I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/18808

МАТРИЦЫ МЕЖАТТРАКТОРНЫХ РАССТОЯНИЙ В ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ШИРОТНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ

Л.С. ШАКИРОВА, Д.В. СИНЕНКО, О.М. ВОРОШИЛОВА, И.В. ИЛЮЙКИНА

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Анализировались параметры сердечно-сосудистой системы школьников в условиях санаторного лечения при широтных перемещениях. Результат проведенного исследования показал, что движение хаотических и стохастических центров при широтных перемещениях мальчиков различается. Кратковременное лечение в санатории сужает размеры квазиаттрактора вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Однако, после отдыха межаттракторное расстояние 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.

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

MEGAFACTORY MATRIX OF DISTANCES IN THE ASSESSMENT OF THE INDICATORS OF THE PARAMETERS OF SPECTRAL POWER OF HEART RATE VARIABILITY IN STUDENTS THE LATITUDINAL MOVEMENT

L.S. SHAKIROVA, D.V. SINENKO, O.M. VOROSHILOVA, I.V. ILYUKHINA

Surgut State University, Str. Lenina, 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. We analyzed the parameters of the cardiovascular system of schoolchildren in the conditions of sanatorium lacenaire latitudinal movements. The result of the study showed that codiene chaotic and stochastic centers in the latitudinal movements of the boys is different. Short-term treatment reduces the size of quasiattractor vector of conditions of the human body and partially normalizes the indicators of the cardiorespiratory system of children. However, after the rest of meattradenewsdaily 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 megafactory of distances in m-dimensional phase space provides some quantitative evaluation of adaptive reserves of the body.

Key words: heart rate variability, cardiovascular system, adaptation.

Введение. Адаптация организма учащихся к действию различных климатоэкологических факторов является важной характеристикой параметров функционального состояния организма. Преимущественное влияние в исследовании адаптационных сдвигов обычно уделяется *сердечно-сосудистой системе* (ССС), обладающей высокой лабильностью к изменяющимся условиям внешней среды. Степень активности ССС может зависеть от работы орга-

низма в целом, его реакций на влияние разного рода внешних факторов [1-15].

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.

Сведения о важнейших особенностях колебаний (частота и мощность на каждой частоте) сердечных сокращений утрачиваются при использовании результатов временного анализа. Однако, эти величины могли бы позволить судить о характере и интенсивности потоков сигналов вегетативной нервной системы, поступающих к синусовому узлу. Применение спектрального анализа в исследованиях позволяет выделить из сложного колебания, его исходные, более простые, это устанавливается по анализу их частот и интенсивности. Такой частотный анализ показывает соотношение разных компонентов сердечного ритма, отражающее активность определенных звеньев регуляторного механизма ССС [5-9,12-16].

Целью исследования является изучение влияния широтных перемещений на процесс изменения динамики функциональных систем организма школьников. При этом, в условиях широтного перемещения на примере ССС мы изучаем динамику параметров ССС с позиции *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) [14-18].

Объекты и методы исследования. В ходе проведения настоящего исследования использованы результаты мониторингового обследования состояния сердечно-сосудистой системы 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 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). Регистрация параметров сердечно-сосудистой системы обследуемых производилась в шестимерном фазовом пространстве состояний общего вектора состояния ССС (ВСС) в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, ..., x_m)^T$, где m=7. Эти координаты x_i состояли из: x_1 – *VLF* – спектральная мощность очень низких частот, мс^2; x_2 – *LF* – сспектральная мощность низких частот, мс^2; x_3 – *HF* – спектральная мощность высоких частот, мс^2; x_4 – *Total* – общая спектральная мощность, мс^2; x_5 – LF (р) – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_6 – *HF* (р) – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_7 – *LF/HF* – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной. Для учёта элементов хаоса в динамике параметров ССС нами использовались методы теории хаоса-самоорганизации, которые обеспечили расчёт матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} для всех квазиаттракторов. Результаты обработки данных показателей ССС мальчиков в условиях широтных перемещениях представлены ниже.

