

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И ХАОТИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ В ОЦЕНКЕ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖЕНЩИН-ХАНТЫ

О.Е. ФИЛАТОВА, С.Н. ВАТАМОВА, С.А. ТРЕТЬЯКОВ, А.А. УСТИМЕНКО, О.Л. НИФОНТОВА

ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия

Аннотация. Кардио-респираторная система является наиболее важным звеном организма, которое обеспечивает высокую продолжительность жизни. Особая динамика параметров кардиоритма требует разработки новых подходов для их анализа и прогнозирования. В работе предлагается сравнение эффективности традиционных статистических методов, общепринятых (в физике) термодинамических методов и методов теории хаоса-самоорганизации для оценки параметров кардиоинтервалов трех возрастных групп женщин-ханты в аспекте идентификации их возрастных особенностей. Доказывается, что статистические различия между группами очень редко наблюдаются (неопределенность 1-го типа), энтропийные параметры также имеют малую информативность. Наоборот, параметры квазиаттракторов для трех возрастных групп женщин изменяются целенаправленно (на уменьшение) и могут быть описаны моделью Ферхюльста-Пирла, с расчетом скорости их изменения во времени. Предлагается новый метод оценки возрастных изменений параметров кардиоинтервалов на основе расчета скорости изменения объемов квазиаттракторов.

Ключевые слова: кардио-респираторная система, женщины-ханты, квазиаттрактор, кардиоинтервал.

THERMODYNAMIC AND CHAOTIC APPROACHES FOR ASSESSING THE AGE DYNAMICS OF CARDIOVASCULAR SYSTEM IN KHANTY-WOMAN

O.E. FILATOVA, C.N. VATAMOVA, S.A. TRET'YAKOV, A.A. USTIMENKO, O.L. NIFONTOVA

Surgut State University, Prospekt Lenina, 1, Surgut, Russia

Abstract. Cardiorespiratory system is the most important part of the body, which provides high life expectancy. Special parameters of heart rate dynamics require the development of new approaches for analysis and prediction. The paper presents a comparison of the effective traditional statistical methods, the conventional (in physics) thermodynamic methods, with methods of chaos theory and self-organization to estimate the parameters of heart rate three age groups of Khanty-women in the aspect of identification of their age characteristics. It is proved that there are few statistical differences between the groups (one-type uncertainty), entropic parameters are also less informative. On the contrary, the quasi-attractor's parameters in three age groups of women are purposefully changed (decrease) and can be described by the Verhulst-Pearl model, with the calculation of the rate of changes over time. A new method for estimating the age-related changes of cardiac parameters based in the calculation of rate of change of the quasi-attractor's volume is proposed.

Key words: cardiorespiratory system, khanty-women, quasi-attractor, cardiointerval.

Введение. Состояние функций организма жителя Севера РФ зависит от целого ряда факторов, главными из которых являются: параметры внешней среды (экологические факторы), социально-экономические условия проживания, особенности генетического статуса (наследственность). В среде медиков и экологов считается, что именно факторы среды обитания и образ жизни зачастую играют решающую роль как в продолжительности жизни, так и в ее качестве. Особенно это сказывается на функциональных системах организма (ФСО) человека, ведущая из которых – кардио-респираторная система (КРС) [1, 4, 8-12].

Именно КРС является наиболее сложным и наиболее важным звеном в работе всех органов (и живании всего организма), а изучение параметров КРС – наиболее важный раздел биофизики сложных систем. Существует огромное количество работ в области моделирования работы сердца, системы кровообращения, регуляции дыхания и изучения различных дыхательных систем, но работ на системном, регуляторном уровне остается все-таки крайне мало. Поэтому изучение динамики регуляции КРС – крайне актуальная и весьма мало изученная область биофизики сложных систем [1, 12].

Особый кластер знаний в этой области – это изучение различных возрастных и половых особенностей изменений, происходящих в КРС. Для Севера РФ крайне важно изучить особенности адаптационных реакций пришлого населения (в частности со стороны КРС) в сравнении с аналогичными показателями коренного населения. Для Югры (Ханты-Мансийского автономного округа – ХМАО-Югры) воз-

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).

растная динамика КРС остается еще мало изученной. Главная трудность при этом – отсутствие строгих (достоверных) различий в параметрах КРС организма коренного населения при возрастных изменениях. В разрабатываемой биофизической научной школе *Сургутского госуниверситета* (СурГУ) такая ситуация классифицируется как неопределенность 1-го типа. Ее разрешение в рамках стохастики невозможно в принципе.

