

DOI: 10.12737/article_5a1c022bd3df56.20636712

ОЦЕНКА ХАОСА СПЕКТРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Ю.В. БАШКАТОВА¹, С.А. ПРОХОРОВ², Н.Ш. АЛИЕВ¹, Р.Б. ТЕН¹

¹*БУ ВО «Сургутский государственный университет», г. Сургут, пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru*

²*Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева (НИУ), Московское шоссе, 34, Самара, Россия, 443086*

Аннотация. Проблема влияния дозированной физической нагрузки на параметры сердечно-сосудистой системы человека в условиях Севера РФ является важной жизненной проблемой. Специфика изменений параметров сердечно-сосудистой системы человека и составила основу настоящего исследования. Методом многомерных фазовых пространств изучалось поведение вектора состояния сердечно-сосудистой системы у одного человека при 15-ти повторах измерений в ответ на дозированную физическую нагрузку. При исследовании влияния дозированной физической нагрузки на параметры сердечно-сосудистой системы методом многомерных фазовых пространств установлено, что нагрузка вызывает увеличение параметров квазиаттракторов сердечно-сосудистой системы испытуемого в 15-ти повторах измерений. Использование запатентованных методик показало, что мы можем определять параметры квазиаттрактора как для отдельных испытуемых, так и их групп и сравнивать их хаотическую динамику во времени или в фазовом пространстве состояний. Все это показывает эффективность использования новых методов теории хаоса-самоорганизации в оценке динамики сердечно-сосудистой системы для жителей Югры.

Ключевые слова: теория хаоса-самоорганизации, сердечно-сосудистая система, физические нагрузки, многомерное фазовое пространство.

EVALUATION OF SPECTRAL PARAMETERS CHAOS OF THE CARDIAC-VASCULAR SYSTEM

YU.V. BASHKATOVA¹, S.A. PROKHOROV², N.SH. ALIEV¹, R.B. TEN¹

¹*Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: yuliyabashkatova@yandex.ru*

²*Samara State Aerospace University, Moskovskoe sh., 34, Samara, Russia, 443086*

Abstract. The problem of the effect of dosed physical exercise on the parameters of the cardiovascular system of a person in the conditions of the North of the Russian Federation is an important life problem. Specificity of changes in the parameters of the cardiovascular system of man and formed the basis of this study. The behavior of the state vector of the cardiovascular system in one person with 15 replicates of the measurements in response to the measured physical load was studied by the method of multivariate phase spaces. When studying the effect of a dosed physical load on the parameters of the cardiovascular system by the method of multivariate phase spaces, it is established that the load causes an increase in the parameters of the quasi-tractors of the cardiovascular system of the subject in 15 replicates of measurements. The use of patented techniques has shown that we can determine the parameters of the quasiattractor for both individual subjects and their groups and compare their chaotic dynamics in time or in the phase space of states. All this shows the effectiveness of using new methods of the theory of chaos-self-organization in assessing the dynamics of the cardiovascular system for the inhabitants of Yugra.

Key words: theory of chaos-self-organization, cardiovascular system, physical activity, multidimensional phase space.

Введение. Общеизвестно, что воздействие ряда экологических факторов на формирование и развитие сердечно-сосудистой системы накладывает отпечаток на работу функциональных систем организма человека в целом. Воздействие экофакторов на организм человека осуществ-

ляется через формирование приспособительных реакций на уровне центральной и вегетативной нервных систем, через закрепление условно рефлекторного влияния. Резкие колебания экологических параметров среды обитания у жителей ХМАО-Югры оказывает выраженное влияние на

все функциональные системы организма (ФСО), особенно на *сердечно-сосудистую систему* (ССС) и *нервно-мышечную систему* (НМС), гармоничная работа которых существенно влияет на жизненно важные процессы, происходящие в организме [1,5-10,12-20,22].

