

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ
СЕРДЕЧНОГО РИТМА ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ШИРОТНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ

О.Л. НИФОНТОВА, Л.С. ШАКИРОВА, Н.Н. НЕРСИСЯН, Ю.В. РАССАДИНА

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия, 628412*

Аннотация. В условиях санаторного лечения анализировались параметры сердечно-сосудистой системы школьников при широтных перемещениях. Анализ параметров сердечно-сосудистой системы детей в условиях санаторного лечения с позиции стохастики доказывает, что поведение кардиоинтервалов носит хаотический характер. Результат проведенного исследования показал, что кратковременное лечение в санатории сужает размеры квазиаттрактора вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Однако, после отдыха расстояние rX увеличивается, что говорит о недостаточной сформированности адаптационных механизмов у учащихся, а также существенном напряжении регуляторных процессов. Использование метода расчета матриц межаттракторных расстояний в m -мерном фазовом пространстве предоставляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма. Это позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

Ключевые слова: переменность сердечного ритма, сердечно-сосудистая система, квазиаттрактор, климат.

DYNAMICS OF SPECTRAL POWER OF HEART RATE VARIABILITY IN STUDENTS THE
LATITUDINAL MOVEMENT

O.L. NIFONTOVA, L.S. SHAKIROVA, N.N. NERSISYAN, Y.V. RASSADINA

Surgut State University, Lenin av., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. In the conditions of sanatorium treatment the parameters of the cardiovascular system of schoolchildren with the latitudinal displacements were analyzed. Analysis of parameters of cardiovascular system of children in sanatoria from the position of the stochastics showed that the behavior of RR -intervals is still chaotic. The results of the study revealed that short-term treatment reduces the size of quasi-attractor vector of conditions of the human body and partially normalizes the indicators of the cardio-respiratory system of children. However, after the rest of the distance rX increasing, says lack of formation of mechanisms of adaptation of students, as well as significant tension of regulatory processes. The use of the method of calculation of matrices mega-factory of distances in m -dimensional phase space provides some quantitative evaluation of adaptive reserves of the body. This allows us to objectively assess the dynamics of reserve possibilities of organism and their prognostic significance.

Key words: heart rate variability, cardiovascular system, quasi-attractor, climate.

Введение. Адаптация организма учащихся к действию различных климатозкологических факторов является важной характеристикой параметров функционального состояния организма. Преимущественное внимание в исследовании адаптационных сдвигов уделяется *сердечно-сосудистой системе* (ССС), обладающей высокой лабильностью к изменяющимся условиям внешней среды. Степень активности ССС может зависеть от работы организма в целом, его реакций на влияние разного рода факторов [2-10, 19, 22].

Наиболее доступным для регистрации параметром, отражающим процессы регуляции ССС, является ритм сердечных сокращений, динамические характеристики которого позволяют оценить выраженность симпатических и парасимпатических сдвигов при изменении физиологического состояния исследуемого. При этом было доказано, что традиционные стохастические подходы не имеют необходимой эффективности в оценке ССС организма человека [8-14]. Сведения о важнейших особенностях колебаний (частота и мощность на каждой частоте) сердечных сокращений утрачиваются при использовании результатов временного анализа с позиций стохастики [16-18, 23]. Однако, эти величины могут позволить судить о характере и интенсивности потоков сигналов вегетативной нервной системы, поступающих к синусовому узлу, что представляется в изменении переменности сердечного ритма и изменении параметров *кардиоинтервалов* (КИ). Применение спектрального анализа в исследованиях позволяет выделить из сложного колебания его составляющие, которые устанавливает их *спектральная плотность сигнала* – СПС. Соотношение разных компонентов спектральной плотности сердечного ритма, отражает

активность определенных звеньев регуляторного механизма и характеризует общее состояние нейро-вегетативной регуляции работы ССС. Изменение экологических условий существенно влияет на эти параметры [1, 6, 15, 16, 20, 21].

Цель исследования: изучение влияния широтных перемещений на процесс изменения динамики функциональных систем организма школьников (у нас это состояние ССС). В условиях широтного перемещения на примере сердечно-сосудистой системы мы изучаем динамику параметров ССС с позиции теории хаоса-самоорганизации.

Объекты и методы исследования. В ходе проведения настоящего исследования использованы результаты мониторингового обследования состояния ССС 25 учащихся (мальчиков) г. Сургута. Критерии включения: возраст учащихся 7-14 лет; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период проведения обследований; наличие информированного согласия на участие в исследовании. Критерии исключения: болезнь учащегося в период обследования. Тестирование выполнялось в 4-х разных временных промежутках: **1-й этап** – до отъезда детей в санаторий; **2-ой этап** – по прилету в санаторно-оздоровительный лагерь «Юный нефтяник»; **3-й этап** в конце отдыха перед вылетом из санатория «Юный нефтяник»; **4-й этап** непосредственно по прилету в г. Сургут.

