

Russian.

15. Sudakov KV. Informatsionnye aspekty sistemnoy organizatsii psikhicheskoy deyatel'nosti. Vestnik RAMN. 2012;8:53-6. Russian.

16. Khaken G. Printsipy raboty golovno-go mozga: Sinergeticheskiy podkhod k aktivnosti mozga, povedeniyu i kognitivnoy deyatel'nosti. Moscow: PER SE; 2001. Russian.

DOI: 12737/ 14970

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ГРУППЫ УЧАЩИХСЯ ЮГРЫ В АСПЕКТЕ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К УСЛОВИЯМ СЕВЕРА

Д.Ю. ФИЛАТОВА, К.А. ЭЛЬМАН, Д.В. ГОРБУНОВ, О.В. ПРОВОРОВА

*БУ ВО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»,
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400*

Аннотация. В работе рассматривается проблема изучения возрастных особенностей организма детей трех возрастных групп с использованием современных биофизических подходов и их математического моделирования. В данной статье установлены закономерности поведения параметров квазиаттракторов сердечно-сосудистой системы учащихся школы (пришлого населения) Югры в двумерном фазовом пространстве состояний. Результаты обрабатывались с использованием математических методов. Доказана значимость математического моделирования для получения объективной информации, показано закономерное уменьшение площади квазиаттракторов девочек. Установлено, что девочки средней возрастной группы демонстрируют наиболее высокое количество пар «совпадений» при построении матриц парного сравнения.

Ключевые слова: адаптация, пришлое население, энтропия Шеннона, квазиаттрактор.

COMPARISON OF THE PARAMETERS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM GROUP OF STUDENTS YUGRA IN TERMS OF ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF THE NORTH

D.YU. FILATOVA, K.A. ELMAN, D.V. GORBUNOV, O.V. PROVOROV

Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. The paper deals with the problem of the study of age-related characteristics in children of three age groups using modern biophysical approaches and mathematical modeling. In this article, we set the parameters of the behavior of quasi-attractors cardiovascular pupils (alien population) of Ugra in the two-dimensional phase space of states. The results were processed using mathematical methods. Proved the importance of mathematical modeling to obtain objective information shows regular decrease in the area of quasi-attractors girls. It was found that the average age group of girls show the highest number of pairs of "coincidences" in the construction of pairwise comparison matrices.

Key words: adaptation, alien population, Shannon entropy, quasi-attractor.

Введение. Проблема увеличения продолжительности жизни коренного и пришлого населения на территории Севера РФ является не только биологической, но и политической, экономической проблемой. Для Обского Севера РФ ярко выражены

резкие перепады температур, давления, влажности, которые ведут к нарушению *кардио-респираторной системы* (КРС) организма человека, следствие – сбой функционирования систем, обеспечивающих репродуктивный, энергетический и адаптаци-

онный гомеостазы. Изменяются многие вегетативные системы (кровообращение, дыхание, параметры крови), а также регуляторных механизмов (автономная нервная и эндокринная системы).

На сегодняшний день нам известно о многочисленных изменениях в организме человека не только в области патологии КРС жителей Севера Югры РФ, но и ряда других патофизиологических (гипобиотических) процессов в организме человека на данной территории, особое внимание, при этом уделяется пришлого населения. Если не уделять должного внимания данной проблеме и не пытаться устранить негативные эффекты на корню, то далее могут возникнуть выявления ранних патологий (инсульт, инфаркт, сахарный диабет), раннее начало климактерического периода, более раннее старение, а также высокую смертность особенно в возрасте 40-50 лет среди мужского населения [1,2,4,8,17].

Общеизвестно, что временной интервал развития патологий у людей, проживающих в России численно равен (в годах): инсульт среди женщин – 63,1; инфаркт среди женщин – 60; сахарный диабет среди женщин – 50-60; климактерический период у женщин – после 50; старение среди женщин – с 75.

Эти цифры могут значительно снизиться у пришлого населения на Севере РФ вследствие чего это может отобразиться на демографических параметрах населения РФ, проживающего в Югре. Чтобы избежать таких негативных последствий и увеличить продолжительность жизни пришлого населения на территориях Севера, нами были исследованы параметры *сердечно-сосудистой системы* (ССС) группы пришлых школьников (учащихся в городе Сургуте).