Одновременно, при изучении отдельных параметров КРС было установлено, что при анализе каждого показателя КРС у одного и того же человека (при повторях измерений) получаемые выборки для отдельного параметра x_i демонстрируют разные функции распределения. В этом случае возникает неопределенность 2-го рода по выборкам при повторях измерений одного и того же параметра. Существенно, что в первом случае мы обычно работаем со средним значением параметров $\langle x_i \rangle$ для всей группы испытуемых (и их можно усреднять и обрабатывать статистически), а во втором случае мы работаем с одним человеком или сравниваем выборки от разных человек в пределах одной группы. В этом случае методики разные, но обе ситуации не могут быть разрешены в рамках детерминистского или стохастического подходов [2-4, 11-16].

Если аппроксимировать это на возрастные особенности КРС женщин-ханты, то мы можем зарегистрировать отсутствие возрастных различий (с позиций стохастики), что не соответствует действительности и возникает проблема разработки методов более точной идентификации различий в параметрах КРС для разных возрастных групп испытуемых. Впервые такие методы начала разрабатывать *лаборатория биокibernетики и биофизики сложных систем* при СурГУ [3-7, 13-16] и оказалось, что оба типа неопределенности могут быть разрешены с позиций ТХС.

Целью исследования является доказательство эффективности расчетов квазиаттракторов кардиоинтервалов в изучении возрастной динамики кардио-респираторной системы женщин – ханты и выявление реальных различий между параметрами разных возрастных групп.

Объекты и методы исследования. Обследованию подвергались 196 женщин-ханты в возрасте от 18 до 102 лет, которые были разделены на три возрастные группы. Из этих групп были выбраны женщины без патологических изменений в организме (условно здоровые) и из них были выбраны три группы по 38 человек (в каждой группе), которые сформированы в первую группу (18-35 лет), вторую группу (36-49 лет) и третью группы (50-102 года). Средний возраст этих трех групп составил соответственно: 27 лет, 43 года и 58 лет. Для всех обследуемых были определены с помощью инновационного метода (прибор ЭЛОКС) 15-ть параметров КРС, т.е. было сформировано m -мерное $m=15$ *фазовое пространство состояний* (ФПС) и ФПС меньшей размерности (из этих 15-ти).

Для x_i из этих 15-ти параметров для каждой группы по 38 человек (по их средним значениям из получаемых 300 точек для каждого x_i) были получены выборки в количестве: $N=15 \times 3=45$ выборок. Каждая из этих 45-ти выборок была получена на основе анализа $38 \times 300=11400$ точек (значений x_i для каждого человека из 114 человек обследуемых и отобранных из 196 по каждому из 15-ти параметров).

Обработка всех этих массивов данных производилась на ЭВМ с использованием авторских программ по расчету параметров *квазиаттракторов* (КА) и программы Statistika, а сравнение между группами производилось по критерию Манни-Уитни. После выявления неопределенности 1-го типа в сравниваемых возрастных группах производился расчет энтропии Шеннона и расчет параметров квазиаттракторов для выборок *кардиоинтервалов* (КИ) отдельно для пятимерного ФПС. Расчет для КИ производился для двумерного фазового пространства вектора $(x_1, x_2)^T$, где: x_1 – сама функция КИ, полученная быстрым преобразованием Фурье, а $x_2=dx_1/dt$ – скорость изменения этой переменной $x_1(t)$. Площади КА находились из значений вариационных размахов для Δx_1 и Δx_2 в виде $S=\Delta x_1 \times \Delta x_2$. Обработка данных выполнялась для непараметрических распределений, т.к. и для выборок из параметров площадей КА – S, и для выборок энтропий E мы имели во всех трех группах (трех возрастов) непараметрические распределения. В табл. 1 представлены результаты статистической обработки трех выборок для КИ по параметрам энтропии E, которые показывают весьма низкие различия в медианах. По медианам мы имеем устойчивое снижение энтропии E с возрастом: 3,64; 3,55; 3,48. Однако, эти различия невелики, а по средним значениям у нас нет такого устойчивого спада.