Информацию о состоянии параметров ССС учащихся получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01». Программный продукт «ELOGRAPH», которым снабжен прибор, в автоматическом режиме отображает изменение в виде ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности *кардиоинтервалов* (КИ). Выбор данного метода был связан с тем, что ритм сердечных сокращений является наиболее доступным для регистрации физиологических параметров состояний *нейро-вегетативной системы* (НВС). Регистрация параметров сердечно-сосудистой системы обследуемых производилась в шестимерном фазовом пространстве состояний общего вектора состояния ССС (ВСС) в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где $m=7$. Эти координаты x_i состояли из: x_1 – VLF – спектральная мощность очень низких частот, mc^2 ; x_2 – LF – спектральная мощность низких частот, mc^2 ; x_3 – HF – спектральная мощность высоких частот, mc^2 ; x_4 – Total – общая спектральная мощность, mc^2 ; x_5 – LF(p) – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_6 – HF(p) – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_7 – LF/HF – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной.

Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики с помощью программного продукта *Statistica version 6.1*. Статистическая обработка данных производилась до доверительного интервала с доверительной вероятностью $\beta=0,95$. На основе вычисления критерия Шапиро-Уилка оценивалось распределение признака на соответствие нормальному закону распределения (при критическом уровне значимости принятым равным $p>0,05$). Однако, не все описываемые параметры подчиняются закону нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. При описании асимметричных распределений использовалась медиана, в качестве мер рассеяния – процентиля (5-й и 95-й). Для сравнения трёх и более связанных выборок, данные в которых не подчиняются закону нормального распределения, применяется критерий Фридмана (Ранговый ДА – *FriedmanTest*). Критерий Фридмана имеет распределение типа хи-квадрат, поэтому он нами записывался следующим образом «*Chi-square*» хи-кв. ($N=30, cc=23$)=556,3261 при $p<0,000$.

Применение критерия Фридмана показало наличие статистически значимых различий между 4-мя группами. Однако, между какими группами существуют различия, и по каким параметрам – на этот вопрос нам ответит критерий Вилкоксона с измененным критическим уровнем значимости. Количество возможных попарных сравнений с помощью непараметрического критерия Вилкоксона было рассчитано по формуле: $n = 0,5N(N - 1)$, где N – количество изучаемых групп. Одновременно для учёта элементов хаоса в динамике параметров ССС нами использовались методы теории хаоса-самоорганизации, которые обеспечат расчёт параметров квазиинтервалов (объемы $V6$ и параметр асимметрии – *Generalasymmetry*, а также находились матрицы межаттракторных расстояний Z_{ij} для всех квазиаттракторов. Результаты статистической обработки данных показателей ССС мальчиков в условиях широтных перемещений представлены ниже.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных данных представлен в табл. 1. Он показывает, что описываемые параметры (LF/HF, HF, VLF (1 точка), LF (1, 2, 4 точка), Total (1 и 4 точки)) не подчиняются закону нормального распределения. В связи с этим дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. При описании асимметричных распределений использовалась медиана, в качестве мер рассеяния – процентиля (5-й и 95-й).

Результаты проверки на нормальность типа распределения и статистической обработки спектральных характеристик параметров ССС мальчиков ($n=25$) при широтных перемещениях

