

**СТОХАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ
ХОЛОДОВОМ ОХЛАЖДЕНИИ**

Д.К. БЕРЕСТИН, И.В. КЛЮС, Е.С. ПОТЕТЮРИНА, Б.Р. ГИМАДИЕВ, А.В. ЧЕКОЙ

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

Аннотация. Представлены результаты анализа динамики электромиограмм правой руки до и после локального холодого воздействия при статических напряжениях мышцы мизинца ($F_f=50$ Н). Для анализа использовался один из методов стохастики в виде расчета матриц парных сравнений выборок электромиограмм. Матрицы парных сравнений выборок рассчитывались для каждого испытуемого при статическом напряжении $F_f=50$ Н до и после локального холодого воздействия. Показаны изменения состояния системы в сторону увеличения степени variabilityности биоэлектрической активности мышцы разгибателя мизинца. Так для каждого испытуемого были получены по 15 выборок электромиограмм двух различных состояниях: до локального холодого воздействия и после локального холодого воздействия. Метод расчёта матриц парных сравнений выборок электромиограмм (в виде показателя числа k пар «совпадений» выборок электромиограмм), убедительно характеризуют различия значений параметров электромиограмм при разных состояниях мышц, а так же позволяет производить оценку влияния холодого воздействия.

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

STOCHASTIC ANALYSIS OF EMG BEFORE AND AFTER THE LOCAL COLD EXPOSURE

D.K. BERESTIN, I.V. KLUS, E.S. POTETURINA, B.R. GIMADIEV, A.V. CHEKOY

Surgut State University, Lenin str., 1, Surgut, 628403, Russia

Abstract. The article presents the results of the analysis of the dynamics of electromyograms of the right hand before and after the local cold impact of the static stress of the little finger muscle ($F_f=50$ N). For this analysis, the authors used one of the stochastic methods in the form of calculating of matrices of pairwise comparisons of samples of the EMG. The matrices of pairwise sample comparisons were calculated for each subject at a static stress $F_f=50$ N before and after a local cold exposure. There were changes in the state of the system toward an increase in the degree of variability in the bioelectric activity of the extensor muscle of the little finger. Thus, for each subject, 15 samples of electromyograms of two different states were obtained: before local cold exposure and after local cold exposure. The method of calculation of matrices of pairwise comparisons of samples of the EMG (as a measure of the number k of pairs of "coincidences" of samples of the EMG), clearly characterizes the differences in the values of the parameters of EMG during different muscle conditions and to assess the impact of cold exposure.

Key words: electromyogram, cooling, chaos, the Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Для территории Северо-Западной Сибири характерен резко континентальный климат. При этом наряду с действием экологических факторов на человека оказывают влияние факторы, характерные для развитых урбанизированных экологических систем. Сейчас доказывается хаотическая динамика изменения метеорологических факторов особенно в зимний период, которая характерна как для г. Сургута, так и для всей территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [4, 6, 13]. Довольно часты флуктуации давления, температуры, влажности происходит в очень широком диапазоне. Необходимо отметить, что температуры минус 30-35°C являются характерными для зимнего периода территории ХМАО. Поэтому влияние низких температур на состояние организма человека на Севере – это существенная проблема для изучения.

В биофизике сложных систем в настоящее время существует устойчивого убеждения о том, что биопотенциалы мышц (*электромиограммы* – ЭМГ) в различных состояниях поддаются изучению и моделированию с позиции стохастики, как и все сложные *биологические динамические системы* (БДС). Как уже было показано в ряде работ [8, 9, 12, 15] с позиции *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) данный вид динамических процессов имеет хаотический характер, т.е. для вектора состояния биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ постоянно $dx/dt \neq 0$, но при этом движение *вектора состояния системы* (ВСС) ограничено некоторым объемом *фазового пространства состояний* (ФПС) [1-3, 16].

Изучение ЭМГ, как и любых других сложных БДС, к которым относится и организм человека, в рамках традиционной стохастики изучать и моделировать практически невозможно [10-11, 18-21]. Вне-

дрение традиционных физических моделей в подобные биологические исследования возможно только на основе принципа неопределенности Гейзенберга и новых методов ТХС [5-9].

Цель работы – сравнение результатов анализа параметров ЭМГ в режиме многократных повторов и разрабатываемой сейчас ТХС.

Изучение особенностей реакции ЭМГ до и после холодового стресса выполнено в рамках эффекта Еськова-Зинченко, когда две подряд полученные выборки ЭМГ невозможно отнести к одной генеральной совокупности [10-16].