Обсуждение полученных результатов. Анализ расстояний Z_{kf} между стохастическими центрами *квазиаттрактора* (КА) спектральных показателей показал (табл. 1), что наименьшее расстояние отме-

чено при сравнении 2 и 3 точки исследования и составляет z_{23}=487,92 у.е, наибольшее Z_{kf} установлено при сравнении мальчиков 2 и 4 точки – z_{42}=7872,81 у.е.

Таблица 1

Матрица идентификации расстояний (Z_g, у.е.) между стохастическими центрами квазиаттракторов спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы организма мальчиков (*n*=25) при широтных перемещениях в 6-ти мерном фазовом пространств

Точка исследования,у.е.	1	2	3	4	сумма	среднее
1	z_{11}=0,00	z_{12}=6368,33	z_{13}=5997,78	z_{14}=2343,71	14709,82	4903,27
2	z_{21}=6368,33	z_{22}=0,00	z_{23}=487,92	z_{24}=7872,81	14729,06	4909,67
3	z_{31}=5997,78	z_{32}=487,92	z_{33}=0,00	z_{34}=7485,81	13971,51	4657,17
4	z_{41}=2343,71	z_{42}=7872,81	z_{43}=7485,81	z_{44}=0,00	17702,33	5900,78

При общем суммарном значении (сложении всех элементов столбцов) расстояний Z_{kf} наибольшие отличия были получены для 4-й точки исследования (17702,33 абсолютно и 5900,78 усреднено), в 3-й точке исследования наблюдается снижение межаттракторного расстояния (13971,51 абсолютно и 4657,17 усреднено), а в 1-й и 2-й точках расстояния почти не отличаются (14709,82 и 14729,06 соответственно). Небольшие межаттракторные расстояния отмечаются у мальчиков, когда они пребывают на отдыхе, что говорит об оздоровительном эффекте отдыха на организм. Однако, в 4-й точке расстояние снова увеличивается, что говорит об особенностях влияния возвращения в Югру, когда после отдыха произошли значимые перестройки и в организме ребенка.

Параметр Z_{ij} – расстояния между (*i*-ми, *j*-ми) между центрами хаотических квазиаттракторов двух изучаемых групп (компартментов) испытуемых. Анализируя полученные результаты расчёта межаттракторных расстояний для четырех кластеров испытуемых мальчиков, наименьшее *Zij* установлено при сравнении 2-й и 3-й точек исследования и составляет z_{23}=839,27 у.е., а наибольшее расстояние при сравнении 1-й точки с 4-й точкой исследования – z_{41}=2873,56 у.е. При общем (суммарном) значении расстояний *Zij* между центрами хаотических квазиаттракторов (при сложении всех элементов столбцов) наибольшие отличия были получены у мальчиков после отдыха (приезд в г. Сургут из санатория ЮН) – 7074,97 абсолютно и 2358,32 усреднено. При сравнении 4-й точки исследования со 1-й и 2-ей и 3-ой точками исследования отмечаются наибольшие межаттракторные расстояния. Небольшие межаттракторные расстояния отмечаются у мальчиков, когда они пребывают на отдыхе (2 и 3 точка).

Анализ табл. 1 и 2 показал, что движение хаотических и стохастических центров при широтных перемещениях мальчиков различается. По приезду на отдых движении хаотического центра немного снижается и составляет 4259,2 (до отъезда 5403,96), а после двухнедельного отдыха становится еще меньше – 4151,14. Однако, по возвращению в г. Сургут увеличивается в 1,3 раза (составляет 7074,97) по сравнению с результатами полученными до отъезда на отдых (1 точка – 5403,96).