	нормальность распределения		описательная статистика						
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	процентили %		
							5, %	50, Me (медиана)	95, %
$VLF, (mc^2/Гц)$									
до ЮН	0,830	0,001	1933,92	1288,39	452,00	6553,00	554,00	1656,00	3717,00
приезд в ЮН	0,938	0,136	2919,28	1570,99	671,00	5795,00	944,00	2502,00	5427,00
отъезд из ЮН	0,921	0,055	2646,9	1720,2	454,0	6851,0	688,0	2617,0	6408,0
приезд в Сургут из ЮН	0,924	0,064	2810,9	1758,7	495,0	6560,0	551,0	2350,0	6375,0
$LF, (mc^2/Гц)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,787	0,000	3110,68	2493,00	832,00	11968,00	945,00	2171,00	6765,00
приезд в ЮН	0,913	0,035	2708,20	1559,09	705,00	5959,00	741,00	2231,00	5921,00
отъезд из ЮН	0,935	0,115	2812,5	1674,8	532,0	6348,0	589,0	2556,0	6320,0
приезд в Сургут из ЮН	0,826	0,001	3832,8	2909,8	734,0	13930,0	1112,0	2690,0	7195,0
$HF, (mc^2/Гц)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,811	0,000	2559,84	2313,51	406,00	9188,00	455,00	1767,00	8211,00
приезд в ЮН	0,895	0,014	3005,04	2563,35	200,00	9752,00	303,00	2252,00	7804,00
отъезд из ЮН	0,803	0,000	2588,6	2583,6	410,0	9752,0	417,0	1566,0	7804,0
приезд в Сургут из ЮН	0,838	0,001	3536,4	3164,7	473,0	12951,0	481,0	2329,0	8271,0
$Total, (mc^2/Гц)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,796	0,000	7604,48	5454,08	2217,00	26732,00	2576,00	6211,00	16467,00
приезд в ЮН	0,923	0,059	8632,72	4379,03	1996,00	15684,00	2093,00	7395,00	14913,00
отъезд из ЮН	0,923	0,061	8000,6	4566,5	1802,0	16702,0	1905,0	7065,0	15684,0
приезд в Сургут из ЮН	0,895	0,014	10179,9	6348,1	2144,0	28761,0	2887,0	8220,0	22403,0
$LFnorm, (%)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,940	0,148	56,76	15,57	29,00	82,00	32,00	53,00	81,00
приезд в ЮН	0,951	0,266	54,04	16,94	26,00	84,00	28,00	51,00	82,00
отъезд из ЮН	0,984	0,954	57,0	16,1	26,0	91,0	33,0	56,0	83,0
приезд в Сургут из ЮН	0,931	0,089	55,0	17,0	26,0	80,0	28,0	59,0	77,0
$HFnorm, (%)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,940	0,148	43,24	15,57	18,00	71,00	19,00	47,00	68,00
приезд в ЮН	0,952	0,280	45,88	16,91	16,00	74,00	18,00	49,00	72,00
отъезд из ЮН	0,983	0,944	43,0	16,3	9,0	74,0	17,0	44,0	67,0
приезд в Сургут из ЮН	0,931	0,089	45,0	17,0	20,0	74,0	23,0	41,0	72,0
$LF/HF, (y.e.)$									
	W	p	X_{cp}	σ	min	max	5, %	50, Me	95, %
до ЮН	0,850	0,002	1,80	1,27	0,42	4,67	0,48	1,30	4,32
приезд в ЮН	0,819	0,000	1,61	1,30	0,35	5,28	0,38	1,10	4,44
отъезд из ЮН	0,650	0,000	1,9	2,1	0,4	10,1	0,5	1,3	4,8
приезд в Сургут из ЮН	0,903	0,022	1,6	1,1	0,3	4,1	0,4	1,5	3,3

Примечание: W – критерий Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) для проверки типа распределения признака; p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка (при критическом уровне значимости принятым равным $p>0,05$); X_{cp} – средние арифметические значения; σ – стандартные отклонения; min – минимальные значения; max – максимальные значения; Me – медиана (5%;95%) для описания асимметричных распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния процентили (5-й и 95-й)

Уровни значимости для попарных сравнений спектральных характеристик ССС мальчиков (n=25) при широтных перемещениях в четырех связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона

Попарные сравнения параметров ССС		Число наблюдений	T	Z	p-уровень
Показатели параметра <i>VLF</i> до отъезда в ЮН	<i>VLF</i> приезд в ЮН	25	77,500	2,287	0,022
	<i>VLF</i> отъезд из ЮН	25	97,000	1,762	0,078
	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	89,000	1,978	0,048
Показатели параметра <i>LF</i> отъезда из ЮН	<i>LF</i> приезд в ЮН	25	144,000	0,498	0,619
	<i>LF</i> отъезд из ЮН	25	145,000	0,471	0,638
	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	133,000	0,794	0,427
Показатели параметра <i>HF</i> до отъезда из ЮН	<i>HF</i> приезд в ЮН	25	138,000	0,659	0,510
	<i>HF</i> отъезд из ЮН	25	146,000	0,444	0,657
	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	69,000	2,516	0,012
Показатели параметра <i>Total</i> до отъезда из ЮН	<i>Total</i> приезд в ЮН	25	114,000	1,305	0,192
	<i>Total</i> отъезд из ЮН	25	138,000	0,659	0,510
	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	25	78,000	2,274	0,023
Показатели параметра <i>LFnorm</i> до отъезда из ЮН	<i>LFnorm</i> приезд в ЮН	25	141,500	0,565	0,572
	<i>LFnorm</i> отъезд из ЮН	25	146,500	0,100	0,920
	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	143,000	0,525	0,600
Показатели параметра <i>HFnorm</i> до отъезда из ЮН	<i>HFnorm</i> приезд в ЮН	25	141,500	0,565	0,572
	<i>HFnorm</i> отъезд из ЮН	25	145,500	0,129	0,898
	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	143,000	0,525	0,600
Показатели параметра <i>LF/HF</i> до отъезда из ЮН	<i>LF/HF</i> приезд в ЮН	25	145,000	0,471	0,638
	<i>LF/HF</i> отъезд из ЮН	25	155,000	0,202	0,840
	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	130,000	0,874	0,382
Показатели параметра <i>VLF</i> , приезд в ЮН	<i>VLF</i> отъезд из ЮН	25	82,000	0,859	0,391
	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	151,000	0,309	0,757
Показатели параметра <i>LF</i> , приезд в ЮН	<i>LF</i> отъезд из ЮН	25	85,000	0,747	0,455
	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	108,000	1,466	0,143
Показатели параметра <i>HF</i> , приезд в ЮН	<i>HF</i> отъезд из ЮН	25	64,000	1,531	0,126
	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	136,000	0,713	0,476
Показатели параметра <i>Total</i> , приезд в ЮН	<i>Total</i> отъезд из ЮН	25	86,000	0,709	0,478
	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	25	136,000	0,713	0,476
Показатели параметра <i>LFnorm</i> , приезд в ЮН	<i>LFnorm</i> отъезд из ЮН	25	60,000	1,408	0,159
	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	155,500	0,188	0,851
Показатели параметра <i>HFnorm</i> , приезд в ЮН	<i>HFnorm</i> отъезд из ЮН	25	66,000	1,167	0,243
	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	155,500	0,188	0,851
Показатели параметра <i>LF/HF</i> , приезд в ЮН	<i>LF/HF</i> отъезд из ЮН	25	80,000	0,933	0,351
	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	156,000	0,175	0,861
Показатели параметра <i>VLF</i> , отъезд из ЮН	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	138,000	0,659	0,510
Показатели параметра <i>LF</i> , отъезд из ЮН	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	126,000	0,982	0,326
Показатели параметра <i>HF</i> , отъезд из ЮН	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	114,000	1,305	0,192
Показатели параметра <i>Total</i> , отъезд из ЮН	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	25	125,000	1,009	0,313
Показатели параметра <i>LFnorm</i> , отъезд из ЮН	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	135,500	0,726	0,468
Показатели параметра <i>HFnorm</i> , отъезд из ЮН	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	25	141,000	0,578	0,563
Показатели параметра <i>LF/HF</i> , отъезд из ЮН	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	25	147,000	0,417	0,677

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

Значение параметра *VLF* колеблется в интервале от 551 у.е. до 6408 у.е. Наименьшее значение медианы отмечается в 1-й точке исследования (до отъезда из г. Сургут) *Me*=1656 у.е. Примерно одинаковые показатели медианы регистрируются в 2, 3 и 4-й точках (*Me*=2502, *Me*=617, *Me*=2350 соответственно). Интервал показателя высокочастотного спектра (*HF*) при перемещении мальчиков с севера на юг составлял от 303 у.е. до 7804 у.е. (*Me*= 2252.), а при перемещении с юга на север от 481 у.е. до 8271 у.е. (*Me*=2329). Наибольшее значение медианы отмечено при возвращении в г. Сургут (4-я точка *Me*=2329 у.е). Значение параметра *LF* варьируется в пределах 589 у.е. до 7195 у.е. Наименьшее значение медианы отмечается в первом состоянии (до отъезда из г. Сургут) *Me*=2171 у.е.. Величина параметра *Total* колеблется в пределах 1905 у.е. до 22403 у.е. Наименьший показатель медианы регистрируется до отъезда в санаторий ЮН *Me*=6211 у.е, наибольший – в четвертом состоянии (по приезду в г. Сургут).

Значение параметра LF/HF при перемещении мальчиков с севера на юг составлял от 0,38 у.е. до 4,44 у.е. ($Me = 1,1$), а при перемещении с юга на север от 0,4 у.е. до 3,3 у.е. ($Me = 1,5$). Наибольшее значение медианы отмечено до отъезда из Юного нефтяника в Сургут (3 точка $Me = 4,8$ у.е.).