Объекты и методы исследования. В данной работе не изучались гендерные различия т.к. параметры ЭМГ женщин и мужчин хоть и отличаются, но все-таки зависят от физиологического состояния организма испытуемых. К данному исследованию была привлечена группа испытуемых мужчин в возрасте от 21 до 27 лет, число испытуемых 18 человек. У испытуемых регистрировались миограммы с частотой дискретизации $\tau=0,25$ мс, время записи $t=5$ сек., для каждого испытуемого регистрировалась ЭМГ с помощью квантования сигнала в виде файла значений x_i , где x_i – это величина биосигнала *musculus adductor digiti mini*. Сначала производилась регистрация ЭМГ при слабом напряжении мышцы $F_i=50$ Н, затем испытуемый погружал кисть в емкость с водой (температура $T \approx 2-4$ °С). После этого производилась регистрация ЭМГ в условиях локального холодового воздействия при статическом напряжении мышцы $F_i=50$ Н. Для каждого испытуемого было получено по 15 выборок электромиограмм в двух различных состояниях: до и после локального холодового воздействия.

С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с электронейромиографа, затем строилась временная развертка сигнала, которая преобразовывалась дискретизацией сигнала в некоторые числовые ряды (выборки ЭМГ).

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Анализ соответствия вида распределения полученных данных производился в рамках закона нормального распределения на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. При использовании непараметрического парного сравнения электромиограмм с помощью критерия Вилкоксона были построены таблицы для каждого испытуемого [5, 7, 14, 17].

Результаты и их обсуждение. При регистрации ЭМГ наблюдается их непрерывное статистическое изменение при сравнении выборок ЭМГ. Любая ЭМГ имеет свой особый статистический закон распределения $f(x)$ и повторить такую $f(x)$ для каждого интервала Δt_i весьма сложно. Были рассчитаны матрицы парных сравнений выборок ЭМГ для всех 18-ти испытуемых при 4-х различных состояниях, в результате были установлены определенные закономерности изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ. Далее представлены данные для одного испытуемого, т.к. для всех испытуемых были получены подобные закономерности.

Таблица 1

Матрица парного сравнения 15-ти ЭМГ одного испытуемого БДК (число измерений $N=15$) при слабом напряжении мышцы ($F_i=50$ Н) до локального холодового воздействия, использовался критерий Вилкоксона (значимость $p<0,05$, число совпадений $k_i=8$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,67	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	0,01
2	0,00		0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,01		0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
4	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	0,00
5	0,03	0,00	0,00	0,00		0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
6	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03		0,00	0,00	0,01	0,55	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,67	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,64	0,03
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00		0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00
9	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01		0,00	0,00	0,24	0,00	0,01	0,00
10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	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	0,90	0,03	0,24	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,15	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,64	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таким образом, и для одного испытуемого (при повторах опытов) и для группы разных испытуемых, мы предлагаем использовать подобные матрицы парных сравнений ЭМГ (и их функций распреде-

ления $f(x)$) для оценки физиологического состояния мышцы, выявления особенностей ее регуляции. Разовые же сравнения $f(x)$, которые сейчас в физиологии широко используются, не имеют никакого смысла. Появления $p < 0,05$ в таких матрицах совершенно хаотично, имеет значение только число «совпадений» k . Оно зависит от функционального состояния мышцы (величины усилия F , от охлаждения мышцы, введения миорелаксанта, утомления и т.д.). Величина k реально может быть использована в физиологических или психофизиологических исследованиях, т.к. является новой количественной мерой выборок ЭМГ (т.е. отнесения их к одной генеральной совокупности), которая описывает функциональное состояние мышцы.

Таблица 2

Матрица парного сравнения 15-ти ЭМГ одного испытуемого БДК (число измерений $N=15$) при слабом напряжении мышцы ($F_1=50$ Н) после локального холодого воздействия, использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_2=14$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
2	0,00		0,00	0,96	0,00	0,01	0,23	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
3	0,02	0,00		0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
4	0,00	0,96	0,00		0,00	0,01	0,88	0,01	0,00	0,00	0,01	0,92	0,04	0,02	0,02
5	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
6	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00		0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,01	0,75	0,00	0,00
7	0,00	0,23	0,05	0,88	0,00	0,00		0,00	0,05	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
10	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,01		0,00	0,67	0,02	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00		0,00	0,12	0,02	0,03
12	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00		0,05	0,11	0,00
13	0,00	0,04	0,00	0,04	0,01	0,75	0,00	0,55	0,00	0,02	0,12	0,05		0,00	0,00
14	0,08	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	

Оказалось, что в первом случае (для F_1 до локального холодого воздействия) матрица парных сравнений выборок ЭМГ 15×15 (она дает 105 разных пар сравнений) при усилии $F_1 = 50$ Н показывает число совпадений k пар, $k_1 = 8$, что представлено в табл. 1, тогда как при неизменном статическом усилии ($F_1 = 50$ Н) но уже после локального холодого воздействия происходит увеличение число совпадений k пар выборок до $k_2 = 14$, что представлено в табл. 2.