Кратковременные воздействия физических дозированных нагрузок на организм человека направлены на самосохранение, а после освобождения организма от физических дозированных нагрузок происходит восстановление гомеостаза. Выносливость к физическим нагрузкам определяется как состоянием вегетативных функций, обеспечивающих необходимый кислородный режим организма, так и функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата. Поэтому изучение вегетативных и моторных функций под влиянием дозированной физической нагрузки, является необходимым условием для выявления степени физической работоспособности, тренированности и текущего функционального состояния спортсмена [13-19]. Физическая дозированная нагрузка в процессе тренировок имеет особое значение. Появляется возможность управления чувствительностью и устойчивостью организма к физическим нагрузкам [14-18,24].

Изучение этого функционального состояния организма человека по параметрам ССС, а также по степени физической подготовленности представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации* – ТХС. Этот новый подход (ТХС) позволяет прогнозировать возможные изменения ССС и получать важную информацию о текущей динамике исследуемых функций [2-5,9-17]. Исследования показывают, что именно нарушения в нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системах отражают наиболее ранние метаболические и гемодинамические сдвиги, являются фактором, предопределяющим характер изменений работоспособности и степень выраженности изменений в состоянии здоровья [1,7-15,17-22,24-26]. В этой связи методы ТХС могут обеспечить объективную оценку состояния ССС жителей Севера РФ.

Целью работы явилась оценка состояния параметров сердечно-сосудистой си-

стемы у одного человека при 15-ти повторях измерений методом многомерных *фазовых пространств состояний* (ФПС).

Объект и методы исследования. Объектом настоящего исследования явился испытуемый БУ ВО «Сургутский государственный университет», проживающий на территории округа более 5 лет, который подвергался многократным изменениям параметров ССС до и после физической нагрузки.

Обследование производилось с помощью пульсоксиметра (ЭЛОКС-01 М, г. Самара). Специальным фотооптическим датчиком в положении сидя в течение 5 мин регистрировали *частоту сердечных сокращений* (ЧСС), а затем рассчитывали показатели активности *симпатического* (СИМ) и *парасимпатического* (ПАР) отделов *вегетативной нервной системы* (ВНС), *стандартного отклонения NN-интервалов* (SDNN), *индекса напряжения Баевского*, а также рассчитывали *компоненты спектральной мощности ВСР* в *высокочастотном* (HF, 0,15 – 0,4 Гц), *низкочастотном* (LF, 0,04 – 0,15 Гц) и *ультранизкочастотном* (VLF, $\leq 0,04$ Гц) диапазонах, а также величину *вагосимпатического баланса* (LF/HF). После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрация продолжалась в течение 5 минут.

Проведена статистическая обработка результатов исследований показателей ССС одного испытуемого в 15-ти повторях измерений до и после физической дозированной нагрузки. Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 6.1*». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Дальнейшие исследования в зависимости от распределения производились методами параметрической и непараметрической статистики (критерий Стьюдента, Вилкоксона, Манна-Уитни). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты исследования. При проверке данных на соответствие закону нормального распределения оценивалась на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка выявлено, что параметры сердечно-сосудистой системы до и после физической нагрузки для испытуемого не описываются законом нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики.

В ходе исследований и статистической обработки данных были получены следующие сводные количественные характеристики результатов изменения параметров сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы, которые представлены в табл. 1.

Очевидно, что у испытуемого без физической подготовки при 15-ти повторах измерений отсутствуют полностью статистически значимые различия следующих параметров: *мощность спектра низкочастотного компонента variability (LF)*, *мощность спектра в высокочастотном диапазоне в нормированных единицах (Hf norm)*, *мощность спектра в низкочастотном диапазоне в нормированных единицах (LF norm)* и соотношение *LF к HF отдела вегетативной нервной системы* до и после физической нагрузки. Это демонстрирует с позиции стохастики отсутствие резких изменений в параметрах сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем. При этом, у испытуемого показатели параметров *VLF*, *HF* и *Total* статистически значимо различались ($p < 0,05$). Такое статистическое совпадение в ТХС обозначается как неопределенность 1-го типа [1-9].

Из полученных данных следует, что наблюдалось увеличение показателей *VLF*, *LF*, *HF* и *Total* у испытуемого после физической нагрузки.

По результатам данных табл. 1 *VLF* до и после нагрузки у испытуемого увеличивается с $2470,53 \pm 113,12$ мс² до $3849,80 \pm 177,26$ мс² ($p < 0,05$), что отражает гуморально-метаболические влияния. При сравнении спектральных характеристик у испытуемого наблюдалось увеличение *LF* компонента против уменьшения *HF*, что свидетельствует о степени напряжения па-

раметров сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем после физической нагрузки при 15-ти повторах испытаний [16-27].