С другой стороны, для размеров КА S – мы и для средних значений $\langle S \rangle$ (220339; 111508; 57410) и по медианам имеем устойчивое падение параметров КА. Характерно, что при моделировании возрастной динамики площади S в рамках уравнения Ферхюльста-Пирла в обоих случаях модели имеют одинаковые параметры a и b. Речь идет об уравнении: $dS/dt=(a-bS)*S$. Зная величины функции $S=S(t)$, де t – возраст, можно построить гистограммы (рис.1) и рассчитать кинематические характеристики движения КА в ФПС, например, для КИ.

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).

**Результаты расчёта площади квазиаттрактора S и энтропии КИ трех возрастных групп женщин
 коренного населения Югры**

	1 возрастная группа, T=27		2 возрастная группа, T=43		3 возрастная группа, T=58	
	Энтропия, E	Площади, S	Энтропия, E	Площади, S	Энтропия, E	Площади, S
	3,6842	19800	3,5842	31200	2,561	24700
	3,5842	110200	3,3464	17600	3,3464	72800
	3,6842	62700	3,4037	101400	3,6842	34200
	3,7219	84000	3,7842	78000	2,661	9000
	3,3087	35700	3,9842	45100	3,2464	68800
	3,8842	152000	3,9219	148200	3,7464	143500
	1,5568	63800	3,0219	223300	3,9842	139400
	3,4464	146200	2,8394	64400	3,7842	10400
	2,9394	24000	3,5464	550800	3,7464	38400
	3,7842	59800	3,6414	24000	3,4842	18000
	3,3464	152000	3,6219	345400	3,4037	12600
	3,7219	68000	3,2414	144000	3,7219	35100
	3,8219	21000	2,7589	23400	3,7219	42500
	3,9219	102600	2,4414	6300	3,1394	45600
	3,6464	49400	3,6842	23100	3,5219	8100
	3,8842	516200	3,2087	25500	3,5037	29900
	1,6568	49400	3,6842	158600	3,8219	9900
	2,7955	285200	4,0219	17600	3,6219	77500
	3,6414	159600	3,6464	43500	2,561	6400
	3,5842	73600	1,1219	16800	3,5842	30800
	3,5464	392000	2,4232	45000	3,2087	11600
	2,3192	26400	3,6087	95700	3,4414	56100
	3,7842	1716900	3,7842	267000	3,7842	394800
	3,3414	1680000	3,6464	25600	2,661	16800
	4,0219	216200	3,2464	36000	3,4842	48000
	3,7842	155800	3,4414	68000	3,8464	18000
	3,6219	26400	3,8219	104000	3,6464	161579
	3,7842	138600	3,5087	104000	2,071	11700
	2,7589	467400	2,4232	5400	3,5414	9000
	2,7955	137200	3,7219	642000	3,6842	24000
	3,7464	15400	3,5464	360800	3,3842	17100
	3,8842	93000	2,3192	221400	3,4464	155000
	3,4087	73600	3,5842	7700	3,7219	25500
	3,8842	852000	3,6219	35700	3,4464	259200
	3,6464	34500	3,3464	12800	3,3464	9000
	3,6842	32400	3,3219	35200	3,3464	59400
	3,0037	28600	3,6414	60800	3,3464	41800
	3,0037	51300	1,6568	22000	3,3464	5400
Среднее	3,4114	220339	3,2939	111508	3,4105	57410
Стд.откл.	0,6	390892,9	0,6	147552,3	0,4	78569,9
Доверит.-95%	3,22	91856,18	3,08	63008,66	3,27	31584,68
Доверит.+95%	3,6	348822,8	3,5	160007,1	3,5	83235,3
Медиана	3,64	78800	3,55	45050	3,48	30350
Процентиль 5	1,66	19800	1,66	6300	2,56	6400
Процентиль 95	4	1680000	4	550800	4	259200
p-уровень нормальность	0,000005	0,000001	0,000019	0,000001	0,000107	0,000001

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).