Проведенный анализ сравнения спектральных параметров ССС показал, (табл. 2) что статистически значимые различия выявлены между 1 и 2; 1 и 4 группами по показателю VLF , т.к. значение критерия Вилкоксона составляет $p=0,02$ и $p=0,04$ соответственно. Различия также наблюдаются при сравнении 1 и 4 группы по исследуемым параметрам HF и $Total$ (критерий Вилкоксона равен $p=0,01$, $p=0,02$ соответственно), что говорит о благотворном влиянии отдыха на параметры функциональной системы организма (ФСО) человека.

Следующий этап исследований посвящен расчету параметров квазиаттракторов ВСОЧ в 7-ми мерном фазовом пространстве состояний. Изменения данных параметров более существенны, чем результаты статистической обработки первичных данных. Отметим, что из табл. 2 следует, что для многих пар $p>0,05$ (нет статистических различий). Значения показателя асимметрии Rx и общего объема многомерного параллелепипеда $V\ valeu$ получены в результате обработки статистических данных в программе *Identity 4*. Программа по крайним точкам определяет объем параллелепипеда V (*GeneralVvalue*) и автоматически определяет его геометрический центр, так называемый стохастический центр [1-9].

Согласно расчетам, представленным в табл. 3 объем КА после приезда в санаторий Юный нефтяник (2-я точка исследования) увеличился в 2,6 раза и составил $V_G=5,5 \cdot 10^8$ у.е. Однако, после отдыха (3 точка исследования) объем КА мальчиков снижается и составляет $V_G=2,2 \cdot 10^8$ у.е. Уменьшение объема свидетельствует о стабилизирующем влиянии и хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного пребывания детей в санатории.

Объем квазиаттрактора по приезду в г. Сургут (4 точка) составил $V_G=3,1 \cdot 10^8$ у.е., что в 1,5 раза больше наблюдаемого объема КА 1-й точки (отъезд из г. Сургута в санаторий ЮН). Это показывает недостаточную сформированность у них адаптационных механизмов, а также существенное изменение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров функциональных систем организма [10-14].

Следует заметить, что мера хаотичности системы (rX) во всех срезах различна. Однако, расстояние между стохастическим и хаотическим центрами (rX) в 1-х и 4-х срезах практически одинаковы и составляют $rX = 7\ 880.5$ и $7\ 016.5$ усл.ед соответственно. Расстояние rX сначала резко уменьшается до $1\ 985.5$ усл.ед, а затем резко увеличивается в 4-м срезе ($rX=7\ 016.5$ усл. ед). Чем больше расстояние (rX), тем больше система отклоняется от состояния равновесия. Это говорит о том, что организм детей в конце санаторного отдыха возвращается в определенное исходное состояние.

На следующем этапе исследования, методом исключения отдельных признаков был выполнен системный синтез исследуемых параметров, который учитывает влияние x_i признака (параметров ВСОЧ) на величину Z_{ij} (расстояние между хаотическими центрами квазиаттракторов). Полученные данные позволили выявить параметры порядка путем сравнения размеров КА в условиях широтных перемещений мальчиков. Результаты представлены в табл. 4. Так, в анализируемой выборке для пары 1-2 среди спектральных показателей на первом месте находится показатель $Total$ – общая спектральная мощность. На втором по значимости показатель $VLF(p)$ – очень низкий по частоте компонент спектра в нормализованных единицах. В остальных парах эти два параметра тоже доминируют.

Результаты расчета параметров квазиаттракторов параметров спектральных характеристик ССС мальчиков ($n=25$) при широтных перемещениях

