

ВЛИЯНИЕ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПАРАМЕТРОВ
СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЕВОЧЕК

О.Л. НИФОНТОВА, Л.С. ШАКИРОВА, Л.С. СОРОКИНА, И.В. КЛЮС

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

Аннотация. Анализ параметров сердечно-сосудистой системы девочек в условиях санаторного лечения с позиции стохастики доказывает, что поведение кардиоинтервалов носит хаотический характер. Результат проведенного исследования показал, что при общем (суммарном) значении во всех точках обследования все расстояния Z_{ij} резко снижаются, по сравнению с 1 точкой. Этот показатель практически сохраняется после двухнедельного отдыха и по возвращению в г. Сургут. Сравнительно небольшое расстояние между 2, 3 и 4 точками говорит об оздоровительном эффекте пребывания в санатории на параметры организма девочек. Использование метода расчета матриц межаттракторных расстояний в m -мерном фазовом пространстве предоставляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма. Одновременно, первое состояние имеет особый статус в таком семимерном фазовом пространстве состояний. Лечебные мероприятия существенно (в 2,2 раза) уменьшают межаттракторные расстояния.

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

INFLUENCE OF LONGITUDINAL DISPLACEMENT ON DYNAMICS SPECTRAL DENSITY
PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY IN TEENAGE GIRLS

O.L. NIFONTOVA, L.S. SHAKIROVA, L.S. SOROKINA, I.V. KLUS

Surgut state university, Lenin av., 1, Surgut, 628412, Russia

Abstract. Parameter analysis of cardiovascular system based on the stochastic approach shows chaotic behavior of cardiointervals for test subjects – girls during spa therapy. The results show all distances – Z_{ij} within all points of the study gradually decrease when compared with first point of the study. This marker retains till return to Surgut after two weeks of rest. Comparatively insignificant distances between 2,3 and 4 points of the study point out therapeutic effect of spa therapy on test subjects. The use of inter-attractor distance matrices calculated for case of m -dimensional phase space provides some quantitative assessment of adaptive reserves of human organism. At the same time, the first state has a special status in a seven-dimensional phase space of states. Therapeutic measures significantly (for 2,2 times) decrease of inter-attractor distances.

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

Введение. Анализ вариабельности сердечного ритма позволяет количественно оценить степень напряженности симпатического и парасимпатического отделов ВНС, а также их взаимодействия в различных функциональных состояниях. Вариационный анализ ритма сердца позволяет получить информацию об адаптационных резервах организма, обнаружить мельчайшие отклонения в сердечной деятельности, поэтому данный метод эффективен для оценки общих функциональных возможностей организма [1-3, 15-18].

Наиболее доступным для регистрации параметром, отражающим процессы регуляции *сердечно-сосудистой системы* (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 [12-14, 21]. Сведения о важнейших особенностях колебаний (частота и мощность на каждой частоте) сердечных сокращений утрачиваются при использовании результатов временного анализа с позиций стохастики. Однако, эти величины могут позволить судить о характере и интенсивности потоков сигналов вегетативной нервной системы, поступающих к синусовому узлу, что представляется в изменении вариабельности сердечного ритма и изменении параметров *кардиоинтервалов* (КИ) [4-7].

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 нейровегетативной регуляции работы ССС. Изменение экологических условий существенно влияет на эти параметры [8-11].

Цель исследования: изучение влияния широтных перемещений на процесс изменения динамики функциональных систем организма девочек (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 30 учащихся (девочек) 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 *нейровегетативной системы* (НВС) [11-15]. Регистрация параметров сердечно-сосудистой системы обследуемых производилась в семимерном 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) [19-20].