Объект и методы исследования. С помощью пульсоксиметра «ЭЛОКС-01М» (прибор предназначен для непрерывного измерения степени насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом SpO_2 и частоты пульса). Выполнялись измерения 15-ти параметров *сердечно-сосудистой системы* (ССС). Существуют четыре внешних фактора, оказывающих сильное влияние на кровообращение человека в ус-

ловиях Севера РФ: резкие сезонные перепады атмосферного давления; холодовое воздействие; резкое изменение фотопериодичности; колебания магнитного поля Земли. Всем известно, что климатозоологические факторы предъявляют жесткие требования к СССР [4-8,11,16-18].

Проанализированы результаты обработки данных, снятых с группы школьников подверженных адаптации к условиям высоких широт. При этом можно выделить параметры, подразделяющиеся на три стадии: адаптивное напряжение (от 3 до 6 мес.); стабилизация функции (до 3 лет); адаптированности (до 15 лет). Все школьники, принимающие участие в данном исследовании, были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование).

Методом вариационной пульсоинтервалографии «ЭЛОКС-01М» было обследованно 75 представительниц женского пола трёх возрастных групп по 25 человек в каждой: 1-я группа (младший возраст) 7-10 лет; 2-я группа (средний возраст) 11-14 лет; 3-я группа (старший возраст) – 15-17 лет. Такое разделение облегчит сравнение и даст более четкие результаты по всем 13-ти параметрам, которые будут в дальнейшем обработаны с помощью программы «Statistica 6.1» и методами *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС).

Основные параметры СССР обследуемых образовывали тринадцатимерное фазовое пространство *вектора состояний системы* (ВСС) в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где $m=13$. Эти координаты x_i , состояли из: x_1 – SIM – показатель активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, у.е.; x_2 – PAR – показатель активности парасимпатического отдела, у.е.; x_3 – SDNN – стандарт отклонения измеряемых кардиоинтервалов, мс; x_4 – INB – индекс напряжения (по Р.М. Баевскому); x_5 – SSS – число ударов сердца в минуту; x_6 – SpO_2 – уровень оксигенации крови (уровень оксигемоглобина); x_7 – VLF – спектральная мощность очень низких частот, мс^2 ; x_8 – LF – спектральная мощность низких частот, мс; x_9 – HF – спектральная мощность высоких частот, мс^2 ; x_{10} – Total – общая спек-

тральная мощность, мс^2 ; x_{11} – LFnorm – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_{12} – HFnorm – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_{13} – LF/HF – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной.

Определение всех этих величин производилось с помощью методов ТХС. Параметры x_1 – x_{13} были получены с помощью устройства «Элокс - 01М» (ЗАО ИМЦ «Новые приборы», г. Самара). Обработка данных в рамках статистики всех x_i производилась в программе «Statistica 6.1» и трех новых авторских программ (№ 2006613212, № 2007614714, № 2010613309). Первоначально производилась идентификация возможности нормальных законов распределения и одновременно обрабатывались выборки x_i в рамках непараметрических распределений. После их разделения все выборки переводились в непараметрические распределения, и производилось сравнение всех x_i для всех трёх пар (трёх возрастных групп). Методами ТХС решалась задача системного синтеза (ранжирования признаков x_i) на основе расчёта параметров КА [4-12].

Применялись новые методы ТХС, которые обеспечили расчет параметров *квазиаттракторов* (КА) поведения вектора состояния системы $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Для этих целей динамика кардиоинтервалов быстрым преобразованием Фурье представлялась в виде *амплитудно-частотной характеристики* (АЧХ) и строились фазовые портреты, где в качестве функции (первой координаты) $x_1 = x_1(t)$ использовались сами кардиоинтервалы, вторая фазовая координата $x_2 = x_2(t) = dx_1/dt$ являлась скоростью изменения $x_1(t)$. Определение параметров КА основано на расчетах вариационных размахов Δx , для каждой координаты вектора $x(t)$. Определение КА введено на ограниченном временном отрезке t , т.к. биосистема постоянно эволюционирует (параметры КА могут существенно отличаться на различных отрезках времени). Фактически, мы представляем скорость эволюции функций организма (у нас ССС) с возрастом [1-3,9-13,15,21].