Число совпадений пар выборок k в табл. 1 сравнительно с табл. 2 показывает увеличение числа совпадений пар выборок k в матрицах парных сравнений. Это увеличение можно описать следующим образом: $k_2 \approx 2 \times k_1$ ($k_1 = 8$; $k_2 = 14$) и это характерно для всех испытуемых. Отметим, что двухкратное увеличение k_2 по отношению к k_1 характерно и для усиления напряжения мышцы, когда $F_2 = 2 \times F_1$ [4-8, 11-14, 19, 20].

Фактически, такие матрицы (табл. 1, 2) являются некоторой моделью особых (уникальных) систем (у нас это система регуляции ЭМГ), а k – обобщенный параметр этой модели. Матрицы парных сравнений определяют особенность регуляции ЭМГ при разных состояниях организма, но они характеризуют и систему регуляции мышц и они универсальны как модели.

Вывод. Методы расчёта матриц парных сравнений выборок ЭМГ (расчет числа k пар «совпадений» выборок ЭМГ), убедительно характеризуют различия значений параметров ЭМГ при разных состояниях мышц. Такой подход позволяет производить оценку влияния холодого воздействия на организм человека. Новая методика расчета матрицы парных сравнений выборок позволяет оценить влияние локального холодого воздействия на ФСО, но эта оценка сильно варьирует, и она требует многократных повторов экспериментов. В наших наблюдениях для каждого испытуемого мы производим 15 серий исследований по 15 повторов измерений ЭМГ в каждой серии. Установлены количественные закономерности изменения числа совпадений пар выборок k в матрицах парных сравнений выборок ЭМГ при влиянии локального холодого воздействия на мышцы конечности.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-41-00034 p_урал_a
 «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем»*

Литература

1. Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Живаева Н.В. Хаотическая динамика ФСО человека на севере в условиях физической нагрузки Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. 318 с.
2. Баженова А.Е., Белощенко 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. Баженова А.Е., Курманов И.Г., Потетюрин Е.С., Самсонов И.Н. Влияния регулярных физических нагрузок на женский организм с позиции теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 31–36.
4. Баженова А.Е., Пахомов А.А., Валиева Е.В., Алексенко Я.Ю. Проблемы адаптации к гипотермальным воздействиям в условиях Севера РФ // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 4. С. 47–52.
5. Баженова А.Е., Повторейко В.В., Басова К.А., Картополенко Р.О. Эффект Еськова-Зинченко в описании хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 50–56.
6. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Королев Ю.Ю., Щипицин К.П. Стохастическая оценка параметров нервно-мышечной системы человека при локальном холодом воздействии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 37–42.
7. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Живаева Н.В., Алиев Н.Ш. Хаотическая динамика параметров нервно-мышечной системы у мужчин при многократных повторениях // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 5–11.
8. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т. В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.
9. Еськов В.В., Филатов М.А., Вохмина Ю.В., Стрельцова Т.В. Динамика гомеостаза сложных биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 11–18.
10. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Алиев А.А., Сорокина Л.С. Влияние локального холодом воздействия на параметры электромиограмм тренированного испытуемого // Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2, № 3. С. 42–46.
11. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка в геронтологии // Успехи геронтологии. 2015. Т. 28, № 3. С. 435–440.
12. Еськов В.М., Баженова А.Е., Вохмина Ю.В., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Гипотеза Н.А. Бернштейна в описании хаотической динамики произвольных движений человека // Российский журнал биомеханики. 2017. Т. 21, № 1. С. 18–28.
13. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической нагрузкой в условиях севера России // Экология человека. 2017. № 3. С. 38–42.
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. Зиллов 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.
16. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 6–15.
17. 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.
18. Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Алиев Н.Ш., Ключ Л.Г. Хаотический анализ биопотенциалов // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 19–26.
19. Филатова О.Е., Козлова В.В., Белощенко Д.В., Прасолова А.А. Стохастическая и хаотическая оценка параметров нервно-мышечной системы человека в осенний и весенний периоды года // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 4. С. 42–50.
20. Филатова О.Е., Зинченко Ю.П., Еськов В.В., Стрельцова Т.В. Сознательное и бессознательное в организации движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 23–30.
21. 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.