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. 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 V_6 и параметр асимметрии – *Generalasymmetry*), а также находились матрицы межаттракторных расстояний Z_{ij} для всех квазиаттракторов. Результаты статистической обработки данных показателей ССС девочек 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* (1-4 точки), *Total u LF* (2, 3 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 девочек (n=30) при широтных перемещениях

	нормальность распределения		описательная статистика						
			процентили %						
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>ср</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i> (медиана)	95, %
VLF, (мс²/Гц)									
до ЮН	0,79	0,00	3052,7	2647,8	610,0	10981,0	632,0	1883,5	8515,0
приезд в ЮН	0,73	0,00	2266,4	2112,5	322,0	9593,0	413,0	1420,5	7190,0
отъезд из ЮН	0,79	0,00	2204,1	1896,4	262,0	9593,0	311,0	1753,5	5396,0
приезд в Сургут из ЮН	0,84	0,00	2342,8	1517,6	665,0	6686,0	687,0	1977,0	6661,0
LF, (мс²/Гц)									
	<i>W</i>		<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,95	0,15	3583,8	2252,3	290,0	9098,0	297,0	3481,0	7773,0
приезд в ЮН	0,89	0,01	3243,0	2398,5	316,0	9568,0	605,0	2647,5	9357,0
отъезд из ЮН	0,82	0,00	3001,9	2453,2	507,0	9357,0	671,0	2114,5	8064,0
приезд в Сургут из ЮН	0,95	0,17	2859,8	1546,6	482,0	5983,0	520,0	2719,0	5737,0
HF, (мс²/Гц)									
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,91	0,01	2942,1	2315,6	96,0	9301,0	182,0	2179,0	7763,0
приезд в ЮН	0,65	0,00	2236,3	2704,0	143,0	14349,0	192,0	1451,5	5372,0
отъезд из ЮН	0,55	0,00	2278,7	3654,6	124,0	15227,0	207,0	1213,0	14349,0
приезд в Сургут из ЮН	0,79	0,00	2560,2	2647,9	112,0	11155,0	234,0	1633,0	7876,0
Total, (мс²/Гц)									
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,93	0,06	9578,5	6094,0	1018,0	21822,0	1322,0	8363,0	21141,0
приезд в ЮН	0,76	0,00	7745,7	6485,6	921,0	33299,0	1404,0	7328,5	21961,0
отъезд из ЮН	0,72	0,00	7484,7	7291,7	1323,0	33299,0	1340,0	5647,0	27649,0
приезд в Сургут из ЮН	0,95	0,18	7762,8	4508,2	1281,0	19224,0	1770,0	7133,5	17586,0
LFnorm, (%)									
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,96	0,30	7,43	3,08	37,00	84,00	38,00	55,50	78,0
приезд в ЮН	0,97	0,44	62,5	16,5	28,0	91,0	30,0	64,5	90,0
отъезд из ЮН	0,99	0,96	66,0	14,3	34,0	97,0	39,0	66,0	88,0
приезд в Сургут из ЮН	0,94	0,10	59,9	16,4	26,0	84,0	26,0	61,0	82,0
HFnorm, (%)									
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,96	0,30	42,5	13,0	16,0	63,0	22,0	44,5	62,0
приезд в ЮН	0,97	0,43	37,3	16,8	9,0	72,0	10,0	35,5	70,0
отъезд из ЮН	0,97	0,55	34,3	13,7	12,0	66,0	13,0	34,0	61,0
приезд в Сургут из ЮН	0,94	0,10	40,1	16,4	16,0	74,0	18,0	39,0	74,0
LF/HF, (y.e.)									
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>X_{ср}</i>	σ	<i>min</i>	<i>max</i>	5, %	50, <i>Me</i>	95, %
до ЮН	0,83	0,00	1,73	1,14	0,58	5,38	0,62	1,36	3,62
приезд в ЮН	0,74	0,00	2,5	2,4	0,2	10,1	0,4	1,8	9,2
отъезд из ЮН	0,87	0,00	2,5	1,7	0,5	7,8	0,7	2,0	6,5
приезд в Сургут из ЮН	0,89	0,00	2,0	1,4	0,3	5,3	0,3	1,7	4,7

Примечание. В качестве x_i выступали: x_0 – VLF – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability (мс²/Гц), x_1 – LF – мощность спектра низкочастотного компонента variability (мс²/Гц), x_2 – HF – мощность спектра высокочастотного компонента variability (мс²/Гц), (%), x_3 – Total – общая спектральная мощность (мс²/Гц), x_4 – LFnorm – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), x_5 – HFnorm – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах x_6 – LF/HF – отношение значений низкочастотного и высокочастотного компонента variability сердечного ритма (y.e.).