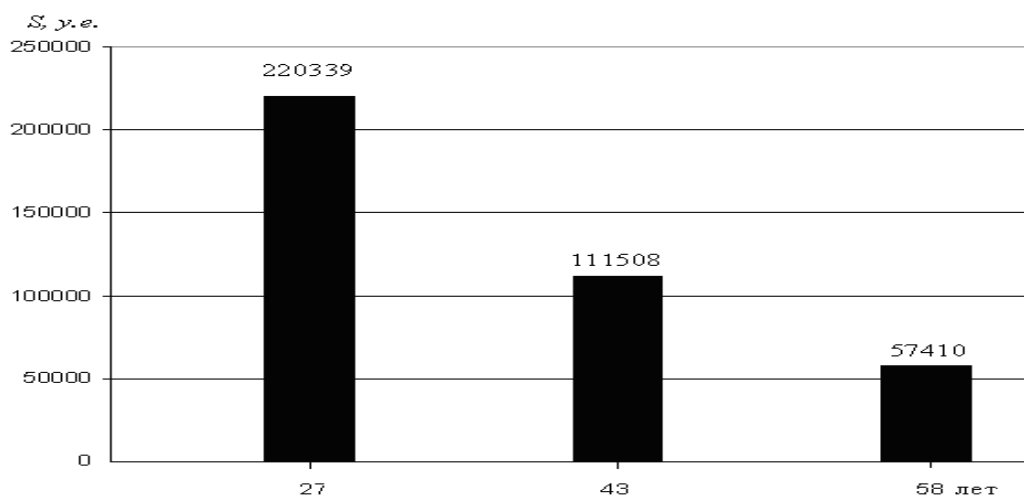


Рис. 1. Значения площадей квазиаттракторов S (в у.е.) для 3-х возрастных групп женщин ханты (средний возраст группы указан на оси t) в шестимерном фазовом пространстве состояний (КРС).

Движение КА в ФПС для трех возрастных групп женщин-ханты можно рассматривать как поступательное движение. Возрастная динамика КА в ФПС только для одной координаты (КИ – x_i^k в двумерном ФПС $(x(t)=(x_1^k, x_2^k)^T$, где $x_2=dx_1/dt$), представлена на рис. 1. По параметрам КИ вектора $(x_1, x_2)^T$ можно видеть, что площади этих трех характерных КА неуклонно уменьшаются в объеме (почти экспоненциально, $V_G \sim e^{-2t}$) и показывают следующие значения: $S_{G1}=220339$ у.е.; $S_{G2}=111508$ у.е.; $S_{G3}=57410$ у.е. Движение центров КА демонстрирует почти экспоненциальное убывание их площадей S_{Gi} , что и показано на рис. 1 для усредненных (по всем группам из 38 человек) значениям площадей КА..

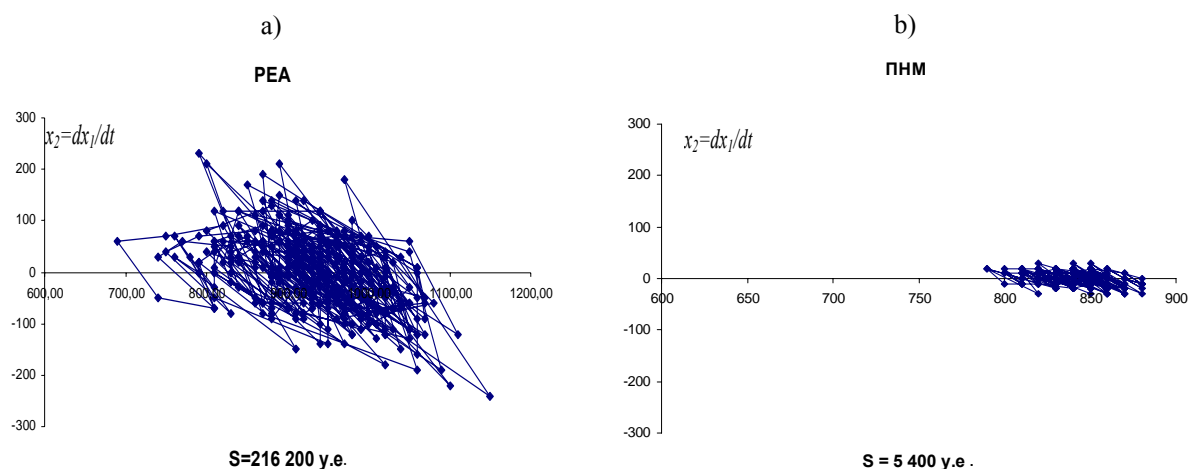


Рис. 2. Фазовый портрет сигнала x_1 (кардиоинтервалы - КИ) на плоскости с координатами $x_1, x_2=dx_1/dt$ для конкретных обследуемых 1-й возрастной группы (а) и как исключительный пример женщины 102 года представительности коренного населения Югры: (а) испытуемая РЕА, возраст на момент обследования – 25 лет (площадь квазиаттрактора S= 216 200 у.е.); (б) испытуемая ПНМ, возраст на момент обследования – 102 года (площадь квазиаттрактора S=5 400 у.е.).