Результаты и их обсуждение. Из-

вестно, что параметры *вариабильности сердечного ритма* (ВСР) являются объективными показателями состояния ССС ряда других и регуляторных систем организма, т.к. непосредственно характеризуют активность *нейровегетативного системного комплекса* (НВС). Изменения параметров ВСР могут характеризовать степень напряжения регуляторных механизмов при стрессовых воздействиях, либо отражать связь наблюдаемых изменений активности отделов вегетативной нервной системы, состоянием сосудистого центра и высших вегетативных центров и т.д. [1-8,14-17,19,20].

Исследование параметров ССС детско-юношеского населения Югры показало для младшей возрастной группы доминирование параметров *парасимпатического* (PAR) отдела НВС над *симпатическим* (SIM) отделом вегетативной нервной системы. Величины SIM и PAR трёх возрастных групп девочек имеют сходную динамику (в виде гистограмм).

Установлено, что детско-юношеское население Югры (девочки) имеет разную скорость падения SIM и нарастания PAR. У представительниц женского пола мы имеем плавное падение SIM (с 4 до 3,5 у.е.). В таком плавном падении значения SIM и проявляется специфика возрастных изменений параметров нейро-вегетативной регуляции ССС. Динамика PAR имеет исходно (в молодом возрасте) высокое значение (11,5 у.е.) однако, в старшем возрасте появляются различия у представительниц женского пола (11,5 и 13 у.е. соответственно) [4,8,17,21].

Более серьезные различия получаются при анализе параметров кардиоинтервалов в двумерном фазовом пространстве состояний, где x_1 – кардиоинтервалы и x_2 – скорость их изменения ($x_2 = dx_1/dt$). На рис.1-I представлен характерный пример таких изменений для девочек разных возрастных групп (испытуемая М₁₁, возраст 8 лет, площадь квазиаттрактора $S_1 = 84100$ у.е., испытуемая Ср₁₁, возраст 12 лет, площадь квазиаттрактора $S_2 = 77500$ у.е., испытуемая Ст₁₁, возраст 16 лет, $S_3 = 78400$ у.е.).

Из рис. 1 видно, что сердечно-сосудистая система испытуемых 1-й и 2-й группы демонстрирует довольно высокую

вариабельность, что характерно практически для любого здорового (без явных патологий) человека. Подобная картина справедлива для большинства населения нашей планеты, но она характерна для старшего возраста (от 20-ти до 100 лет). Качественно хаотическую динамику работы ССС представителей 1-й, 2-й и 3-й группы можно увидеть на фазовой плоскости (рис. 1).

смотрение статистических закономерностей параметров хаотической динамики КИ этих трёх возрастных групп, т.е. их *квазиаттракторов*, показало существенное различие по параметрам КА. Наглядно количественные характеристики параметров КА девочек Севера в виде функций S (значения площадей КА) представлены на рис. 2. Среднее значение площадей трех КА ($\langle S_1 \rangle$,