Уровни значимости для попарных сравнений спектральных характеристик ССС девочек (n=30) при широтных перемещениях в четырех связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона

Попарные сравнения параметров ССС		<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>p</i> -уровень
Показатели параметра <i>VLF</i> до отъезда в ЮН	<i>VLF</i> приезд в ЮН	141,00	1,88	0,06
	<i>VLF</i> отъезд из ЮН	158,00	1,53	0,13
	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	197,00	0,73	0,47
Показатели параметра <i>LF</i> отъезда из ЮН	<i>LF</i> приезд в ЮН	192,00	0,83	0,40
	<i>LF</i> отъезд из ЮН	187,00	0,94	0,35
	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	145,00	1,80	0,07
Показатели параметра <i>HF</i> до отъезда из ЮН	<i>HF</i> приезд в ЮН	150,50	1,69	0,09
	<i>HF</i> отъезд из ЮН	109,00	2,54	0,01
	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	195,00	0,77	0,44
Показатели параметра <i>Total</i> до отъезда из ЮН	<i>Total</i> приезд в ЮН	143,00	1,84	0,07
	<i>Total</i> отъезд из ЮН	137,00	1,96	0,05
	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	169,00	1,31	0,19
Показатели параметра <i>LFnorm</i> до отъезда из ЮН	<i>LFnorm</i> приезд в ЮН	133,00	1,35	0,18
	<i>LFnorm</i> отъезд из ЮН	68,50	3,06	0,00
	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	149,50	0,95	0,34
Показатели параметра <i>HFnorm</i> до отъезда из ЮН	<i>HFnorm</i> приезд в ЮН	130,50	1,41	0,16
	<i>HFnorm</i> отъезд из ЮН	70,50	3,02	0,00
	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	149,50	0,95	0,34
Показатели параметра <i>LF/HF</i> до отъезда из ЮН	<i>LF/HF</i> приезд в ЮН	114,00	2,03	0,04
	<i>LF/HF</i> отъезд из ЮН	92,00	2,89	0,00
	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	181,00	1,06	0,29
Показатели параметра <i>VLF</i> , приезд в ЮН	<i>VLF</i> отъезд из ЮН	202,00	0,34	0,74
	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	213,00	0,40	0,69
Показатели параметра <i>LF</i> , приезд в ЮН	<i>LF</i> отъезд из ЮН	183,00	0,75	0,46
	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	201,00	0,65	0,52
Показатели параметра <i>HF</i> , приезд в ЮН	<i>HF</i> отъезд из ЮН	161,00	1,22	0,22
	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	208,00	0,50	0,61
Показатели параметра <i>Total</i> , приезд в ЮН	<i>Total</i> отъезд из ЮН	186,00	0,68	0,50
	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	220,00	0,26	0,80
Показатели параметра <i>LFnorm</i> , приезд в ЮН	<i>LFnorm</i> отъезд из ЮН	132,00	1,62	0,11
	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	167,50	1,08	0,28
Показатели параметра <i>HFnorm</i> , приезд в ЮН	<i>HFnorm</i> отъезд из ЮН	143,50	1,35	0,18
	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	163,00	1,18	0,24
Показатели параметра <i>LF/HF</i> , приезд в ЮН	<i>LF/HF</i> отъезд из ЮН	168,50	1,06	0,29
	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	178,50	1,11	0,27
Показатели параметра <i>VLF</i> , отъезд из ЮН	<i>VLF</i> приезд в Сургут из ЮН	188,00	0,92	0,36
Показатели параметра <i>LF</i> , отъезд из ЮН	<i>LF</i> приезд в Сургут из ЮН	232,00	0,01	0,99
Показатели параметра <i>HF</i> , отъезд из ЮН	<i>HF</i> приезд в Сургут из ЮН	190,00	0,87	0,38
Показатели параметра <i>Total</i> , отъезд из ЮН	<i>Total</i> приезд в Сургут из ЮН	198,00	0,71	0,48
Показатели параметра <i>LFnorm</i> , отъезд из ЮН	<i>LFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	119,00	2,13	0,03
Показатели параметра <i>HFnorm</i> , отъезд из ЮН	<i>HFnorm</i> приезд в Сургут из ЮН	126,50	1,97	0,05
Показатели параметра <i>LF/HF</i> , отъезд из ЮН	<i>LF/HF</i> приезд в Сургут из ЮН	163,50	1,42	0,16