Таблица 1
Спектральные показатели регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы ($n=15$)

Показатели	Испытуемый без физической подготовки		
	До нагрузки	После нагрузки	<i>p</i>
<i>VLF</i>	2470,53±113,12	3849,80±177,26	0,03
<i>LF</i>	2435,93±107,73	2974,47±148,68	0,43
<i>HF</i>	1625,60±502,41	2467,73±946,69	0,004
<i>Total</i>	6531,87±173,57	9292,27±285,28	0,012
<i>LF norm</i>	58,20±1,22	53,27±1,14	0,268
<i>Hf norm</i>	41,80±1,22	46,73±1,14	0,268
<i>LF/HF</i>	1,64±0,07	1,39±0,07	0,233

Примечание: *n*-количество обследуемых, *LF*, мс² – мощность спектра низкочастотного компонента variability; *HF*, мс² – мощность спектра высокочастотного компонента variability; *Total power*, мс² – общая спектральная мощность; *VLF*, % – мощность спектра свернизкочастотного компонента variability; *p* – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p > 0,05$)

Диапазон значений общего спектра мощности *колебаний ритма сердца (Total)* статистически достоверен у испытуемого. После динамической нагрузки наблюдалось уменьшение показателей *LF norm*, увеличение *Hf norm* и уменьшение *LF/HF*, который характеризует баланс влияния на сердце парасимпатического и симпатического отделов.

На основе методов системного анализа и синтеза исследована также динамика поведения параметров *квазиаттракторов (КА)* в семимерном фазовом пространстве спектральных показателей *ССС* и *вегетативной нервной системы (ВНС)* у испытуемого до и после физической динамической нагрузки [3,5-9,13-19]. Результаты этих расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2
Параметры квазиаттракторов в семимерном фазовом пространстве ($m=7$) спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной си-

**стем до и после физической нагрузки
($n=15$)**

Параметры квазиаттракторов (у.е.)	Испытуемый без физической подготовки	
	До нагрузки	После нагрузки
V_G	$4,65 \times 10^{17}$	$19,50 \times 10^{17}$
R_x	401,88	1 168,93

Из данных табл. 2 следует, что у испытуемого без физической подготовки коэффициент асимметрии R_x до нагрузки равен резко увеличивается до 401,88 у.е., а после физической динамической нагрузки 1 168,93 у.е.. Объем семимерного параллелепипеда V_G , ограничивающего КА, составлял $4,65 \times 10^{17}$ у.е. до нагрузки и $19,50 \times 10^{17}$ у.е. после. Таким образом, объем КА у лиц без физической подготовки после выполненной динамической нагрузки увеличился в 4 раза. Изменения параметров квазиаттракторов вектора состояния организма человека в m -мерном фазовом пространстве состояний более существенны, чем результаты статистической обработки их первичных данных [24]. Более того, четырехкратное увеличение объема квазиаттрактора в ТХС квалифицируется как эволюция параметров ССС [16-27].

Показатель R_x , после нагрузки также зависит от уровня подготовленности испытуемых, но в отличие от V_G , оказалось, что чем ниже уровень подготовленности, тем разница между хаотическим и стохастическими центрами больше. Это также подтверждается изменением значений объемов КА после нагрузки по сравнению с данными до нагрузки.

Заключение

Установлено, что у испытуемого без физической подготовки при 15-ти повторях измерений отсутствуют полностью статистически значимые различия параметров LF , $Hf\ norm$, $LF\ norm$ и соотношение LF к HF показателей регуляции ССС со стороны вегетативной нервной системы до и после физической нагрузки. Наблюдалось резкое увеличение средних значений показателя мощности спектра низкочастотного компо-

нента вариабельности у испытуемого, в связи с низким уровнем физической подготовки (табл.1) [20-27]. У испытуемого после физической нагрузки также увеличивается объем КА в семимерном фазовом пространстве. Это наглядно демонстрирует эффект занятий физической подготовкой (регулярно). На дозированную физическую нагрузку организм реагирует мобилизацией функциональных резервных механизмов, сглаживающих и компенсирующих возможные нарушения гомеостаза.

