$): $k_{max}=39$ и $k_{cp}=22$. Аналогичная динамика нами наблюдалась и при анализе *треморограмм* (ТМГ) [1,15-18] и *кардиоинтервалов* (КИ)[6, 7, 22] у мужчин. Все это доказывает реальность эффекта Еськова-Зинченко в электромиографии, что расширяет область примеров неустойчивости выборок x_t параметров гомеостаза организма человека.

Заключение. Методы математического расчета параметров ЭМГ у испытуемого АНШ (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) в виде парных сравнений выборок ЭМГ и построения матриц (15×15) значений параметров ЭМГ обеспечивают получение объективной информации о функциональном состоянии и степени адекватности реакций организма на физическую нагрузку. Таким образом, при сильном напряжении мышцы ($F_2=250\text{H}$) наблюдается существенное увеличение значений параметров ЭМГ, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость, а также оценивать степень тренированности (или детенированности) испытуемых.

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

Литература

1. Баженова А.Е., Повторейко В.В., Басова К.А., Картоположенко Р.О. Эффект Еськова-Зинченко в описании хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 50–56.
2. Белощенко Д.В., Якунин В.Е., Потетюрин Е.С., Королев Ю.Ю. Оценка параметров электромиограмм у женщин при разном статическом усилии в режиме повторения // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, № 1. С. 26–31.
3. Берестин Д.К., Живаева Н.В., Ермак О.А., Шейдер А.Д. Математические модели эволюции электромиограмм // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 104–110.
4. Буданов В.В., Журавлева О.А., Шелим Л.И., Монастырецкая О.А. Теория хаоса-самоорганизации в описании гомеостаза // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 2. С. 42–48.
5. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Чертищев А.А., Валиева Е.В. Статистическая устойчивость параметров энтропии для треморограмм и теппинграмм с позиции термодинамики неравновесных систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 97–103.
6. Галкин В.А., Филатова О.Е., Журавлева О.А., Шелим Л.И. Новая наука и новое понимание гомеостатических систем – complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 75–86.
7. Галкин В.А., Попов Ю.М., Берестин Д.К., Монастырецкая О.А. Статика и кинематика гомеостатических систем – complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 2. С. 63–69.
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., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем. Тула, 2017. 596 с.
10. Еськов В.М., Попов Ю.М., Якунин В.Е. Конец определенности в естествознании: хаос и самоорганизация complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 64–74
11. Зиллов 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.
12. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. 2017. № 5-6. С. 5–12.
13. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонализированная медицина – реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 3. С. 25–28.
14. Якунин В.Е., Белощенко Д.В., Афаневич К.А., Горбунов Д.В. Оценка параметров электромиограмм в рамках теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 33–40.
15. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, №1. P. 92–94.
16. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques. 2012. P. 1–6.
17. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. 2017. Vol. 62, №1. P. 143–150.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017. №1. P. 1–5.

References

1. Bazhenova AE, Povtoreyko VV, Basova KA, Kartopolenko RO. Effekt Es'kova-Zinchenko v opisani khaoticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistemy [The effect of Eskova-Zinchenko in the description of the chaotic dynamics of the parameters of the neuromuscular system]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:50-6. Russian.

2. Beloshchenko DV, Yakunin VE Potetyurina ES, Korolev YYu. Otsenka parametrov elektromiogramu u zhenshchin pri raznom staticheskom usilii v rezhime povtoreniya [Evaluation of the parameters of electro-myograms in women under different static stress in the repetition mode]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2017;3(1):26-31. Russian.

3. Berestin DK, Zhivaeva NV, Ermak OA, Sheyder AD. Matematicheskie modeli evolyutsii elektromiogram [Mathematical models of the evolution of electromyograms]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:104-10. Russian.

4. Budanov VV, Zhuravleva OA, Shelim LI, Monastyretskaya OA. Teoriya khaosa-samoorganizatsii v opisani gomeostaza [The theory of chaos-self-organization in the description of homeostasis]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;2:42-8. Russian.

5. Gavrilenko TV, Gorbunov DV, Chertishchev AA, Valieva EV. Statisticheskaya ustoychivost' parametrov entropii dlya tremorogram i teppingram s pozitsii termodinamiki neravnovesnykh system [Statistical stability of entropy parameters for tremorograms and thermograms from the positions of thermodynamics of nonequilibrium systems]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:97-103. Russian.

6. Galkin VA, Filatova OE, Zhuravleva OA, Shelim LI. Novaya nauka i novoe ponimanie gomeostaticheskikh system [New science and a new understanding of homeostatic systems]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:75-86. Russian.

7. Galkin VA, Popov YM, Berestin DK, Monastyretskaya OA. Statika i kinematika gomeo-staticheskikh sistem – complexity [Statics and kinematics of homeostatic systems - complexites]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;2:63-9. Russian.

8. Es'kov VV. Termodinamika neravnovesnykh sistem I.R. Prigogine i entropiynny podkhod v fizike zhivykh system [Thermodynamics of nonequilibrium systems Prizhogine and the entropy approach in the physics of living systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(2):7-15. Russian.

9. Es'kov VM, Galkin VA, Filatova OE. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticheskikh sistem [End of certainty: chaos of homeostatic systems]. Tula; 2017. Russian.

10. Es'kov VM, Popov YM, Yakunin VE. Konets opredelennosti v estestvoznanii: khaos i samoorganizatsiya complexity [End of certainty in natural science: chaos and self-organization of complexites]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:64-74. Russian.

11. Zilov VG, Khadartsev AA, Es'kov VV, Es'kov VM. Eksperimental'nye issledovaniya statisticheskoy ustoychivosti vyborok kardiointervalov [Experimental studies of the statistical stability of samples of cardiointervals]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;164(8):136-9. Russian.

12. Khadartsev AA, Es'kov VM. Vnutrennie bolezni s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii sistem (nauchnyy obzor) [Internal diseases from the position of the theory of chaos and self-organization of systems (scientific review)]. Terapevt. 2017;5-6:5-12. Russian.

13. Khadartsev A.A., Es'kov V.M., Kamenev L.I. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitii meditsiny s pozitsiy tret'ey paradigmy [New bioinformational approaches in the development of medicine from the position of the third paradigm] (personifitsirovannaya meditsina – realizatsiya zakonov tret'ey paradigmy v meditsine) // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012. № 3. S. 25–28.

14. Yakunin VE, Beloshchenko DV, Afanovich KA, Gorbunov DV. Otsenka parametrov elektromiogram v ramkakh teorii khaosa-samoorganizatsii [Evaluation of parameters of electromyograms within the framework of the theory of chaos-self-organization]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:33-40. Russian.

15. Betelin VB, Eskov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017;95(1):92-4.
16. Eskov VM, Gavrilenko TV, Kozlova VV, Filatov MA. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. *Measurement Techniques*. 2012:1-6.
17. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina YV. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein. *Biophysics*. 2017;62(1):143-50.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Zilov VG, Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition”. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017;1:1-5.

Библиографическая ссылка:

Якунин В.Е., Белошенко Д.В., Камалтдинова К.Р., Потетюрин Е.С. Хаотическая оценка параметров электромиограмм у мужчин при разном статическом усилии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-4.pdf> (дата обращения: 18.09.2017). DOI: 10.12737/article_59c4b2fcbce141.20791455.