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 (с измененным критическим уровнем значимости принятым равным $p < 0,0085$)

Значение параметра *VLF* колеблется в интервале от 311 у.е. до 8515 у.е. Наименьшее значение медианы отмечается в 2-й точке исследования (приезд в ЮН) $Me=1420,5$ у.е. Интервал показателя высокочастотного спектра (*HF*) при перемещении мальчиков с севера на юг составлял от 192 у.е. до 5372 у.е. ($Me=1451,5$), а при перемещении с юга на север от 234 у.е. до 7876 у.е. ($Me=1633$). Наибольшее значение медианы отмечено до отъезда из г. Сургута (1-я точка $Me=2179$ у.е.). Значение параметра *LF* варьируется в пределах 297 у.е. до 9357 у.е. Наименьшее значение медианы отмечается в третьем состоянии (отъезд из ЮН) $Me=2114,5$ у.е.. Величина параметра *Total* колеблется в пределах 1322 у.е. до 27649 у.е. Наименьший показатель медианы регистрируется до отъезда из санатория ЮН $Me=5647$ у.е, наибольший – в первом состоянии (до отъезда в ЮН). Значение параметра *LF/HF* при перемещении мальчиков с севера на юг составлял от 0,4 у.е. до 9,2 у.е. ($Me=1,8$), а при перемещении с юга на север от 0,3 у.е. до 4,7 у.е.

($Me = 1,7$). Наибольшее значение медианы отмечено до отъезда из Юного нефтяника в Сургут (3 точка $Me = 2,0$ у.е).

Проведенный анализ сравнения спектральных параметров ССС показал, (табл. 2) что статистически значимые различия выявлены между 1 и 3 группами по показателю HF , $LFnorm$, $HFnorm$ т.к. значение критерия Вилкоксона составляет $p=0,01$, $p=0,00$ соответственно. Различия также наблюдаются, при сравнении 3 и 4 группы по показателю $LFnorm$ (критерий Вилкоксона равен $p=0,03$), а также между 1 и 2; 1 и 3 группами по исследуемому параметру LF/HF (критерий Вилкоксона равен $p=0,04$, $p=0,00$ 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. 3 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 (*General V value*) и автоматически определяет его геометрический центр, так называемый хаотический центр.

Согласно расчетам (табл. 3), объем КА в 3 точке (после отдыха в санаторий ЮН), по сравнению с 1 точкой (приезд в санаторий ЮН), увеличился в 6 раз ($VG=9,50 \times 10^8$). Увеличение объема КА показывает недостаточную сформированность у девочек адаптационных механизмов и степень расогласования параметров функциональных систем организма. Однако, после отдыха (4 точка) объем КА резко снизился и составил $VG= 1,10 \times 10^8$ у.е., что в 0,7 раза меньше наблюдаемого объема КА в 1-й точке ($1,54 \times 10^8$ у.е.). Уменьшение объема КА свидетельствует о стабилизирующем влиянии и хорошем оздоравливающим эффекте двухнедельного пребывания детей в санатории.