Параметры КА спектральных характеристик ССС девочек	до отъезда из Сургута в ЮН		приезд в ЮН из Сургута	
	Количество измерений $N = 24$		Количество измерений $N = 24$	
	Размерность фазового пространства = 7		Размерность фазового пространства = 7	
	$IntervalX0= 6\ 101.0000$	$AsymmetryX0= 0.2479$	$IntervalX0= 4\ 851.0000$	$AsymmetryX0= 0.0735$
	$IntervalX1= 11\ 136.0000$	$AsymmetryX1= 0.2913$	$IntervalX1= 5\ 218.0000$	$AsymmetryX1= 0.1070$
	$IntervalX2= 8\ 782.0000$	$AsymmetryX2= 0.2450$	$IntervalX2= 9\ 552.0000$	$AsymmetryX2= 0.1959$
	$IntervalX3= 24\ 515.0000$	$AsymmetryX3= 0.2726$	$IntervalX3= 13\ 591.0000$	$AsymmetryX3= 0.0015$
	$IntervalX4= 53.0000$	$AsymmetryX4= 0.0055$	$IntervalX4= 58.0000$	$AsymmetryX4= 0.0158$
	$IntervalX5= 53.0000$	$AsymmetryX5= 0.0055$	$IntervalX5= 58.0000$	$AsymmetryX5= 0.0144$
	$IntervalX6= 5.0000$	$AsymmetryX6= 0.1750$	$IntervalX6= 5.0000$	$AsymmetryX6= 0.1750$
	General asymmetry value $rX = 7\ 880.5$		General asymmetry value $rX = 1\ 985.5$	
	General V value $vX = 2,0 \cdot 10^8$ y.e.		General V value $vX = 5,5 \cdot 10^8$ y.e.	
	отъезд из ЮН		приезд в Сургут из ЮН	
	Количество измерений $N = 24$		Количество измерений $N = 24$	
	Размерность фазового пространства = 7		Размерность фазового пространства = 7	
$IntervalX0= 6\ 397.0000$	$AsymmetryX0= 0.1447$	$IntervalX0= 6\ 065.0000$	$AsymmetryX0= 0.1120$	
$IntervalX1= 5\ 759.0000$	$AsymmetryX1= 0.0974$	$IntervalX1= 13\ 196.0000$	$AsymmetryX1= 0.2646$	
$IntervalX2= 9\ 335.0000$	$AsymmetryX2= 0.2577$	$IntervalX2= 12\ 478.0000$	$AsymmetryX2= 0.2505$	
$IntervalX3= 14\ 900.0000$	$AsymmetryX3= 0.0669$	$IntervalX3= 26\ 617.0000$	$AsymmetryX3= 0.1945$	
$IntervalX4= 65.0000$	$AsymmetryX4= 0.0244$	$IntervalX4= 54.0000$	$AsymmetryX4= 0.0332$	
$IntervalX5= 65.0000$	$AsymmetryX5= 0.0173$	$IntervalX5= 54.0000$	$AsymmetryX5= 0.0332$	
$IntervalX6= 10.0000$	$AsymmetryX6= 0.3042$	$IntervalX6= 4.0000$	$AsymmetryX6= 0.1042$	
General asymmetry value $rX = 2\ 819.7$		General asymmetry value $rX = 7\ 016.5$		
General V value $vX = 2,2 \cdot 10^8$ y.e.		General V value $vX = 3,1 \cdot 10^8$ y.e.		

Таблица 4

Результаты исключения отдельных признаков (системный синтез) параметров ССС мальчиков ($n=25$) при широтных перемещениях при сравнении объемов квазиаттракторов (КА)

Параметры ССС, y.e.	Сравниваемые точки исследования					
	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
Все параметры, $Z0$	$Z0=624,52$	$Z0=905,89$	$Z0=2873,56$	$Z0=839,27$	$Z0=1795,43$	$Z0=2405,98$
без VLF	$Z1=1262,01$	$Z1=526,63$	$Z1=2742,39$	$Z1=789,10$	$Z1=1787,86$	$Z1=2402,93$
без LF	$Z2=1583,14$	$Z2=871,16$	$Z2=2790,95$	$Z2=831,23$	$Z2=1457,56$	$Z2=2217,92$
без HF	$Z3=1558,34$	$Z3=905,26$	$Z3=2715,06$	$Z3=723,66$	$Z3=1729,45$	$Z3=2228,34$
без Total	$Z4=1178,84$	$Z4=778,56$	$Z4=1445,83$	$Z4=525,21$	$Z4=1165,66$	$Z4=1306,71$
без LFnorm	$Z5=1624,51$	$Z6=905,89$	$Z5=2873,56$	$Z5=839,27$	$Z5=1795,43$	$Z5=2405,98$
без HFnorm	$Z5=1624,51$	$Z6=905,89$	$Z6=2873,56$	$Z6=839,26$	$Z6=1795,43$	$Z5=2405,98$
без LF/HF	$Z7=1625,11$	$Z7=906,81$	$Z7=2873,89$	$Z7=839,27$	$Z7=1795,43$	$Z7=2405,98$

Выводы:

1 Анализ параметров сердечно-сосудистой системы школьников при широтных перемещениях в условиях санаторного лечения с позиции стохастики доказывает, что поведение частотных характеристик кардиоинтервалов носит хаотический характер. Отсюда следствие – традиционная стохастика в описании спектральных характеристик кардиоинтервалов имеет низкую эффективность, в сравнение с методами ТХС в виде квазиаттракторов.