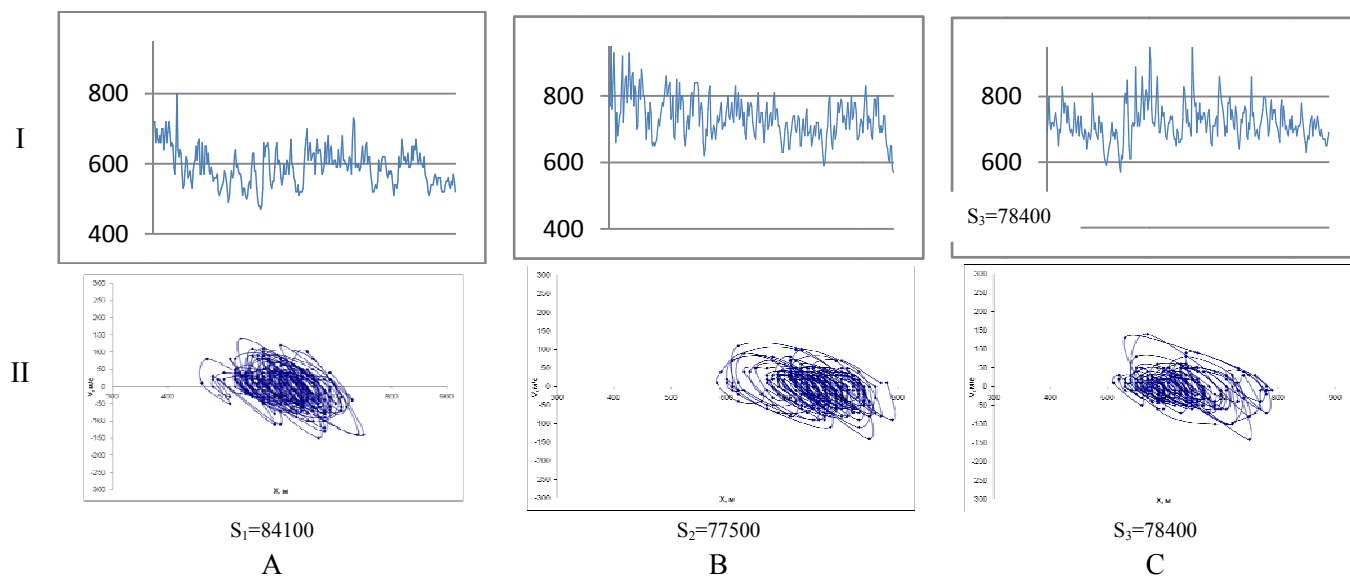


Рис. 1 Характерные примеры динамики кардиоинтервалов $x_1=x_1(t)$ по данным пульсоинтервалографии девочек разных возрастных групп – I и фазовые траектории КА сигнала x_1 на плоскости с координатами x_1, x_2 – скорость изменения $x_1, x_2=dx_1/dt$ - II; A – младшая возрастная группа (7-10 лет); B – средняя возрастная группа (11-14 лет); C – старшая возрастная группа (15-17 лет)

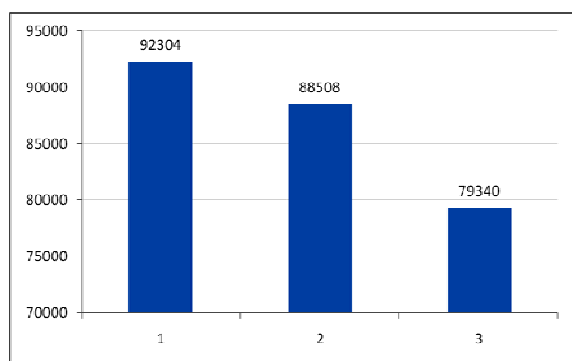


Рис. 2. Усредненное значение площадей S квазиаттракторов кардиоинтервалов для 3-х возрастных групп – девочки

Мы использовали стохастический подход в оценке параметров *квазиаттракторов* КИ. Фактически, мы применили стохастику для оценки хаотической динамики кардиоинтервалов (КИ). Подробное рас-

$\langle S_2 \rangle, \langle S_3 \rangle$) демонстрируют резкое снижение их размеров при увеличении возраста у представительниц женского пола, что является важной характеристикой эколого-возрастных закономерностей поведения хаотической динамики кардиоинтервалов.

Также производилось сравнение ВСП детско-юношеского населения Югры с помощью критерия Краскала-Уоллиса (при критическом уровне значимости $p < 0,05$). В табл. 1 представлены результаты статистической обработки основных 13-ти параметров ВСП с учётом возрастных различий учащихся МОУ СОШ № 4.

На табл. 1 мы представляем итоги парного сравнения по всем 13-ти параметрам ВСП (включая и кардиоинтервалы ВСП) для группы девочек (25 человек в каждой группе). Эти пары сравнений (по параметрам SIM, PAR, частоты сердечных сокращений (SSS), стандарта отклонения

кардиоинтервалов (SDNN), индекса Баевского (INB), уровня насыщения оксигена-цином крови (SpO_2) и др. частотным характеристикам) представлены в табл. 1. Здесь представлены уровни совпадений выборок (критерий Краскела-Уоллиса), которые для пары сравнения девочек 1 и 2 по 1-ой интегральной характеристике (SSS) и пары 1 и 3 по 1-ой интеграционной характеристике (SSS) и 3-ем частотным характеристикам (LF(p), HF (p), LF/HF) дают значения $p < 0,05$. Остальные параметры не дают статистически значимых различий, в этом случае возникает неопределенность 1-го типа, которая может быть разрешена с помощью нейрокомпьютеров [14].