Таблица 3

Результаты расчета квазиаттракторов параметров спектральных характеристик ССС девочек ($n=30$) при широтных перемещениях

Параметры КА спектральных характеристик ССС девочек	до отъезда из Сургута в ЮН		приезд в ЮН из Сургута	
	Количество измерений $N = 29$		Количество измерений $N = 29$	
	Размерность фазового пространства = 7		Размерность фазового пространства = 7	
	<i>IntervalX0</i> = 10371,00 <i>AsymmetryX0</i> = 0,26		<i>IntervalX0</i> = 9271,00 <i>AsymmetryX0</i> = 0,29	
	<i>IntervalX1</i> = 8808,00 <i>AsymmetryX1</i> = 0,13		<i>IntervalX1</i> = 9252,00 <i>AsymmetryX1</i> = 0,19	
	<i>IntervalX2</i> = 9205,00 <i>AsymmetryX2</i> = 0,20		<i>IntervalX2</i> = 14206,00 <i>AsymmetryX2</i> = 0,35	
	<i>IntervalX3</i> = 20804,00 <i>AsymmetryX3</i> = 0,09		<i>IntervalX3</i> = 32378,00 <i>AsymmetryX3</i> = 0,29	
	<i>IntervalX4</i> = 47,00 <i>AsymmetryX4</i> = 0,06		<i>IntervalX4</i> = 63,00 <i>AsymmetryX4</i> = 0,04	
	<i>IntervalX5</i> = 47,00 <i>AsymmetryX5</i> = 0,06		<i>IntervalX5</i> = 63,00 <i>AsymmetryX5</i> = 0,04	
	<i>IntervalX6</i> = 4,00 <i>AsymmetryX6</i> = 0,31		<i>IntervalX6</i> = 10,00 <i>AsymmetryX6</i> = 0,25	
	<i>General asymmetry value rX</i> = 4017,2		<i>General asymmetry value rX</i> = 11032,4	
	<i>General V value vX</i> = 1,54·10⁸		<i>General V value vX</i> = 1,56·10⁸	
	отъезд из ЮН		приезд в Сургут из ЮН	
	Количество измерений $N = 29$		Количество измерений $N = 29$	
	Размерность фазового пространства = 7		Размерность фазового пространства = 7	
	<i>IntervalX0</i> = 9331,00 <i>AsymmetryX0</i> = 0,29		<i>IntervalX0</i> = 6021,00 <i>AsymmetryX0</i> = 0,22	
	<i>IntervalX1</i> = 8850,00 <i>AsymmetryX1</i> = 0,21		<i>IntervalX1</i> = 5501,00 <i>AsymmetryX1</i> = 0,06	
	<i>IntervalX2</i> = 15103,00 <i>AsymmetryX2</i> = 0,35		<i>IntervalX2</i> = 11043,00 <i>AsymmetryX2</i> = 0,27	
	<i>IntervalX3</i> = 31976,00 <i>AsymmetryX3</i> = 0,30		<i>IntervalX3</i> = 17943,00 <i>AsymmetryX3</i> = 0,13	
	<i>IntervalX4</i> = 63,00 <i>AsymmetryX4</i> = 0,01		<i>IntervalX4</i> = 58,00 <i>AsymmetryX4</i> = 0,08	
<i>IntervalX5</i> = 54,00 <i>AsymmetryX5</i> = 0,08		<i>IntervalX5</i> = 58,00 <i>AsymmetryX5</i> = 0,08		
<i>IntervalX6</i> = 7,00 <i>AsymmetryX6</i> = 0,27		<i>IntervalX6</i> = 5,00 <i>AsymmetryX6</i> = 0,11		
<i>General asymmetry value rX</i> = 11523,8		<i>General asymmetry value rX</i> = 4098,9		
<i>General V value vX</i> = 9,50·10⁸		<i>General V value vX</i> = 1,10·10⁸		

Значение показателя асимметрии (rX) во 2 точке резко увеличивается в 2,7 раза по сравнению с 1 точкой (11032,4 и 4017,2 усл. ед соответственно) и продолжает повышаться в 3 точке (11523,8 усл. ед.). Чем больше расстояние показателя асимметрии (rX), тем больше система отклоняется от состояния равновесия. В 4 точке показатель резко уменьшается (4098,9 усл. ед) и приближается к результату зафиксированному в 1 точке (4017,2 усл. ед). Это говорит о том, что организм детей до начала лечения (1 точка) и

в конце санаторного отдыха (4 точка) находится в определенном состоянии, которое приближается к стохастическому.

