

УДК 57.043

**ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
ЧЕЛОВЕКА В ОТВЕТ НА ШУМОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Д.А. ДЕГТЯРЕВ*, Д.К. БЕРЕСТИН*, А.Ю. ВАСИЛЬЕВА*, В.Н. ЯРМУХАМЕТОВА*,
К.А. ХАДАРЦЕВА**

*Сургутский государственный университет, 628412, ХМАО–Югра,
Тюменская обл., г. Сургут, пр-т Ленина, 1

**Медицинский институт, Тульский государственный университет, г. Тула, ул. Болдина, 128

Аннотация: методами теории хаоса-самоорганизации и методами классической статистики изучалось поведение вектора состояния сердечно-сосудистой системы человека в ответ на различные акустические воздействия. Были выявлены общие закономерности в поведении вектора состояния сердечно-сосудистой системы человека и системы при различных акустических воздействиях. Наблюдения производились на студентах г. Сургута. Методами теории хаоса-самоорганизации показаны различия в параметрах квазиаттракторов вектора состояния сердечно-сосудистой системы человека в ответ на различные виды музыкальных произведений. Произведено сравнение с результатами классической статистики.

Ключевые слова: квазиаттрактор, вариабельность сердечного ритма, вектор состояния системы, музыка.

**CHAOTIC DYNAMICS OF PARAMETERS OF THE CARDIO-VASCULAR SYSTEM OF HUMAN IN
RESPONSE TO VARIOUS ACOUSTIC EFFECTS**

D.A. DEGTYAREV, D.K. BERESTIN, A.Y. VASILIEVA, V.N. YARMUHAMETOVA,
K.A. KHADARTSEVA

*Surgut State University, Phone: +7 932 4038276, e-mail: karmacurator@mail.com
Medical Institute, Tula State University*

Abstract: Methods of the theory of chaos-selforganization and methods of classical statistics, investigated the behavior of the human state vector in response to various acoustic effects were identified common patterns in the behavior of the human state vector and the human cardiovascular system with various acoustic effects on students of Surgut. Were shown the differences in assessing the dynamics of the behavior of the human state vector using the theory of chaos-selforganization and classical statistics.

Key words: quasiattractor, heart rate variability, system state vector, music.

Введение. В современном мире весьма актуальна проблема изучения комфортности среды обитания и среди этих параметров комфортности весьма важной является проблема внешних акустических воздействий (начиная от производственного шума и кончая различными музыкальными произведениями). Внешняя среда формирует экологические проблемы или, наоборот, повышает экологическую безопасность. Основное внимание, в части неблагоприятных экологических факторов, всегда сосредоточено на параметрах воздуха, источниках пищи и воды, радиационном фоне и в меньшей степени экология человека изучает световые и акустические (шумовые) загрязнения окружающей среды.

Под акустическим загрязнением понимают внешний раздражающий шум техногенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность живых организмов и человека. Негативное влияние акустических сигналов высокой мощности на организм человека хорошо известно, но до сих пор нет четкого понимания влияния акустических сигналов малой мощности на функциональные системы организма. Мало изучена проблема реакций *сердечно-сосудистой системы* (ССС) на шумовые воздействия различной мощности.

Цель исследования – изучение особенностей хаотической динамики поведения параметров ССС человека на основе изучения влияния звука на вариабельность сердечного ритма.

Объект и методы исследований. В качестве источника звука использовались источники акустических сигналов в комфортных пределах интенсивности (ниже болевых порогов, индивидуально). Для проведения эксперимента была отобрана группа испытуемых (студенты г. Сургута) в количестве 37 человек и возрасте от 20 до 22 лет. Перед экспериментом все испытуемые были опрошены на наличие тех или иных патологий, таковых не оказалось, т.е. все испытуемые на момент проведения эксперимента были здоровы. Эксперимент проводился в 2 этапа. На первом этапе у испытуемых регистрировались параметры ССС в спокойном состоянии (при отсутствии активного акустического воздействия). На втором этапе испытуемым было предложено прослушать запись «белого» шума и при этом регистрировались параметры ССС.

Между этапами испытуемым предоставлялось время на восстановление более 15 мин, что подтверждалось анализом variability сердечного ритма. Необходимо отметить, что акустическое воздействие осуществлялось на среднем уровне громкости, при котором испытуемые не испытывали дискомфорта, связанного с высокой интенсивностью звукового потока. Информация о состоянии параметров variability сердечного ритма была получена с использованием пульсоксиметра ЭЛОКС-01 М. В устройстве ЭЛОКС-01 М используется фотооптический датчик, с помощью которого регистрируется пульсовая волна с одного из пальцев испытуемого в положении сидя, в течении 5 мин интервала.

