10.12737/article_5b2cea1973cf50.33729857

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

МАТРИЦЫ МЕЖАТТРАКТОРНЫХ РАССТОЯНИЙ В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ НЕТРЕНИРОВАННЫХ И ТРЕНИРОВАННЫХ ИСПЫТУЕМЫХ

О.А. ВЕДЯСОВА[1], Ю.В. БАШКАТОВА[2], Д.Ю. ФИЛАТОВА[2], О.А. МОРОЗ[2]

[1]ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева», ул. акад. Павлова, 1, Самара, Россия, 443011
[2]БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400, e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

Аннотация. Анализировались параметры кардиореспираторной системы двух групп испытуемых: нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) девушек до и после физической нагрузки. Результаты проведенного исследования показали, что движения хаотических и стохастических центров квазиаттракторов после физической нагрузки у двух групп различаются. Физическая нагрузка уменьшает размеры квазиаттрактора вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы только у тренированных девушек. У группы нетренированных девушек, после физической нагрузки межаттракторное расстояние увеличивается, что говорит о недостаточной сформированности адаптационных механизмов, а также о существенном напряжении регуляторных процессов. Использование метода расчета матриц межаттракторных расстояний в *m*-мерном фазовом пространстве предоставляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма.

Ключевые слова: *кардиореспираторная система, физическая нагрузка, квазиаттрактор, адаптация.*

INTERATTRACTOR DISTANCE MATRICES IN ESTIMATION OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM PARAMETERS OF UNTRAINED AND TRAINED SUBJECTS

O.A. VEDYASOVA[1], YU.V. BASHKATOVA[2], D.Yu. FILATOVA[2], O.A. MOROZ[2]

[1]Samara National Research University named after academician S.P. Korolev (Samara University), ul. acad. Pavlova, 1, Samara, Russia, 443011
[2]Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

Abstract. The parameters of the cardiorespiratory system of two groups of subjects were analyzed: untrained (Z_1) and trained (Z_2) girls before and after physical exertion. The results of the study showed that movements of chaotic and stochastic centers of quasi-tractors after physical exercise in two groups differ. Physical load reduces the size of quasiattractor of the human body state vector and partially normalizes the cardiorespiratory system only in trained girls. In a group of untrained girls, after physical exercise the interattractor distance increases, which indicates the insufficient formation of adaptation mechanisms, as well as the significant tension of regulatory processes. The use of the method of calculating the matrices of interatractor distances in *m*-dimensional phase space provides a certain quantitative evaluation of the body's adaptive reserves.

Keywords: *cardiovascular system, exercise, quasiattractor, adaptation.*

Введение. Одной из важнейших проблем исследования функциональных систем организма человека является изучение особенностей регуляции кардиореспираторной *системы* (КРС). Население, регулярно занимающееся физическими упражнениями в условиях проживания на Севере РФ, подвергается комплексному воздействию неблагоприятных климато-географических факторов. Любая значительная физическая нагрузка вызывает у человека реакцию, которая существенно зависит от уровня физической подготовленности [1-7].

В системе физических упражнений игровые виды спорта являются одними из самых действенных средств укрепления здоровья человека. Регулярные занятия бас-

кетболом, волейболом, футболом и т. д. оказывают на организм человека благотворное влияние. Положительное воздействие физических упражнений на сердечно-сосудистую систему и КРС обусловлено их тонизирующим влиянием, способствующим повышению уровня протекания всех физиологических процессов [3-12,29,30].

В соответствие с выше изложенным, **целью настоящей работы** является исследование динамики изменения параметров КРС у двух групп испытуемых: нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) девушек до и после физической нагрузки. При этом, нами производился анализ КРС с позиций детерминистско-стохастической науки и новых методов *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС), т.е. изучался хаос *систем третьего типа* (СТТ) – *complexity* на примере КРС. Это представляет особый научно-практический интерес для оценки механизмов адаптации и для понимания принципов функционирования сложных систем (СТТ–*complexity*) [9-15], а для медицины появляется уникальная возможность изучения параметров КРС с позиций хаоса выборок любых параметров x_i описывающих КРС человека в условиях релаксации, при нагрузках или при патологии в условиях моделирования таких процессов [12-20].