Использование запатентованных методик показало, что мы можем определять параметры КА как для отдельных испытуемых, так и их групп и сравнивать их хаотическую динамику во времени или в фазовом пространстве состояний, что позволяет перейти на индивидуальную оценку степени детренированности организма и оценки качества проводимых дозированных физических нагрузок (тренировок) [19-27].

Расчет параметров КА ССС показывает индивидуальное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость. Данная работа демонстрирует переход на индивидуальную медицину в режиме многих повторений регистрации параметров ССС.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 3. – С. 33-39.
4. Еськов В.В. Хаотическая динамика систем третьего типа – complexity //

Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (дата обращения: 18.09.2017).

5. 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.

6. Еськов В.М., Томчук А.Г., Широков В.А., Ураева Я.И. Стохастический и хаотический анализ вертебрoneврологических показателей и визуальной аналоговой шкалы боли в комплексном лечении хронических мышечно-скелетных болей // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. №3. – С. 8-13.

7. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Журавлева О.А., Филатова О.Е. Три глобальные парадигмы естествознания и обоснование третьей парадигмы в психологии и медицине // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – Т. 11. – № 1. – С. 45-54.

8. Живогляд Р.Н., Манонов А.М., Ураева Я.И., Головачева Е.А. Использование апитерапии при сосудистых заболеваниях и болезнях позвоночника в условиях Севера РФ // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3. – №3. – С. 2-7.

9. 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.

10. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомео-статических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. – С. 6-15.

11. Колосова А.И., Филатов М.А., Майстренко Е.В., Филатова Д.Ю., Макеева С.В. Параметры памяти учащихся, в зависимости от типа латерализации головного мозга, как показатель здоровья на Севере РФ // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3. – №3. – С. 19-23.

12. Филатова О.Е., Бодин О.Н., Куропаткина М.Г., Гимадиев Б.Р. Гомеостатичность метеопараметров окружающей среды

// Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-5.pdf> (дата обращения: 18.09.2017).

13. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. – 2017. – № 5-6. – С. 5-12.

14. Эльман К.А., Срыбник М.А., Прасолова А.А., Волохова М.А. Сравнительный анализ функциональных систем организма коренного детско-юношеского населения в условиях Севера // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3. – №3. – С. 14-18.

15. Якунин В.Е., Белощенко 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).

16. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95. – No. 1. – Pp. 92–94.

17. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical Physics. 2017. Vol. 62, No. 11. Pp. 1611–1616.

18. 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.

19. 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.

20. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Pyashenko 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.

21. 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.

22. 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.

23. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Hugaeva V.K. A comparative analysis of the persistence of capillary blood flow oscillations in the left and right rat kidneys // Biophysics. – 2016. – T. 61. – № 4. С. 656-660.

24. 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.

25. 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. – P. 224-232.

26. 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. – Pp. 57-65.

27. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N.A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 1. – Pp. 4-8.

Reference

1. Bodin O.N., Gavrilenko T.V., Gorbunov D.V., Samsonov I.N. Vliyanie staticheskoi nagruzki myshts na parametry entropii elektromiogramm [Thermodynamic method in analyzing the parameters bioelectrical muscles at different static loads] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. – 2017. – T. 24. – № 3. – S. 47-52.

2. Eskov V.V. Termodinamika neravnovesnykh sistem I.R. Prigogine i entropiinyi podkhod v fizike zhivykh sistem [Thermodynamics of nonequilibrium systems I.R. Prigogine and entropy approach in the physics of living systems] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. – 2017. – T. 24. – № 2. – S. 7-15.

3. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie neergodichnykh gomeostateskikh system [Mathematical modeling of non-ergodic homeostatic systems] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. – 2017. – T. 24. – № 3. – S. 33-39.

4. Eskov V.V. Khaoticheskaya dinamika sistem tret'ego tipa – complexity [Chaotic dynamics of systems of the third type - complexity] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie. 2017. № 3. Publikatsiya 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (data obrashcheniya: 18.09.2017).