Протокол регистрации данных доступен при помощи специализированной программы обработки данных. Далее, данные обрабатывались методами теории хаоса-самоорганизации, до построения *квазиаттракторов* (КА), расчета их площади V_G с целью определения уровня variability сердечных сокращений. В качестве основного параметра использовались значения межпульсных интервалов сердечных сокращений. Для сравнительного анализа использовались статистические методы обработки данных, в частности были рассчитаны значения энтропии Шеннона.

Результаты и их обсуждение. С позиций теории хаоса-самоорганизации механизмы регуляции параметров кардиоинтервалов должны представлять хаотическую динамику поведения эффекторных систем (в данном случае это нейровегетативная регуляция частоты сердечных сокращений (ЧСС) у испытуемых состоянием.

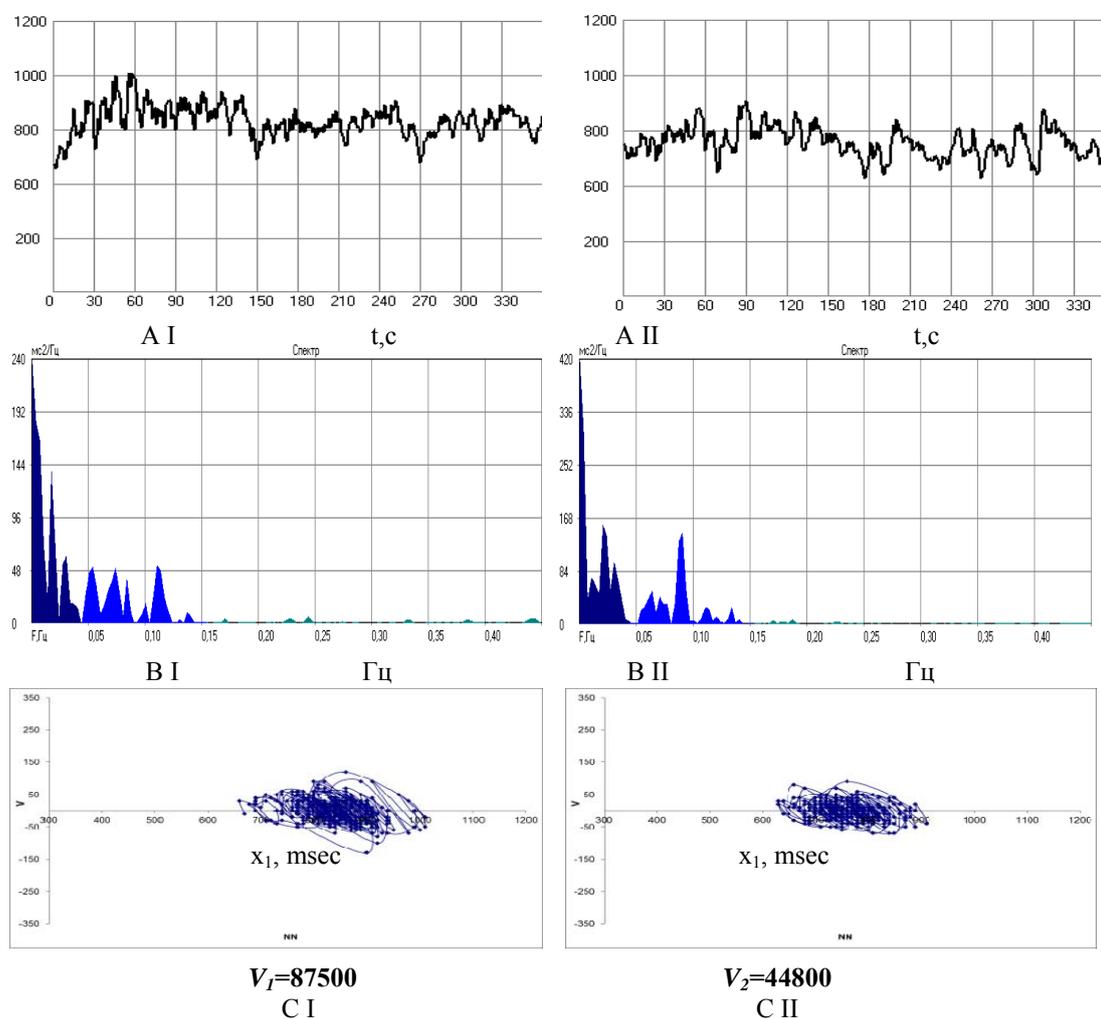


Рис. 1. Быстрое Фурье преобразование кардиоинтервалов в виде графика $x_1=x_1(t)$, где x – величина межпульсных интервалов по данным пульсоинтервалографии – А, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) сигнала $x_1(t)$ – В, фазовый портрет сигнала на плоскости с координатами x_1 и $x_2=dx_1/dt$ – С, для испытуемого ЮСУ: I в спокойном состоянии (без внешних акустических воздействий); II под воздействием «белого» шума. Здесь $V_1=87500$ представляет исходный объем квазиаттрактора ССС, $V_2=44800$ – объем квазиаттрактора ССС в период шумового воздействия

Представляется, что внешний раздражитель для слухового анализатора должен вызывать определенную реакцию ССС, параметры которой и будут характеристиками состояния организма на подобные внешние раздражители. Эти реакции могут быть в виде: «внимание», «боль», «стрессовый стимул» и т.д. В наших исследованиях мы представляем типичные реакции со стороны систем регуляции ССС на внешние раздражители.