Полученный результат говорит о недостаточной сформированности у мальчиков адаптационных механизмов, а также о существенном напряжении регуляторных процессов и степени рассогласования параметров функциональных систем организма при широтных перемещениях. Межаттракторные расстояния, оценивающие движение стохастического центра, наоборот, вначале демонстрируют небольшое повышение расстояний (2 точка 14729,06 абсолютно 1 точка 14709,82), а потом снижение при широтном перемещении (3 точка – 13971,51), а по возвращении в г.Сургут повышается в 1,2 раза по сравнению с результатами полученными до отъезда на отдых (1 точка – 14709,82). Это также свидетельствует о напряжении функциональных резервов организма мальчиков, возникающих при широтных перемещениях при возвращении на постоянное место проживание (в определённом смысле это стрессовая ситуация для этих детей).

Таблица 2

Матрица идентификации расстояний (Z_h, у.е.) между хаотическими центрами квазиаттракторов спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы организма мальчиков (n=25) при широтных перемещениях в 6-ти мерном фазовом пространств

Точка исследования,у.е.	1	2	3	4	сумма	среднее
1	z_{11}=0,00	z_{12}=1624,51	z_{13}=905,89	z_{14}=2873,56	5403,96	1801,32
2	z_{21}=1624,51	z_{22}=0,00	z_{23}=839,27	z_{24}=1795,42	4259,2	1419,73
3	z_{31}=905,89	z_{32}=839,27	z_{33}=0,00	z_{34}=2405,98	4151,14	1383,71
4	z_{41}=2873,56	z_{42}=1795,43	z_{43}=2405,98	z_{44}=0,00	7074,97	2358,32

Выводы:

1.Анализ параметров показал, что движение хаотических и стохастических центров при широтных перемещениях мальчиков различается. По приезду на отдых движение хаотического центра немного снижается и составляет (Z_h=4259,2 у.е.), а после двухнедельного отдыха становится еще меньше (Z_h=4151,14 у.е.). Однако, эта величина по возвращению в г. Сургут увеличивается в 1,3 раза по сравнению с результатами полученными до отъезда на отдых. Межаттракторные расстояния при движении стохастического центра, наоборот, вначале наблюдается небольшое повышение расстояний (Z_g=14729,06 у.е.), а потом снижение при широтном перемещении. После отдыха (4 точка) межаттракторное расстояние повышается в 1,2 раза.

2. На основе метода расчёта матриц межаттракторных расстояний мы показали, что кратковременное лечение в санатории сужает размеры квазиаттрактора вектора состояний организма человека и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Однако, после отдыха (4 я точка- приезд в г. Сургут) межаттракторное расстояние увеличивается, что говорит о недостаточной сформированности адаптационных механизмов у учащихся, а также существенном напряжении регуляторных процессов. При этом степень рассогласования параметров функциональных систем организма нарастает. Это говорит о том, что за короткий промежуток времени (2 недели) отдыха с позиции стохастики не произошло значимых перестроек в организме ребенка, т. к. основная масса детей пребывала в длительном тоническом (псевдонорме) состоянии, которое, как правило, снижает барьеры патологий и, как следствие, ребенок часто болеет.

3. Метод расчёта матриц межаттракторных расстояний в m-мерном фазовом пространстве предоставляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма. Расчёт параметров КА 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.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.

2. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глущук 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. 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.

4. Адайкин В.А., Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Полухин В.В. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14, № 3. С. 17–19.

5. Ануфриев А.С., Еськов В.М., Назин А.Г., Полухин В., Третьяков С.А., Хадарцева К.А. Медико-биологическая трактовка понятия стационарнных режимов биологических

динамических систем // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 1. С. 29–32.

6. 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.

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. Гавриленко Т.В., Баженова А.Е., Балтикова А.А., Башкатова Ю.В., Майстренко Е.В. Метод многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики тремора // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-5. URL: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf (Дата обращения: 15.04.2013).

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

11.Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 336.

12.Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Папшев В.А., Попов Ю.М., Пашнин А.С. Системный анализ и компьютерная идентификация синергизма в биологических динамических системах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. Т. 4, № 1. С. 108-111.