Таблица 1

Результаты сравнения параметров ВСР девочек ($n=25$) с помощью критерия Краскела-Уоллиса (при критическом уровне значимости принятым $p < 0,05$)

Девочки			
	1и2	1и3	2и3
SIM	1,00	1,00	1,00
PAR	1,00	1,00	1,00
SDNN	1,00	1,00	1,00
INB	1,00	0,84	1,00
SpO_2	1,00	1,00	1,00
SSS	0,00	0,00	1,00
VLF	1,00	1,00	1,00
LF	1,00	1,00	0,45
HF	1,00	0,64	1,00
total	1,00	1,00	1,00
LF(p)	1,00	0,02	0,13
HF(p)	1,00	0,02	0,13
LF/HF	1,00	0,02	0,11

В итоге, статистические функции распределения $f(x)$ для кардиоинтервалов вообще демонстрируют калейдоскоп различий. Они все разные и использовать их для оценки гомеостаза невозможно. Следовательно, и энтропия E , и статистическая функция распределения $f(x)$ не являются эффективным инструментом в оценке порядка (или беспорядка) параметров СТТ,

находящихся в разных физиологических условиях, т.к. энтропия может не изменяться при реальных изменениях $f(x)$ и площадей КА, а $f(x)$ может непрерывно изменяться при несущественных изменениях E и площадей квазиаттракторов S в рамках ТХС. В целом, тогда возникает вопрос о том, что считать стационарным состоянием СТТ и в каких случаях изменение параметров $x(t)$ для СТТ является существенным? Где граница стационарности и начала эволюции? Для СТТ в рамках ТХС мы дали ответы на эти вопросы с позиций расчета кинематических характеристик.

Таблица 2

Значения энтропии Шеннона E для кардиоинтервалов для 3-х возрастных групп девочек

	E_1 (7-10 лет)	E_2 (11-14 лет)	E_3 (15-17 лет)
1	3,4037	3,6219	3,7842
2	3,6219	3,8842	3,6842
3	3,3464	3,6464	4,0219
4	3,6414	3,5219	3,4037
5	3,7464	3,2464	3,8219
6	3,2842	3,8842	3,8842
7	3,8219	3,5842	3,4464
8	3,5464	3,8842	3,8842
9	3,6464	3,8219	3,5219
10	3,5219	3,9842	3,9219
11	3,6842	3,6414	3,4414
12	3,4414	3,1394	3,5842
13	3,9219	3,8219	3,8219
14	3,6842	3,4037	3,6219
15	3,9219	2,7842	3,6464
16	3,8219	3,7219	3,7842
17	4,0219	3,6219	3,7842
18	3,6842	3,5842	3,8842
19	3,6842	3,4087	3,6842
20	3,6842	3,6842	3,3414
21	3,5464	3,7464	3,7842
22	3,4087	2,661	3,5842
23	3,4464	3,7219	3,7842
24	3,2087	3,3842	3,5414
25	2,7589	3,5464	3,6842
$\langle E \rangle$	3,5800	3,5580	3,6939

Примечание: параметрическое распределение (Т-критерий), значимость функций $f(x)$ для пар групп: E_1 и E_2 $p=0,30$; E_1 и E_3 $p=0,07$; E_2 и E_3 $p=0,59$

Таблица 3

Значения площадей S для кардиоинтервалов
для 3-х возрастных групп девочек

	S_1 (7-10 лет)	S_2 (11-14 лет)	S_3 (15-17 лет)
1	204000	48400	239400
2	38000	78400	51300
3	13000	107300	125400
4	39900	144000	78200
5	111600	84000	60900
6	57500	89600	105600
7	84100	94500	72800
8	115500	67500	92800
9	305500	77500	42000
10	56700	50600	62400
11	48400	105400	15000
12	133000	18000	91200
13	136800	36000	77500
14	129600	84000	18000
15	46000	7700	59800
16	52900	58800	41800
17	39600	136800	66700
18	195000	128000	50400
19	44000	52800	55100
20	172000	67500	176000
21	158400	129600	38000
22	65100	199800	70400
23	24000	130500	121600
24	10400	78400	78400
25	26600	137600	92800
<S>	92304	88508	79340