Параметр Z_{ij} (i и j – номера обследуемых групп) – расстояние между центрами хаотических квазиаттракторов двух изучаемых групп (компарментов) испытуемых. Между хаотическими центрами этих КА создается матрица Z . Данная матрица находит все возможные расстояния между хаотическими центрами КА.

Таблица 4

Матрицы межаттракторных расстояний (Z_h между центрами стохастических квазиаттракторов спектральных характеристик параметров ССС девочек ($n=30$) при широтных перемещениях

Точка исследования, у.е.	1	2	3	4	сумма	среднее
1	$z_{11}=0,00$	$z_{12}=1938,62$	$z_{13}=2106,69$	$z_{14}=1877,26$	5922,27	1974,19
2	$z_{21}=1938,62$	$z_{22}=0,00$	$z_{23}=225,19$	$z_{24}=468,61$	2632,42	877,47
3	$z_{31}=2106,69$	$z_{32}=225,19$	$z_{33}=0,00$	$z_{34}=411,90$	2743,78	914,59
4	$z_{41}=1877,26$	$z_{42}=468,61$	$z_{43}=411,90$	$z_{44}=0,00$	2757,77	919,25

Анализируя полученные результаты (табл. 4), расчёта межаттракторных расстояний (Z_h) для четырех кластеров испытуемых мы установили, что наименьшее расстояние Z_{ij} получается при сравнении 2-й и 3-й точек исследования. Оно составляет $z_{32}=225,19$ у.е., а наибольшее расстояние – при сравнении 1 и 3 точек ($z_{32}=2106,69$ у.е.).

При общем (суммарном) значении расстояний Z_{ij} между центрами хаотических КА (при сложении всех элементов столбцов) наибольшие отличия были получены в 1 точке (до отъезда девочек в санаторий ЮН) – 5922,27 у.е. абсолютно и 1974,19 у.е. усреднено. Во 2-ой точке исследования, движение хаотического центра резко снижается в 2,2 раза, по сравнению с 1 точкой и составляет суммарно 2632,42 у.е. (до отъезда суммарно 5922,27 у.е.). Этот показатель практически сохраняется после двухнедельного отдыха – 2743,78 у.е. и по возвращению в г. Сургут 2757,77 у.е. Данный результат говорит о существенном отличии состояния СПС всех 7-и параметров и о существенном оздоровительном эффекте пребывания в санатории по параметрам СПС организма девочек.

Выводы:

1. Применение метода расчета параметров квазиаттракторов в m -мерном фазовом пространстве показало, что кратковременное лечение в санатории увеличивает размеры квазиаттрактора частотных характеристик вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Объем КА после отдыха в санаторий ЮН (3 точка) увеличился. Сравнительно с 1-й точкой (приезд в санаторий ЮН), в 6 раз ($VG=9,50 \times 10^8$). Увеличение объема КА показывает у девочек выраженность адаптационных реакций. Однако, после отдыха (4 точка) объем КА резко снижается до уровня 1-й точки ($1,10 \times 10^8$ и $1,54 \times 10^8$ у.е. соответственно). Уменьшение объема КА свидетельствует о стабилизирующем влиянии и хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного пребывания детей в санатории.

2. Аналогичная ситуация наблюдается при рассмотрении результатов расчёта коэффициента асимметрии (zX). Во 2-й точке показатель (zX) резко увеличивается в 2,7 раза по сравнению с 1-й точкой (11032,4 и 4017,2 усл. ед. соответственно) и продолжает повышаться в 3-й точке (11523,8 усл. ед.). В 4-й точке показатель резко уменьшается (4098,9 усл. ед.) и приближается к результату зафиксированном в 1 точке (4017,2 усл. ед.). Это говорит о том, что организм детей до начала лечения и в конце санаторного отдыха находится в определенном состоянии, которое приближается к стохастическому.