Объект и методы исследования. Наши исследования включали в себя изучение параметров КРС, а именно параметров: x_1 - **СИМ** – показатель активности *симпатического отдела* ВНС (у.е.), x_2 - **ПАР** – показатель активности *парасимпатического отдела* ВНС (у.е.), x_3 - **ИНБ** – *показатель индекса напряжения* по Р.М. Баевскому (у.е.), x_4 - **SpO_2** – *содержание оксигемоглобина в крови испытуемых* (%), x_5 - **ЧСС** – *частота сердечных сокращений* (уд/мин) у двух групп испытуемых: нетренированных (Z_1 - группа сравнения) и тренированных (Z_2 - девушки занимающиеся игровыми видами спорта) молодых девушек, проживающих на Севере РФ более 20 лет до и после физической нагрузки.

Обследование испытуемых производили с помощью пульсоксиметра (ЭЛОКС-01 М, г. Самара). Регистрацию пульсовой волны осуществляли специальным фотооптическим датчиком (в виде прищепки), который крепили на дистальную фалангу указательного пальца правой руки. Регистрацию параметров КРС производили в положении сидя в течение 5 мин в неизменном гомеостазе. Показатели снимались в спокойном состоянии (без какого-либо воздействия) и после динамической нагрузки. При помощи программы «*ELOGRAPH*» в режиме реального времени изучали динамику параметров КРС с одновременным построением гистограммы распределения КИ.

Статистическая обработка параметров КРС в виде функции $x_1(t)$ и $x_2(t)=dx_1/dt$ (в ряде случаев и $x_3(t)=dx_2/dt$) осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 10*». Проверка данных на соответствие закону нормального распределения оценивалась на основе вычисления критерия *Шапиро-Уилка*. Дальнейшие исследования производились методами непараметрической статистики (критерий Вилкоксона). Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц *Microsoft EXCEL* [20-30].

Далее регистрация параметров КРС испытуемых производилась в пятимерном *фазовом пространстве состояний* (ФПС) *общего вектора состояния* (ВСС) КРС в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \ldots, x_m)^T$, где m=5. Эти координаты x_i состояли из: x_1 – **СИМ**, x_2 – **ПАР**, x_3 – **ИНБ**, x_4 – **SpO_2**, x_5 – **ЧСС**. Для учёта элементов хаоса в динамике параметров КРС нами использовались методы ТХС, которые обеспечили расчёт матриц межаттракторных расстояний между хаотическими $\boldsymbol{Z^{ch}}$ и стохатическими $\boldsymbol{Z^{s}}$ центрами *квазиаттракторов* (КА) движения *вектора состояния организма человека* (ВСОЧ).

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований была произведена статистическая обработка динамики параметров КРС со стороны ВНС (анализ параметров: x_1 – **СИМ**, x_2 – **ПАР**, x_3 – **ИНБ**, x_4 – **SpO_2**, x_5 – **ЧСС** у группы нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) девушек до и после физической нагрузки. Результаты проверки на нормальность распределения параметров КРС по критерию Шапиро-Уилка, показали, что значения большинства параметров

x_i (i=1,2,…5) имеют непараметрический тип распределения (распределение, отличное от нормального имеет p<0,05) следовательно, значения КРС представлялись медианами и процентилями (5-й и 95-й) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты статистической проверки на соответствие закону нормального распределения (по критерию Шапиро-Уилка) значений параметров КРС нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) групп девушек до и после физической нагрузки

N=10		**группа нетренированных девушек (Z_1)**						**группа тренированных девушек (Z_2)**					
		X_{cp}	***W***	***p***	*Процентили %*			X_{cp}	***W***	***p***	*Процентили %*		
					50, Me	*5, %*	*95, %*				*50, Me*	*5, %*	*95, %*
СИМ,(у.е.)	до	3,6	0,78	*0,00*	2	1	10	2,3	0,87	0,11	2,5	1	4
	после	9,7	0,87	0,12	7	2	22	6,7	0,69	*0,00*	5,5	3	20
ПАР,(у.е.)	до	13,1	0,91	0,31	11	6	22	13,1	0,94	0,60	12,5	8	21
	после	8,9	0,97	0,93	9,5	1	18	9,5	0,92	0,43	10	3	16
ИНБ,(у.е.)	до	81	0,72	*0,00*	37,5	15	280	39,5	0,89	*0,19*	30	15	80
	после	306	0,71	*0,00*	210	50	1200	136,2	0,60	*0,00*	73,5	35	600
SPO2,(%)	до	98,6	0,64	*0,00*	99	98	99	98,8	0,50	*0,00*	99	98	99
	после	97,6	0,87	0,10	98	95	99	98	0,81	*0,02*	98	97	99
ЧСС,(уд,/мин)	до	89,1	0,96	0,83	89,5	68	107	79,9	0,872	0,10	76	61	120
	после	109,5	0,87	0,11	104,5	75	150	98,8	0,925	0,40	97,5	75	133

Примечание:* ***W* – критерий Шапиро-Уилка (*Shapiro-Wilk*) для проверки типа распределения признака; ***p*** – достигнутый уровень значимости, полученный в результате проверки типа распределения по критерию Шапиро-Уилка (критическим уровнем значимости принят p<0,05). X_{cp} – средние арифметические значения; ***Me*** – медиана (5%;95%) для описания асимметричных распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния процентили (5-й и 95-й).