Примечание: параметрическое распределение (Т-критерий), значимость функций $f(x)$ для пар групп:
 S_1 и S_2 $p=0,83$; S_1 и S_3 $p=0,43$; S_2 и S_3 $p=0,51$

На фоне этих сравнений еще раз подчеркнем, что матрицы парных сравнений (т.е. расчёта для повторяющихся выборок параметров СТТ) дают различия в состояниях биосистем (параметров гомеостаза). При этом статистика и энтропия не показывают существенных различий в организме обследуемых. В ряде случаев и энтропия E дает различные результаты для разных функциональных состояний гомеостаза, но такая ситуация у нас возникает в случае, если мы сравниваем разные выборки (здоровые – больные, люди без воздействия и испытуемые при сильных воздействиях и т.д.). Следовательно, мы не отрицаем стохастику полностью, а только говорим об изменении методов расчёта, о новых спо-

собах стохастической оценки параметров гомеостаза. Поэтому целесообразно говорить об объединении усилий стохастики и ТХС в изучении СТТ [3,4,8,14,21].

Выводы:

1. Метод математического моделирования параметров ВСР учащихся в многомерном фазовом пространстве состояний (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) обеспечивает получение объективной информации о функциональном состоянии, механизмах нейровегетативной регуляции функций и степени адекватности реакций организма на факторы учебного процесса и условия жизнедеятельности.

2. Установлены различия параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния организма детско-юношеского населения в аспекте возрастных изменений СОШ № 4 г. Сургута: учащиеся старшей возрастной группы девочек демонстрируют меньшие объемы квазиаттракторов в отличие от учащихся младшей и средней возрастными группами (однако различия статистики недостоверны).

3. Постоянные жители Севера РФ (русские поморы) и аборигенов (северные народности) в отличие от пришлого населения имеют естественную адаптацию к внешним факторам окружающей среды, вследствие чего мало подвержены стрессу и преждевременным патологиям. Поэтому, чтобы избежать урона для здоровья пришлого населения необходимо уделить особое внимание: особенностям свойств нервной системы, общим свойствам нервной системы и целостности формально-диагностических характеристик индивидуальности, психофизиологическим аспектам профессионального отбора и профессиональной пригодности, психофизиологическим компонентам работоспособности, психофизиологическим детерминантам адаптации человека к экстремальным условиям деятельности.

Литература

1. Брагинский М.Я., Бурыкин Ю.Г., Майстренко Е.В., Козлова В.В. Состояние показателей произвольных движений учащихся

в условиях физической нагрузки в разные сезоны года // Вестник новых медицинских технологий.– 2007.– Т. 14, № 1.– С. 61–63.

2. Брагинский М.Я., Балтикова А.А., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Исследование функциональных систем организма студентов югры в условиях мышечной нагрузки методом фазового пространства // Современные наукоемкие технологии.– 2010.– № 12.– С. 23–24.

3. Вохмина Ю.В., Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е. Измерение параметров порядка на основе нейросетевых технологий // Измерительная техника.– 2015.– № 4.– С. 65–68.

4. Гараева Г.Р., Еськов В.М., Еськов В.В., Гудков А.Б., Филатова О.Е., Химинова О.И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека.– 2015.– № 09.– С. 50–55.

5. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В. Гирудотерапевтическое управление гомеостазом человека при гинекологических патологиях в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2005.– Т. 12, № 2.– С. 25–27.

6. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Системный кластерный анализ показателей функций организма женщин с опг-гестозом в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2006.– Т. 13, № 4.– С. 61–62.

7. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий.– 2006.– Т. 13, № 3.– С. 14–16.

8. Еськов В.В., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Химинова О.И. Прогнозирование долгожительства у российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы // Экология человека.– 2014.– № 11.– С. 3–8.

9. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Еськов В.М., Хадарцев А.А. Теория и практика восстановительной медицины (теория хаоса-самоорганизации в оценке эффективности методов восстановительной медицины).– Тула, 2015. – 160 с.

10. Еськов В.М., Нанченко Е.А., Козлова В.В., Климов О.В., Майстренко Е.В. Параметры квазиаттракторов поведения вектора состояния организма пловцов // Вестник новых медицинских технологий.– 2009.– Т. 16, № 4.– С. 24–26.

11. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Диагностика физиологических функций женщин-пловцов Югры методом расчета матриц межкластерных расстояний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2010.– Т. 9, № 3.– С. 500–504.

12. Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дрожжин Е.В., Живогляд Р.Н. Разработка и внедрение новых методов в теории хаоса и самоорганизации в медицину и здравоохранения // Северный регион: наука, образование, культура.– 2013.– Т. 27, № 1.– С. 150.

13. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И., Филатов М.А. Измерение хаотической динамики двух видов теппинга как произвольных движений // Метрология.– 2014.– № 6.– С. 28–35.

14. Еськов В.М., Филатова О.Е., Проворова О.В., Химинова О.И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека.– 2015.– № 5.– С. 57–60.

15. Козлова В.В., Голушков В.Н., Ведясова О.А., Майстренко Е.В. Измерение расстояний между центрами квазиаттракторов вектора состояния организма тренированных и нетренированных г. Самары и г. Сургута // Ученые заметки ТОГУ.– 2010.– Т. 1, № 1.– С. 27–30.

16. Русак С.Н., Молягов Д.И., Бикмухаметова Л.М., Филатова О.Е. Биоинформационные технологии в анализе фазовых портретов погодно-климатических факторов в m-мерном пространстве признаков // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 3.– С. 24–28.

17. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Соколова А.А., Еськов В.В., Эльман К.А. Сердечно-сосудистая система аборигенов и прошлого населения севера РФ: модели и возрастная динамика // Вестник новых медицинских технологий.– 2015.– Т. 22, №2.– С. 43–50.

18. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Стрельцова Т.В. Методы теории хаоса-самоорганизации в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 1.– С. 13–28.

19. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology.– 1993.– Т. 25, № 6.– С. 420.

20. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the chaos) in biomedical systems // Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation.– 2013.– № 3.– С. 67–74.

21. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: the basic law of human development // E:CO Emergence: Complexity and Organization.– 2014.– Т. 16, № 2.– С. 107–115.

References

1. Braginskiy MYa, Burykin YuG, Maystrenko EV, Kozlova VV. Sostoyanie pokazateley neproizvol'nykh dvizheniy uchashchikhsya v usloviyakh fizicheskoy nagruzki v raznye sezony goda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(1):61-3. Russian.
2. Braginskiy MYa, Baltikova AA, Kozlova VV, Maystrenko EV. Issledovanie funktsional'nykh sistem organizma studentov yugry v usloviyakh myshechnoy nagruzki metodom fazovogo prostranstva. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2010;12:23-4. Russian.
3. Vokhmina YuV, Es'kov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Izmerenie parametrov poriyadka na osnove neyrosetevykh tekhnologiy. Izmeritel'naya tekhnika. 2015;4:65-8. Russian.
4. Garaeva GR, Es'kov VM, Es'kov VV, Gudkov AB, Filatova OE, Khimikova OI. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoy naseleniya Yugry. Ekologiya cheloveka. 2015;09:50-5. Russian.
5. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Zuevskaya TV. Girudoterapevticheskoe upravlenie gomeostazom cheloveka pri ginekologicheskikh patologiyakh v usloviyakh Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(2):25-7. Russian.
6. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opge- gestozom v usloviyakh Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.
7. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.
8. Es'kov VV, Filatova OE, Gavrilenko TV, Khimikova OI. Prognozirovaniye dolgozhitel'stva u rossiyskoy narodnosti khanty po khaoticheskoy dinamike parametrov serdechno-sosudistoy sistemy. Ekologiya cheloveka. 2014;11:3-8. Russian.
9. Es'kov VV, Garaeva GR, Es'kov VM, Khadartsev AA. Teoriya i praktika vosstanovitel'noy meditsiny (teoriya khaosa-samoorganizatsii v otsenke effektivnosti metodov vosstanovitel'noy meditsiny). Tula; 2015. Russian.
10. Es'kov VM, Nanchenko EA, Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV. Parametry kvaziattraktorov povedeniya vektora sostoyaniya organizma plovtsov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):24-6. Russian.
11. Es'kov VM, Braginskiy MYa, Kozlova VV, Maystrenko EV. Diagnostika fiziologicheskikh funktsiy zhenshchin-plovtsov Yugry metodom rascheta matrits mezhklasternykh rasstoyaniy. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(3):500-4. Russian.
12. Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozhzhin EV, Zhivoglyad RN. Razrabotka i vnedreniye novykh metodov v teorii khaosa i samoorganizatsii v meditsinu i zdravookhraneniya. Severnyy region: nauka, obrazovanie, kul'tura. 2013;27(1):150. Russian.
13. Es'kov VM, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Zimin MI, Filatov MA. Izmerenie khaoticheskoy dinamiki dvukh vidov teppinga kak proizvod'nykh dvizheniy. Metrologiya. 2014;6:28-35. Russian.
14. Es'kov VM, Filatova OE, Provorova OV, Khimikova OI. Neyroemulyatory pri identifikatsii parametrov poriyadka v ekologii cheloveka. Ekologiya cheloveka. 2015;5:57-60. Russian.
15. Kozlova VV, Golushkov VN, Vedyasova OA, Maystrenko EV. Izmerenie rasstoyaniy mezhdu tsentrami kvaziattraktorov vektora sostoyaniya organizma trenirovannykh i netrenirovannykh g. Samary i g. Surguta. Uchenye zametki TOGU. 2010;1(1):27-30. Russian.
16. Rusak SN, Molyagov DI, Bikmukhmetova LM, Filatova OE. Bioinformatsionnye tekhnologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;3:24-8. Russian.
17. Filatova OE, Khadartseva KA, Sokolova AA, Es'kov VV, El'man KA. Serdechno-sosudistaya sistema aborigenov i prishlogo naseleeniya severa RF: modeli i vozrastnaya dinamika. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):43-50. Russian.
18. Filatov MA, Filatova DYU, Poskina TYu, Strel'tsova TV. Metody teorii khaosa-samoorganizatsii v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;1:13-28. Russian.
19. Eskov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.
20. Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Filatova OE. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the