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

14.Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.

15.Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дрожжин Е.В., Живогляд Р.Н. Разработка и внедрение новых методов теории хаоса и самоорганизации в медицину и здравоохранение // Северный регион: наука, образование, культура. 2013. № 1 (27). С. 150–163.

16.Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем. Том XI / Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., [и др.]. Самара: Офорт, 2014. 192 с.

17.Живогляд Р.Н. Системный компартментно-кластерный анализ и управление гомеостазом человека путем гирудотерапевтических воздействий: Диссертация д.м.н. Тула: ГОУВПО "Тульский государственный университет", 2005.

18.Карпин В.А., Башкатова Ю.В., Коваленко Л.В., Филатова Д.Ю. Состояние сердечно-сосудистой системы тренированных и нетренированных студентов с позиции стохастики и теории хаоса // Теория и практика физической культуры. 2015. № 3. С. 83–85.

19.Карпин В.А., Еськов В.М., Филатов М.А., Филатова О.Е. Философские основания теории патологии: проблема причинности в медицине // Философия науки. 2012. № 1 (52). С. 118–128.

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

21.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.

22.Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the chaos) in biomedical systems // Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013. Т. 3, № 2. С. 67–74.

References

1. Adaykin VI, Braginskiy MYa, 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.

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. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

3. Adaykin VA, Dobrynina IYu, Dobrynin YuV, Es'kov VM, Lazarev VV. Ispol'zovanie metodov teorii khaosa i sinergetiki v sovremennoy klinicheskoy kibernetike. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk). 2006;66(8):38-41. Russian.

4. Adaykin VA, Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozdovich EA, Polukhin VV. Otsenka khaotichnoy dinamiki parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka s narusheniyami uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):17-9. Russian.

5. Anufriev AS, Es'kov VM, Nazin AG, Polukhin V, Tret'yakov SA, Khadartseva KA. Mediko-biologicheskaya traktovka ponyatiya statsionarnnykh rezhimov biologicheskikh dinamicheskikh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):29-32. Russian.

6. Borisova ON, Zhivoglyad RN, Khadartseva KA, Yurgel' EN, Khadartsev AA, Naumova EM. Sochetannoe primenenie koronatery i girudoterapii pri reflektornoy stenokardii v pozhilom vozraste. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(1):95-8. Russian.

7. Vedyasova OA, Es'kov VM, Filatova OE. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz mekhanizmov ustoychivo-sti dykhatel'noy ritmiki mlekopitayushchikh. Samara: Ofort; 2005. Russian.

8. Gavrilenko TV, Bazhenova AE, Baltikova AA, Bashkatova YuV, Maystrenko EV. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2013[cited 2013 Apr 15];1[about 4 p.]. Russian. Available from: http://www.medtsu. tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf.

9. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.

10.Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opg-gestozom v usloviyakh severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.

11.Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii A.M. Lyapunova. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.

12.Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Papshev VA, Popov YuM, Pashnin AS. Sistem-nyy analiz i komp'yuternaya identifikatsiya sinergizma v biologicheskikh dinamicheskikh sistemakh. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2005;4(1):108-11. Russian.

13.Es'kov VM, Nanchenko EA, Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV. Parametry kvaziattraktorov povedeniya vektora sostoyaniya organizma plovtsov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):24-6. Russian.

14.Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYu. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

15.Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozhzhin EV, Zhivoglyad RN. Razrabotka i vnedrenie novykh metodov teorii khaosa i samoorganizatsii v meditsinu i zdravookhranenie. Severnyy region: nauka, obrazovanie, kul'tura. 2013;1(27):150-63. Russian.

16.Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlo-va VV, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i me-ditsine. Tom XI Sistemnyy sintez para-metrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

17.Zhivoglyad RN. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz i upravlenie gomeostazom cheloveka putem girudoterapevticheskikh vozdeystviy [dissertation]. Tula (Tula region): GOUVPO "Tul'skiy gosudarstvennyy universitet"; 2005. Russian.