В табл. 1 представлена динамика параметров КРС у нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) групп девушек до и после физической нагрузки. Средние значения (X_{cp}) и значения медиан (***Me***) КРС по параметрам x_1 – **СИМ,** x_3 – **ИНБ** и x_5 – **ЧСС** у нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) групп девушек увеличиваются после физической нагрузки, однако x_2 – **ПАР** и x_4 – **SpO_2** уменьшаются, что статистически не является достоверным различием в оценке ответной реакции КРС человека на физическую нагрузку [22-30].

Таблица 2

Уровни значимости для попарных сравнений значений параметров КРС нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) групп девушек до и после физической нагрузки с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

Попарные сравнения параметров ССС	**Число наблюдений *N***	**группа нетренированных девушек (Z_1)**			**группа тренированных девушек (Z_2)**		
		T	***Z***	***p* - уровень**	***T***	***Z***	***p* - уровень**
СИМ до и СИМ после	10	0,00	2,66	0,00	0,00	2,66	0,00
ПАР до ПАР после	10	4,50	1,89	**0,05**	10,00	1,48	**0,13**
ИНБ до ИНБ после	10	0,00	2,80	0,00	4,00	2,19	0,02
SpO_2 до SpO_2 после	10	0,00	2,52	0,01	0,00	2,20	0,02
ЧСС до ЧСС после	10	2,00	2,59	0,00	3,00	2,49	0,01

Примечание:* ***T* – сумма положительных и отрицательных рангов; Наименьшая из двух сумм (независимо от знака) используется для расчета величины ***Z***, по которой рассчитывается уровень значимости критерия; ***p*** – достигнутый уровень значимости при попарном сравнении с помощью критерия Вилкоксона (критический уровень значимости принят равным p<0,05).

Далее, для выявления различий средних значений рангов параметров КРС у нетренированных (Z_1) и тренированных (Z_2) групп девушек до и после физической нагрузки использовался непараметрический критерий Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) табл. 2, который наглядно показывает между какими группами существуют различия и по каким параметрам. Очевидно, что почти у всех пар имеем $p<0,05$ в группе нетренированных девушек. Для тренированных ситуация похожая.

В целом, анализ таблицы 2 показал, что достоверные различия имеют почти все параметры КРС (**СИМ**, **ИНБ**, **SpO_2** и **ЧСС),** сравниваемые между собой, как до так и после физической нагрузки ($p<0,05$) у **групп (Z_1) и (Z_2)**. Однако по параметру ПАР (до и после физической нагрузки) статистически значимых различий обнаружено не было как у группы нетренированных **(Z_1),** так и у группы тренированных **(Z_2)** девушек**,** о чем свидетельствуют значения критерия Вилкоксона, которые составляют: T=4,50, Z=1,89 и p=0,05 и T=10, Z=1,48 и p=0,13 соответственно. В целом, полученные результаты являются важной характеристикой адаптационных закономерностей поведения хаотической динамики КРС у групп испытуемых [11-21].

В данной статье также предложен новый метод идентификации матриц межаттракторных расстояний, который позволяет оценить степень влияния физической нагрузки на организм человека [19-26]. Данный метод используется для групповых сравнений (разных групп людей или разных видов воздействий, например, разные виды лечебно-оздоровительных мероприятий, физических нагрузок или видов спорта), когда имеются несколько кластеров данных (каждый кластер для каждой группы обследуемых, или для каждого типа воздействий для группы обследуемых) и эти кластеры описываются своим *вектором состояния организма человека* (ВСОЧ). Интегративной мерой оценки эффективности лечебного или физкультурно-спортивного воздействия является степень близости (или, наоборот, удаленности) этих 2 сравниваемых *квазиаттракторов* (КА) в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). При этом, каждый человек со своим набором признаков (компоненты ВСОЧ) задается точкой в этом ФПС так, что группа испытуемых образует некоторое «облако» (квазиаттрактор) в ФПС, а разные группы (из-за разных воздействий на них) образуют разные «облака» – квазиаттракторы в ФПС.