С другой стороны, площади квазиаттракторов S для трех возрастных групп демонстрируют устойчивое снижение величины S, что представлено и в табл. 1, и на рис. 1 в виде гистограммы. Очевидно, что такая динамика параметров КА характеризует возрастные изменения в работе сердечно-сосудистой системы, которая может быть описана приближенительно дифференциальным уравнением Ферхюльста-Пирла в виде:

$$dS/dt=(a-bS)*S, \quad (1)$$

где S в нашем случае – это площадь КА (но может быть и значение энтропии E). Уравнение (1) нами было рассчитано для случая, когда начальные значения S заведомо выбирались из условия $S_0 > a/b$. Это означает, что кривая Ферхлюста-Пирла лежит выше асимптотической прямой S_0 в виде $S_0 = a/b$.

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).

Существенно, что имеется уникальный случай для биологического эксперимента, когда мы можем рассчитать предельное значение S_0 . Для этого мы имеем физиологический эталон-долгожительницу (женщину-ханты возраст 102 года), для которой $S_0=5400$ у.е. Графически КА для КИ представительницы 1-й группы (средний возраст $\langle T_1 \rangle = 27$ лет) и предельного возраста ($T_4=102$ года) представлены на рис. 2, где $S_1=216200$ у.е., а $a/b = S_0=5400$. Расчет всей модели производился на ЭВМ и погрешность измерений составила менее 10% [14-16].

Подобные кривые целесообразно использовать в системах определения биологического возраста любого жителя Земли. Если иметь стандарты параметров моделей в виде изменяющихся КА (с расчетом координат их центров O_i^c для каждой i -й координаты), то можно рассчитывать расстояние для каждого человека с учетом его возраста (и по каждой координате x_i) и определять суммарно до центра КА какого возраста этот конкретный человек ближе стоит. Итоговый расчет покажет реальное состояние всех жизненно важных параметров x_i для любого.

Выводы:

1. Расчет традиционных статистических и термодинамических характеристик (медиан и энтропий) показывает их жизненную эффективность в оценке возрастных различий КИ для трех групп женщин-ханты.
2. Двумерные квазиаттракторы КИ демонстрируют существенное различие в состояниях КРС женщин разных возрастов.
3. Модели динамики КИ могут быть использованы в описании возрастных изменений групп и отдельных людей в системах идентификации биологического возраста жителей Севера РФ.

Литература

1. Гавриленко Т.В., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Химикова О.И., Соколова А.А. Новые методы для геронтологии в прогнозах долгожительства коренного населения Югры // Успехи геронтологии. 2014. Т. 27. №1. С. 30–36.
2. Газя Г.В., Добрынин Ю.В., Соколова А.А., Химикова О.И. Матрицы межаттракторных расстояний параметров физиологических функций коренного населения ханты // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 12. С. 26–28.
3. Еськов В.В., Еськов В.М. Компарментный подход в исследованиях регуляторных процессов сердечно-сосудистой системы жителей Севера // Вестник новых медицинских технологий. 2002. Т.9. №3. С. 40–41.
4. Еськов В.М., Логинов С.И., Мальков М.Н., Филатова О.Е. Сравнительный анализ реакций кардиореспираторной системы детей в весенний и летний периоды с позиции теории хаоса и синергетики // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14. №4. С. 10–12.
5. Еськов В.М., Логинов С.И., Мальков М.Н., Снигирев А.С. Влияние упражнений на параметры функциональных систем организма человека в условиях Севера РФ: синергетический подход // Теория и практика физ. культуры. 2009. №12. С. 32–35.
6. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. 2012. №8. С. 36–43.
7. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Еськов В.В. Хаотическая динамика параметров кардиореспираторной системы человека при обширных термических воздействиях // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. №1. С. 21–25.
8. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Неопределенность в квантовой механике и биофизике сложных систем // ВМУ МГУ Серия 3 Физика Астрономия. 2014. №5. С. 41–46.
9. Логинов С.И., Еськов В.М., Бальсевич В.К. Кинезиологический потенциал человека: возможности управления с позиций теории хаоса и синергетики // Теория и практика физ. культуры. 2010. № 7. С. 99–101.
10. Русак С.Н., Еськов В.В., Молягов Д.И., Филатова О.Е. Годовая динамика погодноклиматических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2013. № 11. С. 19–24.
11. Филатова О.Е., Карпин В.А., Солтыс Т.В., Соколова А.А., Башкатова Ю.В., Гудков А.Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека. 2013. № 7.
12. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. №6. С. 16–19.
13. Филатова О.Е., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Химикова О.И. Прогнозирование долгожительства у Российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2014. № 11. С. 3–8.