chaos) in biomedical systems. Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013;3:67-74.

of human development. E:CO Emergence: Complexity and Organization. 2014;16(2):107-15.

21. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: the basic law

DOI: 12737/ 14971

ЭНТРОПИЙНАЯ ОЦЕНКА ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Ю.В. БАШКАТОВА, В.В. ПОЛУХИН, В.В. ЕСЬКОВ, А.А. ПАХОМОВ

*БУ ВО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»,
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400*

Аннотация. Методами классической статистики и теории хаоса и самоорганизации изучалось поведение вектора состояния сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем у групп студентов тренированных и нетренированных в ответ на дозированную физическую нагрузку. Прослеживается динамика увеличения показателей площади квазиаттракторов постратурального тремора и кардиоинтервалов после нагрузки у студентов без физической подготовки. В результате проведенного исследования были показаны значительные изменения в динамике поведения параметров функциональных систем организма человека в сравнении стохастического подхода на основе гистограмм и энтропии Шеннона. Имеется некоторая согласованность расчетов в рамках теории хаоса и самоорганизации и энтропии Шеннона, но теория хаоса демонстрирует более существенные изменения квазиаттракторов. Показана практическая возможность применения методов теории хаоса-самоорганизации в оценке реакции сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем человека на динамическую физическую нагрузку.

Ключевые слова: тремор, физические нагрузки, квазиаттрактор, нервно-мышечная система, сердечно-сосудистая система, хаос, самоорганизация.

ENTROPY ESTIMATION OF CHAOTIC DYNAMICS PARAMETERS OF THE CARDIOVASCULAR AND NEUROMUSCULAR SYSTEMS DURING EXERCISE

Yu.V. BASHKATOVA, V.V. POLUHIN, V.V. ESKOV, A.A. PAHOMOV

Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Methods of classical statistics and the theory of chaos and self-organization studied the behavior of the state vector of the cardiovascular and neuromuscular systems have groups of students trained and untrained in response to a graduated exercise. Traced the dynamics of increase in the area of indicators of quasi-attractors postural tremor and cardio after load of students without physical training. The study was shown significant changes in the dynamics of the behavior of the parameters of functional systems of the human body compared to the stochastic approach based on the histogram and Shannon entropy. There is some consistency in the calculation under the theory of chaos and self-organization and the Shannon entropy, but chaos theory demonstrates a significant change quasi-attractors. It demonstrated the feasibility of applying the methods of chaos theory, self-organization in the evaluation of the reaction of the cardiovascular and neuromuscular systems of the person on the dynamic exercise.