На рис. 1 представлена реакция ССС человека на воздействие «белого» шума в сравнении со спокойным.

У всех испытуемых во время прослушивания записи «белого» шума наблюдается выраженная реакция на акустическое воздействие со стороны ССС. Фактически, организм человека переходит в режим некоторого напряжения, ЧСС повышается, уровень вариабельности сердечных сокращений снижается. На рис. 1 из графика АЧХ видно, что в период прослушивания «белого» шума происходит некоторое смещение максимума частот из зоны низких значений в зону средних частот. Изменение параметров хаотической динамики легко наблюдать на изменении геометрии и конфигурации квазиаттрактора фазовой плоскости. Одновременно изменяются характеристики квазиаттракторов (значения площадей КА), которые представлены в табл. 1.

Для сравнения полученных результатов в рамках ТХС был проведен расчет стохастической оценки хаотической динамики – получены значения энтропии Шеннона (табл. 1) и построенные гистограммы распределения частот попадания регистрируемых кардиоинтервалов NN (в msec) в один из 30 интервалов разбиения рис.2.

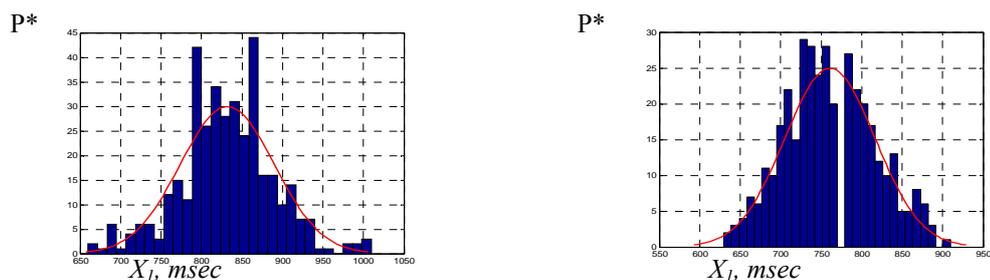


Рис.2. Распределение значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона испытуемой ЮСУ: I) в спокойном состоянии; II) Под воздействием «белого» шума.

Таблица 1

Значения энтропии Шеннона и площадей квазиаттракторов в спокойном состоянии под воздействием «белого» шума

	В спокойном состоянии	«Белый» шум
Площадь КА V_G (y.e.)	87500	44800
Энтропия Шеннона Ssh	3.9647	4.1232

Из табл.1 видно, что при прослушивании «белого» шума площадь квазиаттрактора уменьшается, а значение энтропии возрастает. Площадь КА у испытуемых сокращается в среднем от 15 до 60% (в зависимости от способности человека сопротивляться негативным воздействиям), что свидетельствует о повышении уровня упорядоченности в режиме работы сердечного ритма. Значения энтропии демонстрируют обратную динамику, что идет в противовес с наблюдаемой картиной и физиологией.

Заключение. Любое направленное акустическое воздействие изменяет значения параметров ВСР, об этом свидетельствуют и изменения площади квазиаттракторов, спектрограммы и значения энтропии Шеннона. При воздействии «белого» шума реакция ССС испытуемых переходит в режим некоторого напряжения. Показано, что при наличии выраженного ритма в акустическом сигнале происходит навязывание его ССС человека, значительно снижается ВСР. Кроме этого показано разнонаправленность результатов полученных методами классической статистики и теории хаоса-самоорганизации.

Литература

1. Антонец, В.А. Статистическое моделирование произвольных микроколебаний конечности / В.А. Антонец, Э.П. Ковалева // Биофизика.– 1996.– Т.41.– С.704–710.
2. Еськов, В.М. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем / В.М.Еськов, И.В. Буров, О.Е. Филатова, А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– Т.19.– №1.– С.15–18.
3. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы / В.М. Еськов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– Т.19.– №1.– С.38–41.
4. Динамика квазиаттракторов параметров произвольных микродвижений конечностей человека как реакция на локальные термические воздействия / В.М. Еськов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– Т. XIX.– № 4.– С. 26–29.