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).

14. Eskov V.M., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011. V. 53. № 12. P. 1404–1410.
15. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques. 2012. V. 55. №9. P. 1096–1101.
16. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T. , Zimin M.I. Uncertainty in the Quantum Mechanics and Biophysics of Complex Systems // Biophysics And Medical Physics, Moscow University Physics Bulletin. 2014. Vol. 69. №5. P. 406–411.

References

1. Gavrilenko TV, Es'kov VM, Khadartsev AA, Khimikova OI, Sokolova AA. Novye metody dlya gerontologii v prognozhitel'stva korennoho naseleniya Yugry. Uspekhi gerontologii. 2014;27(1):30-6. Russian.
2. Gazya GV, Dobrynin YuV, Sokolova AA, Khimikova OI. Matritsy mezhattraktornykh rasstoyaniy parametrov fiziologicheskikh funktsiy korennoho naseleniya khanty. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2010;12:26-8. Russian.
3. Es'kov VV, Es'kov VM. Kompartmentnyy podkhod v issledovaniyakh regulatorynykh protsessov serdechno-sosudistoy sistemy zhiteley Severa. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2002;9(3):40-1. Russian.
4. Es'kov VM, Loginov SI, Mal'kov MN, Filatova OE. Sravnitel'nyy analiz reaktsiy kardio-respiratornoy sistemy detey v vesennyy i letniy periody s pozitsii teorii khaosa i sinergetiki. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(4):10-2. Russian.
5. Es'kov VM, Loginov SI, Mal'kov MN, Snigirev AS. Vliyanie uprazhneniy na parametry funktsional'nykh sistem organizma cheloveka v usloviyakh Severa RF: sinergeticheskiy podkhod. Teoriya i praktika fiz. kul'tury. 2009;12:32-5. Russian.
6. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiopul'monnoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka. Terapevt. 2012;8:36-43. Russian.
7. Es'kov VM, Gavrilenko TV, Es'kov VV. Khaoticheskaya dinamika parametrov kardio-respiratornoy sistemy cheloveka pri obshirnykh termicheskikh vozdeystviyakh. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2013;12(1):21-5. Russian.
8. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Neopredelennost' v kvantovoy mekhanike i biofizike slozhnykh sistem. VMU MGU Seriya 3 Fizika Astronomiya. 2014;5:41-6. Russian.
9. Loginov SI, Es'kov VM, Bal'sevich VK. Kineziologicheskii potentsial cheloveka: vozmozhnosti upravleniya s pozitsiy teorii khaosa i sinergetiki. Teoriya i praktika fiz. kul'tury. 2010;7:99-101. Russian.
10. Rusak SN, Es'kov VV, Molyagov DI, Filatova OE. Godovaya dinamika pogodno-klimaticheskikh faktorov i zdorov'e naseleniya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga. Ekologiya cheloveka. 2013;11:19-24. Russian.
11. Filatova OE, Karpin VA, Soltys TV, Sokolova AA, Bashkatova YuV, Gudkov AB. Sravnitel'nyy analiz i sintez pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy u predstaviteley arkticheskogo i vyso-kogornogo adaptivnykh tipov. Ekologiya cheloveka. 2013;7.
12. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii. Ekologiya cheloveka. 2014;6:16-9. Russian.
13. Filatova OE, Es'kov VV, 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.
14. Eskov VM, Filatova OE. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011;53(12):1404-10.
15. Eskov VM, Gavrilenko TV, Kozlova VV, Filatov MA. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. Measurement Techniques. 2012;55(9):1096-101.
16. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko T., Zimin MI. Uncertainty in the Quantum Mechanics and Biophysics of Complex Systems. Biophysics And Medical Physics, Moscow University Physics Bulletin. 2014;69(5):406-11.

Библиографическая ссылка:

Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 1-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5036.pdf> (дата обращения: 23.12.2014).