2. На основе метода расчета параметров квазиаттракторов в m -мерном фазовом пространстве мы показали, что кратковременное лечение в санатории увеличивают размеры квазиаттрактора частотных характеристик вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Объем КА после приезда в санаторий ЮН увеличился в 2,6 раза

($V_G=5,5 \times 10^8$ у.е.), однако после отдыха он снизился и составил $V_G=2,2 \times 10^8$ у.е. Уменьшение объема свидетельствует о стабилизирующем влиянии и хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного пребывания детей в санатории. Однако, по приезду в г. Сургут объем квазиаттрактора составил $V_G=3,1 \times 10^8$ у.е. это 1,5 раза больше наблюдаемого объема КА 1 точки (отъезд из г. Сургута в санаторий ЮН). Это показывает недостаточную сформированность у них адаптационных механизмов, а также существенное напряжение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров функциональных систем организма как при переезде с Севера на юг, так и при обратном переезде.

3. Анализ расстояния между стохастическим и хаотическим центрами (rX) показал, что расстояние rX сначала резко уменьшается до 1985.5 усл.ед, а затем резко увеличивается в 4-м срезе ($rX=7\ 016.5$ усл. ед). Это также говорит о том, что организм детей в конце санаторного отдыха находится в определенном стрессорном состоянии.

4. Использование запатентованных методик показало, что мы можем определять параметры КА для групп испытуемых и сравнивать их хаотическую динамику при изменении экофакторов среды в фазовом пространстве состояний. Расчет параметров квазиаттракторов сердечно-сосудистой системы показывает индивидуальное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

Литература

1. Адайкин В.А., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Лазарев В.В. Использование методов теории хаоса и синергетики в современной клинической кибернетике // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2006. Т. 66, №8. С. 38–41.
2. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, №2. С. 39–41.
3. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, №2. С. 7–9.
4. Аушева Ф.И., Добрынина И.Ю., Мишина Е.А., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Системный анализ суточной динамики показателей сердечно-сосудистой системы у больных при артериальной гипертензии // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, №4. С. 208–210.
5. Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Шипилова Т.Н. Влияние хаотической динамики метеофакторов на показатели кардио-респираторной системы человека в условиях Севера // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, №1. С. 168–170.
6. Брагинский М.Я., Бурыкин Ю.Г., Майстренко Е.В., Козлова В.В. Состояние показателей непроизвольных движений учащихся в условиях физической нагрузки в разные сезоны года // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14, №1. С. 61–63.
7. Ведясова О.А., Еськов В.М., Филатова О.Е. Системный компартментно-кластерный анализ механизмов устойчивости дыхательной ритмики млекопитающих. Самара: Офорт, 2005. 198 с.
8. 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.
9. 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.
10. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Новые методы изучения интервалов устойчивости биологических динамических систем в рамках компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т. 11, №3. С. 5–6.
11. Еськов В.М., Адайкин В.И., Добрынин Ю.В., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Насколько экономически эффективно внедрение методов теории хаоса и синергетики в здравоохранение // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, №1. С. 25–28.
12. Еськов В.М. Третья парадигма. Российская академия наук, Научно-проблемный совет по биофизике. Самара: Изд-во ООО «Офорт» (Гриф. РАН), 2011. 250 с.
13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина - реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №3. С. 25–28.
14. 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.

15. Еськов В.М., Газя Г.В., Майстренко Е.В., Болтаев А.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на параметры сердечнососудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология и промышленность России. 2016. № 1. С. 59–63.
16. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестник Московского ун-та. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2016. №2.
17. Нифонтова О.Л., Бурыкин Ю.Г., Майстренко Е.В., Хисамова А.В. Системный анализ в сравнительной оценке антропометрических показателей детей школьного возраста Тюменского Севера // Информатика и системы управления. 2010. №2. С. 167–170.
18. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Сидоркина Д.А., Нехайчик С.М. Идентификация параметров порядка в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №2. С. 4–13.
19. Борисова О.Н., Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Юргель Е.Н., Хадарцев А.А., Наумова Э.М. Сочетанное применение коронатеры и гирудотерапии при рефлекторной стенокардии в пожилом возрасте // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №1. С. 95–98.
20. Ветрова Ю.В., Гуськова-Алексеева О.В., Морозов В.Н., Хадарцев А.А. Неспецифические (синтоксические и кататоксические) механизмы адаптации к длительному воздействию холодового раздражителя // Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 9, №3-4. С. 100–105.
21. Дармограй В.Н., Карасев Ю.В., Морозов В.Н., Морозова В.И., Наумова Е.М., Хадарцев А.А. Фитозэкдистероиды и фертильные факторы как активаторы синтоксических программ адаптации // Вестник новых медицинских технологий. 2005. Т. 12, №2. С. 16–21.
22. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Якушина Г.Н., Яшин А.А. Фрактальность и вурфы крови в оценках реакции организма на экстремальные воздействия // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т. 15, №4. С. 7–13.
23. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement Techniques. 2014. Т. 57. № 6. С. 720–724.