References

1. Bazhenova AE, Bashkatova YV, Zhivaeva NV. Khaoticheskaya dinamika FSO cheloveka na severe v usloviyakh fizicheskoy nagruzkiyu [Chaotic dynamics of human FSO in the north under conditions of physical stress] Tula: Izd-vo TulGU; 2016. Russian.
2. Bazhenova AE, Beloshchenko DV, Samsonov IN, Snigirev AS. Otsenka tremorogramm ispy-tuemogo v usloviyakh razlichnykh staticheskikh nagruzok [Evaluation of tremorograms tested under conditions of various static loads]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;2:5-10. Russian.
3. Bazhenova AE, Kurmanov IG, Potetyurina ES, Samsonov IN. Vliyaniya regulyarnykh fizicheskikh nagruzok na zhenskiy organizm s pozitsii teorii khaosa-samoorganizatsii [Effects of regular physical activity on the female body from the standpoint of the theory of chaos-self-organization]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:31-6. Russian.
4. Bazhenova AE, Pakhomov AA, Valieva EV, Aleksenko YYu. Problemy adaptatsii k gipotermal'nyim vozdeystviyam v usloviyakh Severa RF [Problems of adaptation to hypothermal influences in the North of the Russian Federation]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;4:47-52. Russian.
5. 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.
6. Beloshchenko DV, Maystrenko EV, Korolev YY, Shchipitsin KP. Stokhasticheskaya otsenka parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka pri lokal'nom kholodovom vozdeystvii [Stochastic estimation of the parameters of the human neuromuscular system under local cold exposure]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:37-42. Russian.
7. Beloshchenko DV, Maystrenko EV, Zhivaeva NV, Aliev NSh. Khaoticheskaya dinamika parametrov nervno-myshechnoy sistemy u muzhchin pri mnogokratnykh povtoreniyakh [Chaotic dynamics of parameters of the neuromuscular system in men with repeated repetitions]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2017;1:5-11. Russian.
8. Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh sistem [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady akademii nauk. 2017;472(6):642-4. Russian.
9. Es'kov VV, Filatov MA, Vokhmina YV, Strel'tsova TV. Dinamika gomeostaza slozhnykh biosistem [Dynamics of homeostasis of complex biosystems]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;2:11-8. Russian.
10. Beloshchenko DV, Maystrenko EV, Aliev AA, Sorokina LS. Vliyanie lokal'nogo kho-lodovogo vozdeystviya na parametry elektromiogramm trenirovannogo ispytuemogo [Effect of local cold impact on the parameters of the electromyogram of the trained subject]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2016;2(3):42-6. Russian.
11. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA, Sinenko DV. Neyrokomp'yuternaya identifikatsiya parametrov poryadka v gerontologii [Neurocomputer identification of order parameters in gerontology]. Uspekhi gerontologii. 2015;28(3):435-40. Russian.
12. Es'kov VM, Bazhenova AE, Vokhmina YV, Filatov MA, Ilyashenko LK. Gipoteza N.A. Bernshteyna v opisani khaoticheskoy dinamiki neproizvol'nykh dvizheniy cheloveka [Hypothesis of N.A. Bernstein in the description of the chaotic dynamics of involuntary movements of man]. Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki. 2017;21(1):18-28. Russian.
13. Es'kov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshchin s razlichnoy fizicheskoy nagruzko v usloviyakh severa Rossii [Characteristics of tremor parameters in women with different physical activity in the conditions of the north of Russia]. Ekologiya cheloveka. 2017;3:38-42. Russian.
14. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Voxmina YV. Formalizatsiya effekta «po-vtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Formalization of the effect of "repetition without repetition" N.A. Bernstein]. Biofizika. 2017;62(1):168-76. Russian.
15. Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Experimental confirmation of the effect "Repetition without repetition" N.A. Bernstein]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.
16. Zinchenko YP, Khadartsev AA, Filatova OE. Vvedenie v biofiziku gomeostaticeskikh sistem (complexity) [Introduction to biophysics of homeostatic systems (complexities)]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:6-15. Russian.
17. 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 Eskova-Zinchenko effect in the psychophysiology of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:24-32. Russian.

18. Filatova DY, Poskina TY, Aliev NS, Klyus LG. Khaoticheskiy analiz biopotentsialov [Phaotic analysis]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;2:19-26. Russian.

19. Filatova OE, Kozlova VV, Beloshchenko DV, Prasolova AA. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v osenniy i vesenniy periody goda [Stochastic and chaotic evaluation of the parameters of the human neuromuscular system in the autumn and spring periods of the year]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;4:42-50. Russian.

20. Filatova OE, Zinchenko YP, Es'kov VV, Strel'tsova TV. Soznatel'noe i bessozna-tel'noe v organizatsii dvizheniy [Conscious and unconscious in the organization of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:23-30. Russian.

21. 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.

Библиографическая ссылка:

Берестин Д.К., Клюс И.В., Потетюрина Е.С., Гимадиев Б.Р., Чекой А.В. Стохастический анализ электромиограмм при локальном холодовом охлаждении // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №2. Публикация 1-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-2/1-9.pdf> (дата обращения: 15.06.2017). DOI: 10.12737/article_5943bc2741c4e5.73854381.