3. Анализ результатов расчёта межаттракторных расстояний (Z_h) для четырех кластеров испытуемых показал, что наименьшее расстояние Z_{ij} установлено при сравнении 2-й и 3-й точек исследования, а наибольшее расстояние при сравнении 1-й и 3-й точек. При общем (суммарном) значении, расстояние Z_{ij} во 2-ой точке исследования, резко снижается в 2,2 раза, по сравнению с 1 точкой. Этот показатель практически сохраняется после двухнедельного отдыха и по возвращению в г. Сургут. Данный результат говорит об оздоровительном эффекте пребывания в санатории на организм девочек.

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., 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.
3. 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.
4. Борисова О.Н., Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Юргель Е.Н., Хадарцев А.А., Наумова Э.М. Сочетанное применение коронартеры и гирудотерапии при рефлекторной стенокардии в пожилом возрасте // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №1. С. 95–98.
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. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, №3. С. 14–16.
7. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Новые методы изучения интервалов биологических динамических систем в рамках компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т. 11, №3. С. 5–6.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Вохмина Ю.В. Хаотическая динамика кардиоинтервалов у трёх возрастных групп представителей коренного и пришлого населения Югры // Успехи геронтологии. 2016. Т. 29, № 1. С. 44–51.
13. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Еськов В.В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2016. № 1. С. 3–24.
14. 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.
15. Хадарцев А.А., Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Хадарцева К.А., Гордеева А.Ю. Психонейроиммунологические программы адаптации, как модели дизадаптации у женщин с нарушенным репродуктивным циклом // Фундаментальные исследования. 2012. № 5 (часть 2). С. 359–365.
16. Хадарцев А.А., Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Хадарцева К.А., Фудин Н.А. Патопсихология стресса, как баланс стрессогенных и антистрессовых механизмов // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2012. № 7. С. 16–21.
17. Хадарцев А.А., Исаева Н.М., Субботина Т.И., Яшин А.А. Код Фибоначчи и «золотое сечение» в экспериментальной патопсихологии и электромагнитобиологии: Монография / Под ред. Субботиной Т.И. и Яшина А.А. Москва – Тверь – Тула: ООО «Издательство «Триада», 2007. 136 с.
18. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Гудков А.В., Гудкова С.А., Сологуб Л.А. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 1. С. 38–41.
19. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Хромушин О.В., Честнова Т.В. Обзор аналитических работ с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал). 2011. № 1. Публикация 3-2. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/LitObz.pdf> (дата обращения 16.08.2011).
20. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Бучель В.Ф., Хромушин О.В. Алгоритмы и анализ медицинских данных: учебное пособие. Тула: Тульский полиграфист, 2010. 123 с.
21. 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 kibernetike [Using the methods of the theory of chaos and synergy in modern clinical cybernetics]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)*. 2006;66(8):38-41. Russian.
2. 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 [Stochastic and chaotic approach to the assessment of the impact of meteorological factors on the incidence of the population, of the example of Khanty-Ugra]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2008;15(2):7-9. Russian.
3. 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 [System analysis of daily dynamics of indicators of the cardiovascular system in patients with hypertension]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2008;15(4):208-10. Russian.
4. Borisova ON, Zhivoglyad RN, Khadartseva KA, Yurgel' EN, Khadartsev AA, Naumova EM. Sochetannoe primeneniye koronateriy i girudoterapii pri reflektornoy stenokardii v pozhilom vozraste [Combined use koronateriy and hirudotherapy in reflex angina in the elderly]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2012;19(1):95-8. Russian.
5. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Zuevskaya TV. Girudoterapevticheskoe upravleniye gomeostazom cheloveka pri ginekologicheskikh patologiyakh v usloviyakh severa RF [Girudoterapevticheskoe control homeostasis of human gynecological pathology in the north of the Russian Federation]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2005;12(2):25-7. Russian.
6. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena [Features gestosis and disorders of carbohydrate metabolism]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2006;13(3):14-6. Russian.
7. Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Novye metody izucheniya intervalov biologicheskikh dinamicheskikh sistem v ramkakh kompartmentno-klasternogo podkhoda [New methods for studying biological intervals of dynamic systems within kompartmentno-cluster approach]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2004;11(3):5-6. Russian.
8. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheskii effektivno vnedreniye metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdavookhraneniye [How cost-effective introduction of methods of chaos theory and synergetics in health]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2009;16(1):25-8. Russian.
9. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitiy meditsiny s pozitsiy tret'ey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina - realizatsiya zakonov tret'ey paradigmy v meditsine) [New bioinformatics approaches in the development of medical products with a third paradigm (personalized medicine - the implementation of the third paradigm of law in medicine)]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2012;19(3):25-8. Russian.
10. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiorespiratornoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka [Circadian rhythms indicators of cardiorespiratory system and the biological age of the person]. *Terapevt*. 2012;8:36-43. Russian.
11. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyaniye promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnososudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [The impact of electromagnetic fields on the industrial parameters of the cardiovascular system of the oil and gas industry workers]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016;1:59-63. Russian.
12. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Vokhmina YV. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov u trekh vozrastnykh grupp predstaviteley koren'nogo i prishlogo naseleniya Yugry [Chaotic dynamics of cardio in three age groups, the representatives of the radical and alien population of Ugra]. *Uspekhi gerontologii*. 2016;29(1):44-51. Russian.
13. Zinchenko YP, Es'kov VM, Es'kov VV. Ponyatiye evolyutsii Glensdorfa-Prigozhina i problema gomeostaticeskogo regulirovaniya v psikhofiziologii [The concept of evolution Glansdorff-Prigogine and the problem of homeostatic regulation in psychophysiology]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya*. 2016;1:3-24. Russian.
14. Filatov MA, Filatova DY, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii [Identification of the order parameters in psychophysiology]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2014;2:4-13. Russian.
15. Khadartsev AA, Morozov VN, Karaseva YV, Khadartseva KA, Gordeeva AY. Psikhoneyroimmunologicheskie programmy adaptatsii, kak modeli dizadaptatsii u zhenshchin s narushennym reproduktivnym tsiklom [Psikhoneyroimmunologicheskie adaptation of the program as a model disadaptative in women with impaired reproductive cycle]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012;5(2):359-65. Russian.