References

1. Adaykin VA, Dobrynina IY, Dobrynin YV, Es'kov VM, Lazarev VV. Ispol'zovanie metodov teorii khaosa i sinergetiki v sovremennoy klinicheskoy kibernetikeo Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk). 2006;66(8):38-41. Russian.
2. Adaykin VI, Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.
3. Adaykin VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zabolevaemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.
4. Ausheva FI, Dobrynina IY, Mishina EA, Polukhin VV, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz sutochnoy dinamiki pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy u bol'nykh pri arterial'noy gipertenzii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(4):208-10. Russian.
5. Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Shipilova TN. Vliyanie khaoticheskoy dinamiki meteofaktorov na pokazateli kardio-respiratornoy sistemy cheloveka v usloviyakh Severa. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(1):168-70. Russian.
6. Braginskiy MY, Burykin YG, 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.
7. Vedyasova OA, Es'kov VM, Filatova OE. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz mekhanizmov ustoychivosti dykhatel'noy ritmiki mlekopitayushchikh. Samara: Ofort; 2005. Russian.
8. Dobrynina IY, 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.
9. Dobrynina IY, 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.
10. Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Novye metody izucheniya intervalov ustoychivosti biologicheskikh dinamicheskikh sistem v ramkakh kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2004;11(3):5-6. Russian.
11. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheskii effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdравookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.

12. Es'kov VM. Tre'tya paradigma. Rossiyskaya akademiya nauk, Nauchno-problemnyy sovets po biofizike. Samara: Izd-vo OOO «Ofort» (Grif. RAN); 2011. Russian.
13. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razviti meditsiny s pozitsiy tre'tey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina - realizatsiya zakonov tre'tey paradigmy v meditsine). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(3):25-8. Russian.
14. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiorespiratornoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka. Terapevt. 2012;8:36-43. Russian.
15. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyaniye promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnososudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016;1:59-63. Russian.
16. Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YV, Gavrilenko TV. Evolyutsiya khaoticheskoy dinamiki kollektivnykh mod kak sposob opisaniya povedeniya zhivykh system. Vestnik Moskovskogo un-ta. Ser. 3. Fizika. Astronomiya. 2016;2. Russian.
17. Nifontova OL, Burykin YG, Maystrenko EV, Khisamova AV. Sistemnyy analiz v sravnitel'noy otsenke antropometricheskikh pokazateley detey shkol'nogo vozrasta Tyumenskogo Severa. Informatika i sistemy upravleniya. 2010;2:167-70. Russian.
18. Filatov MA, Filatov DY, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.
19. Borisova ON, Zhivoglyad RN, Khadartseva KA, Yurgel' EN, Khadartsev AA, Naumova EM. Sochetannoe primeneniye koronateriy i girudoterapii pri reflektornoy stenokardii v pozhilom vozraste. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(1): 95-8. Russian.
20. Vetrova YV, Gus'kova-Alekseeva OV, Morozov VN, Khadartsev AA. Nespetsificheskie (sintoksicheskie i katatoksicheskie) mekhanizmy adaptatsii k dlitel'nomu vozdeystviyu kholodovogo razdrzhatelya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2000;9(3-4):100-5. Russian.
21. Darmogray VN, Karasev YV, Morozov VN, Morozova VI, Naumova EM, Khadartsev AA. Fitoekosteroidy i fertil'nye faktory kak aktivatory sintoksicheskikh programm adaptatsii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(2):16-21. Russian.
22. Kidalov VN, Khadartsev AA, Yakushina GN, Yashin AA. Fraktal'nost' i vurfy krovi v otsenkakh reaktsii organizma na ekstremal'nye vozdeystviya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2004;15(4):7-13. Russian.
23. Es'kov VM, Gavrilenko TV, Vokhmina YV, Zimin MI, Filatov MA. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements. Measurement Techniques. 2014;57(6):720-4.

Библиографическая ссылка:

Нифонтова О.Л., Шакирова Л.С., Нерсиян Н.Н., Рассадина Ю.В. Динамика параметров спектральной мощности variability сердечного ритма школьников при широтном перемещении // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №1. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/1-4.pdf> (дата обращения: 16.03.2016). DOI: 10.12737/18602.