5. Eskov V.M., Filatova O.E., Polukhin V.V. Problema vybora abstraktsii pri primeneni biofiziki v meditsine [Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. – 2017. – T. 24. – № 1. – S. 158-167.

6. Eskov V.M., Tomchuk A.G., Shirokov V.A., Uraeva Ya.I. Stokhasticheskii i khaoticheskii analiz vertebronevrologicheskikh pokazatelei i vizual'noi analogovoi shkaly boli v kompleksnom lechenii khronicheskikh myshechno-skeletnykh bolei [Stochastic and chaotic analysis of vertebroneurological indicators and visual analogue scale of pain in complex treatment of chronic muscle-skeletal pains] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. – 2017. – T. №3. – S. 8-13.

7. Eskov V.M., Zinchenko Yu.P., Zhuravleva O.A., Filatova O.E. Tri global'nye paradigmy estestvoznaniya i obosnovanie tret'ei paradigmy v psikhologii i meditsine [Three global paradigms of natural sciences and justification of the third paradigm in psychology and medicine] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie. – 2017. – T. 11. – № 1. – S. 45-54.

8. Zhivoglyad R.N., Manonov A.M., Uraeva Ya.I., Golovacheva E.A. Ispol'zovani-

ya apiterapii pri sosudistyxh zabolevaniyakh i boleznyakh pozvonochnika v usloviyakh Severa RF [Use of apiterapy in vascular diseases, spine diseases in the conditions of the north of the russian federation] // *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. – 2017. – Т. 3. – №3. – С. 2-7.

9. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Es'kov V.V., Es'kov V.M. Eksperimental'nye issledovaniya statisticheskoi ustoichivosti vyborok kardiointervalov [The absence of statistical stability in rr-intervals of human body] // *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny*. – 2017. – Т. 164. – № 8. – С. 136-139.

10. Zinchenko Yu.P., Khadartsev A.A., Filatova O.E. Vvedenie v biofiziku gomeostaticheskikh sistem (complexity) // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2016. – № 3. – С. 6-15.

11. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Filatova D.Yu., Makeeva S.V. Parametry pamyati uchashchikhsya, v zavisimosti ot tipa lateralizatsii golovnogo mozga, kak pokazatel' zdorov'ya na Severe RF [Parameters of memory of students residing on the russian north, depending on the type of brain lateralization] // *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 19-23.

12. Filatova O.E., Bodin O.N., Kuropatkina M.G., Gimadiev B.R. Gomeostatichnost' meteoparametrov okruzhayushchei sredy [Homeostasis of meteo-parameters of the environment] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*. 2017. №3. Publikatsiya 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-5.pdf> (data obrashcheniya: 18.09.2017).

13. Khadartsev A.A., Es'kov V.M. Vnutrennie bolezni s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii sistem (nauchnyi obzor) // *Terapevt*. – 2017. – № 5-6. – С. 5-12.

14. Elman K.A., Srybnik M.A., Prasolova A.A., Volokhova M.A. Sravnitel'nyi analiz funktsional'nykh sistem organizma koren'nogo detsko-yunosheskogo naseleniya v usloviyakh Severa [Comparative analysis of functional systems of the indigenous youth population in the north] // *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 14-18.

15. Yakunin V.E., Beloshchenko D.V., Kamaltdinova K.R., Potetyurina E.S. Khaoticheskaya otsenka parametrov elektromiogramm u muzhchin pri raznom staticheskom usilii [Chaotic assesment of electromyograms parameters in men with different static physical loads] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*. 2017. № 3. Publikatsiya 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-4.pdf> (data obrashcheniya: 18.09.2017).

16. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // *Doklady Mathematics*. – 2017. – Vol. 95. – No. 1. – Pp. 92–94.

17. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // *Technical Physics*. 2017. Vol. 62, No. 11. Pp. 1611–1616.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Hugaeva V.K. A comparative analysis of the persistence of capillary blood flow oscillations in the left and right rat kidneys // *Biophysics*. – 2016. – Т. 61. – № 4. С. 656-660.

24. 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.

25. 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. – P. 224-232.

26. 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. – Pp. 57-65.

27. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N.A. Bernstein // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 1. – Pp. 4-8.