18.Karpin VA, Bashkatova YuV, Kovalenko LV, Filatova DYu. Sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy trenirovannykh i netrenirovannykh studentov s pozitsii stokhastiki i teorii khaosa. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2015;3:83-5. Russian.

19.Karpin VA, Es'kov VM, Fila-tov MA, Filatova OE. Filosofskie osno-vaniya teorii patologii: problema prichin-nosti v meditsine. Filosofiya nauki. 2012;1(52):118-28. Russian.

20. Rusak S.N., Molyagov D.I., Bikmukhametova L.M., Filatova O.E. Bioinformatsionnye tekhnologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassi-ka. 2014;3:24-8. Russian.

21.Filatov MA, Filatova DYu, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. russin.

22.Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Filatova OE. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the chaos) in biomedical systems. Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013;3(2):67-74.

DOI: 10.12737/18809

СТОХАСТИЧЕСКАЯ И ХАОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРЕМОРОГРАММ ИСПЫТУЕМОГО В УСЛОВИЯХ НАГРУЗКИ

А.Е. БАЖЕНОВА, К.П. ЩИПИЦИН, А.А. ПАХОМОВ, О.Б. СЕМЕРЕЗ

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Изучены особенности хаотической динамики поведения амплитудно-частотных характеристик тремора и параметров квазиаттракторов микродвижений конечностей человека без нагрузки и в условиях воздействия статических нагрузок. Установлено, что нагрузка приводит к абсолютному преобладанию амплитуды горизонтальных перемещений в области низких частот. Показана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств, для идентификации реальных изменений параметров функционального состояния организма. Основываясь на методах расчета параметров квазиаттракторов, в качестве количественной меры реакции организма на изменения, использовались их площади в двухмерном фазовом пространстве. Конкретно, статическая нагрузка приводит к значительному увеличению площади квазиаттрактора, как в отдельных случаях (от $0{,}26\times10^{-6}\pm0{,}14\times10^{-6}$ у.е. до $1{,}24\times10^{-6}\pm0{,}59\times10^{-6}$ у.е. при нагрузке в 300 г), так и во всех измерениях (от $0{,}20\times10^{-6}\pm0{,}16\times10^{-6}$ у.е. до $1{,}31\times10^{-6}\pm1{,}06\times10^{-6}$ у.е. при нагрузке в 300 г).

Ключевые слова: статическая нагрузка, треморограмма, квазиаттрактор, матрица.

STOCHASTIC AND CHAOTIC ASSESSMENT OF HUMAN TREMOROGRAMMS IN LOAD CONDITIONS

A.E. BAZHENOVA, K.P. SHCHIPITSIN, A.A. PAHOMOV, O.B. SEMEREZ

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

Abstract. It was investigated the specific of chaotic dynamic of amplitude-frequency tremor characteristics and quasiattractor behavior of human moving with some physical static load and without it. It was found that, the static load provide to absolute predominance of amplitude of horizontal movement in the low-frequency. It was presented the feasibility of application of the method of multidimensional phase spaces, for the identification of the actual changes in the parameters of the functional state of the organism. We based on the methods of calculating the quasiattractor parameters as a quantitative measure of the body's reaction to changes, and used quasiattractor square in two-dimensional phase space. Specifically, the static load provide to significant increase of the area of quasiattractor in single case (from $0{,}26\times10^{-6}\pm0{,}14\times10^{-6}$ to $1{,}24\times10^{-6}\pm0{,}59\times10^{-6}$ with load of 300 g), also in whole experiment (from $0{,}20\times10^{-6}\pm0{,}16\times10^{-6}$ to $1{,}31\times10^{-6}\pm1{,}06\times10^{-6}$ with load of 300 g).

Key words: static load, tremorogramm, quasiattractor, matrix.