16. Khadartsev AA, Morozov VN, Karaseva YV, Khadartseva KA, Fudin NA. Patofiziologiya stressa, kak balans stressogennykh i antistressovykh mekhanizmov [The pathophysiology of stress, as the balance of stress and anti-stress mechanisms]. Vestnik nevrologii, psikiatrii i neyrokhirurgii. 2012;7:16-21. Russian.

17. Khadartsev AA, Isaeva NM, Subbotina TI, Yashin AA. Kod Fibonachchi i «zolotoe sechenie» v eksperimental'noy patofiziologii i elektromagnitobiologii [Code Fibonacci and "golden section" in Experimental Pathophysiology and elektromagnitobiologii]. Monografiya. Pod red. Subbotinoy TI. i Yashina AA. Moscow – Tver' – Tula: OOO «Izdatel'stvo «Triada»; 2007. Russian.

18. Khadartsev AA, Es'kov VM, Gudkov AV, Gudkova SA, Sologub LA. Filosofsko-biofizicheskaya interpretatsiya zhizni v ramkakh tret'ey paradigmy [Philosophical and geophysical interpretation of life in the third paradigm]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;1:38-41. Russian.

19. Khromushin VA, Khadartsev AA, Khromushin OV, Chestnova TV. Obzor analiticheskikh rabot s ispol'zovaniem algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki [Review of analytical work with algebraic model of constructive logic]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (elektronnyy zhurnal). 2011;1. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/LitObz.pdf>.

20. Khromushin VA, Khadartsev AA, Buchel' VF, Khromushin OV. Algoritmy i analiz meditsinskikh dannykh [Algorithms and analysis of medical data]: uchebnoye posobie. Tula: Tul'skiy poligrafist; 2010. Russian.

21. 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;57(6):720-4.

Библиографическая ссылка:

Нифонтова О.Л., Шакирова Л.С., Сорокина Л.С., Ключ И.В. Влияние широтных перемещений на динамику параметров спектральной мощности вариабельности сердечного ритма девочек // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/1-8.pdf> (дата обращения: 21.06.2016). DOI: 10.12737/20306.