Изучены результаты идентификации матриц межаттракторных расстояний $\boldsymbol{Z^{ch}}$ между хаотическими центрами КА вектора состояния организма нетренированных **(Z_1)** и тренированных **(Z_2)** групп девушек до и после физической нагрузки в 5-мерном ВПС. Сразу отметим, что большие межаттракторные расстояния после физической нагрузки отмечаются при сравнении группы нетренированных девушек **(Z_1)** - Z=478,2 у.е., у группы тренированных девушек **(Z_2)** - Z=270,5. При сравнении матрица межаттракторных расстояний $\mathbf{Z^s}$ между стохастическими центрами КА вектора состояния организма **(Z_1)** и **(Z_2)** групп девушек до и после физической нагрузки в 5-мерном ФПС, аналогично наблюдаются большие межаттракторные расстояния после физической нагрузки именно у группы нетренированных девушек **(Z_1)** - Z=226,1 у.е., у группы тренированных девушек **(Z_2)** - Z=98,6. Полученный результат свидетельствует о стабилизирующем влиянии физической нагрузки на параметры ФСО у тренированных девушек. Более того, даже в исходном состоянии тренированные находятся на меньшем расстоянии от нетренированных (до нагрузки) чем нетренированные (до и после нагрузки).

Метод расчёта матриц межаттракторных расстояний в m-мерном фазовом пространстве предоставляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма. Расчёт параметров КА кардиореспираторной системы показывает индивидуальное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

Заключение. Методы математического моделирования параметров КРС испытуемых в m-мерном фазовом пространстве состояний в сочетании с традиционными де-

терминистско-стохастическими методами в виде парных сравнений выборок параметров КРС, обеспечивают получение объективной информации о функциональном состоянии и степени адекватности реакций организма на физическую нагрузку. Установленные различия в значениях матриц межаттракторных расстояний КА параметров КРС у испытуемых, демонстрируют уменьшение значений КА после физической нагрузки именно у тренированных девушек. Это говорит о формировании состояния адекватной мобилизации испытуемого, что отсутствует в динамике поведения КРС у испытуемых без физической подготовки.

Работа выполнена при поддержке:

- гранта РФФИ № 18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ»
- гранта РФФИ № 18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга»

Литература

1. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Мирошниченко И.В., Воробьева Л.А. Проблема статистической неустойчивости кардиоинтервалов в получаемых подряд выборках неизменного гомеостаза в условиях севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 36-42.
2. Галкин В.А., Филатова О.Е., Журавлева О.А., Шелим Л.И. Новая наука и новое понимание гомеостатических систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 1. – С. 75-86. DOI: 10.12737/article_58ef6f7a9c4939.90994248
3. Денисова Л.А., Прохоров С.А., Шакирова Л.С., Филатова Д.Ю. Хаос параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях широтных перемещений // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 133-142. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15989
4. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: изд-во ТулГУ, 2016. – 372 с.
5. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
6. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. А.А. Хадарцева, Г. С. Розенберга. Тула: изд-во ООО «ТППО», 2017. – 596 с.
7. 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. DOI: 12737/25253
8. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Л.К. Иляшенко Л.К. Биофизика живых систем в зеркале теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2017. – Т. 24. – № 4. – С. 20-26. DOI: 10.12737/article_5a38f0267f9733.52971633
9. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. – С. 6-15. DOI: 10.12737/22107
10. Мирошниченко И.В., Прохоров С.В., Эльман К.А., Срыбник М.А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 154-160. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15997
11. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. –№ 1. – С. 143-153. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15990
12. 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. DOI: 10.18412/1816-0395-2017-7-46-51

13. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

14. 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. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

15. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4. – No. 4. – Pp. 403-416.

16. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37. – No. 8. – Pp. 967-971.

17. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48. – No. (1-2). – Pp. 47-63.

18. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25. – No. 6. – Pp. 348-353.

19. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11. – No. (2-4). – Pp. 203-226.

20. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44. – No. 3. – Pp. 518-525.

21. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

22. 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. – No. 3. – Pp. 38-42.

23. 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. – No. 1. – Pp. 143-150.

24. 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. – No. 3. – Pp. 309-317.

25. 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. – No. 1. – Pp. 14-23.

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. – No. 8. – Pp. 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. – No. 3. – Pp. 224-232.

28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125-130.

29. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Kopilov F.Yu., Lastovetsky A.G. Mathematical analysis of the stability of heart– rate dynamics in postinfarction patients // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 3. – Pp. 499-502.

30. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

Reference

1. Beloshchenko D.V., Bashkatova YU.V., Miroshnichenko I.V., Vorob'eva L.A. Problema statisticheskoj neustojchivosti kardiointervalov v poluchaemyh podryad vyborkah neizmennogo gomeostaza v usloviyah severa RF [Eskov-Zinchenko effect: human involun-

tary movements organization during repetitions] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24. – № 1. – S. 36-42.

2. Galkin V.A., Filatova O.E., Zhuravleva O.A., Shelim L.I. Novaya nauka i novoe ponimanie gomeostaticheskih system [New science and new understanding of homeostatic systems] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017. – № 1. – S. 75-86. DOI: 10.12737/article_58ef6f7a9c4939.90994248

3. Denisova L.A., Prohorov S.A., Shakirova L.S., Filatova D.YU. Haos parametrov serdechno-sosudistoj sistemy shkol'nikov v usloviyah shirotnyh peremeshchenij [Chaos of cardiovascular system parameters in schoolchildren under conditions of latitudinal displacements] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 133-142. DOI:10. 24411/1609-2163-2018-15989

4. Es'kov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i ehvolyucii complexity: monografiya. Tula: izd-vo Tul-GU, 2016. – 372 s.

5. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticheskih sistem: monografiya / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: izd-vo OOO «Portoprint», 2017. – 388 s.

6. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticheskih sistem: monografiya / Pod red. A.A. Hadarceva, G. S. Rozenberga. Tula: izd-vo OOO «TPPO», 2017. – 596 s.

7. Es'kov V.M., Filatova O.E., Poluhin V.V. Problema vybora abstrakcij pri primenenii biofiziki v medicine [Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24. – № 1. – S. 158-167. DOI: 12737/25253

8. Es'kov V.M., Hadarcev A.A., Filatova O.E., L.K. Ilyashenko L.K. Biofizika zhivyh sistem v zerkale teorii haosa-samoorganizacii [Biophysics of living systems in mirror of chaos and self-organization theory] // Vestnik novyh medi-cinskih tekhnologij. [Journal of new medical technologies]. 2017. – T. 24. – № 4. – S. 20-26. DOI: 10.12737/article_5a38f0267f9733.52971633

9. Zinchenko YU.P., Hadarcev A.A., Filatova O.E. Vvedenie v biofiziku gomeostaticheskih sistem (complexity) [Introduction to the biophysics of homeostatic systems (complexity)] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2016. – № 3. – S. 6-15. DOI: 10.12737/22107

10. Miroshnichenko I.V., Prohorov S.V., EHl'man K.A., Srybnik M.A. Sravnitel'nyj analiz haoticheskoj dinamiki pokazatelej serdechno-sosudistoj sistemy prishlogo detsko-yunosheskogo naseleniya YUgry [Comparative analysis of the chaotic dynamics of the cvs alien youth of Ugra population] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 154-160. DOI:10. 24411/1609-2163-2018-15997

11. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Haos parametrov gomeostaza funkcional'nyh sistem organizma cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of functional systems of the human body] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. –№ 1. – S. 143-153. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15990

12. Filatova O.E., Majstrenko E.V., Boltaev A.V., Gazya G.V. Vliyanie promyshlennyh ehlektromagnitnyh polej na dinamiku serdechno-sosudistyh sistem rabot-nic neftegazovogo kompleksa [The influence of industrial electromagnetic fields on cardiorespiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers] // Ehkologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. – 2017. – T. 21. – № 7. – S. 46-51.

13. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

14. 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. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

15. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4. – No. 4. – Pp. 403-416.

16. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37. – No. 8. – Pp. 967-971.

17. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48. – No. (1-2). – Pp. 47-63.

18. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25. – No. 6. – Pp. 348-353.

19. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11. – No. (2-4). – Pp. 203-226.

20. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44. – No. 3. – Pp. 518-525.

21. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Sto-chastics and Chaos–Self-Organization // Bio-physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

22. 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. – No. 3. – Pp. 38-42.

23. 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. – No. 1. – Pp. 143-150.

24. 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. – No. 3. – Pp. 309-317.

25. 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. – No. 1. – Pp. 14-23.

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. – No. 8. – Pp. 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. – No. 3. – Pp. 224-232.

28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125-130.

29. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Kopilov F.Yu., Lastovetsky A.G. Mathematical analysis of the stability of heart– rate dynamics in postinfarction patients // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 3. – Pp. 499-502.

30. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.