Электронное издание

УДК 57.043

МНОГОМЕРНАЯ ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ТРЕМОРА В ОЦЕНКЕ РЕАКЦИИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

А.А.БАЛТИКОВА, А.Е.БАЖЕНОВА, Ю.В. БАШКАТОВА, В.А. КАРПИН, Н.П. ГОРЛЕНКО

ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры», г. Сургут, проспект Ленина, 1, Тел.: +79226545788, e-mail: taras.gavrilenko@gmail.com

Аннотация: показана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств непроизвольного микродвижения в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на динамическую физическую нагрузку. В качестве меры состояния нервно-мышечной системы человека (до нагрузки и после нагрузки) используют квазиаттракторы движения вектора состояния системы в двухмерном фазовом пространстве состояний.

Ключевые слова: квазиаттрактор, вектор состояния системы, тремор, многомерные фазовые пространства.

MULTIDIMENSIONAL CHAOTIC DYNAMICS OF THE TREMOR IN THE ASSESSMENT OF REACTION OF NEUROMUSCULAR SYSTEM OF THE PERSON ON PHYSICAL ACTIVITY

A.A. BALTIKOVA, A.E. BAZHENOVA, U.V. BASHKATOVA, V.A. KARPIN, N.P. GORLENKO

Surgut State University
Phone: +79226545788, e-mail: taras.gavrilenko@gmail.com

Abstract: Practical possibility of application of a method of multidimensional phase spaces of involuntary micromovement in an assessment of reaction of neuromuscular system of the person on dynamic physical activity is shown. As a measure of a condition of neuromuscular system of the person (before loading and after loading) uses quasiattractors of movement of a vector of a condition of system in two-dimensional phase space of conditions.

Key words: quasiattractor, the state vector, tremor, multi-dimensional phase space.

Введение. В последние годы развернулась активная дискуссия вокруг проблемы произвольности и непроизвольности движений. Поводом для этого послужила известная статья в журнале «Nature», отрицающая возможность выносить какие-либо решения по динамике поведения нервно-мышечной системы как анализе биоэлектрической активности ее отдельных элементов [4]. В настоящем сообщении предлагается определенный выход из возникающей коллизии путем перехода к регистрации общей хаотической динамики поведения эффекторных систем на примере организации якобы непроизвольного движения — тремора. Доказывается, что любой постуральный тремор является суперпозицией произвольного и непроизвольного движения. Предлагается метод оценки степени произвольности в организации постурального тремора (непроизвольного движения).

Цель исследования – изучение особенности динамики поведения параметров квазиаттракторов, описывающих микродвижений конечности человека в ответ на динамическую физическую нагрузку.

Объект и методы исследования. В исследованиях приняла участие группа из 30 человек тренированных и 30 человек нетренированных студентов, которым предлагалась динамическая физическая нагрузка в виде 30 приседаний за 30 секунд. Все испытуемые на момент проведения эксперимента находились в хорошей физической форме. Методом многомерных фазовых пространстве состояний (ФПС) производились расчеты параметров квазиаттраметоров (КА) на основе измерения тремора до нагрузки и после у испытуемых. Параметры постурального тремора (удержание пальца руки в данной точке пространства) регистрировались с помощью специального биомеханического регистратора. Последний включал: металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и компьютер с программным обеспечением. Запатентованная программа ЭВМ [2, 3] обеспечивала регистрацию треморограммы, построение ее амплитудно-частотных характеристик и построения КА движения ВСС в двухмерном ФПС [1].

Результаты и их обсуждение. В качестве фазовых координат, помимо координаты x_1 =x(t) перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца x_2 =v(t)= dx_1/dt . Тогда фазовые плоскости динамики тремора пальца испытуемого до динамической физической нагрузки приняли вид KA, представленных на рис.1 а,б. На этом рисунке имеются и значения площадей KA S_1 и S_2 до нагрузки испытуемых.

Электронное издание

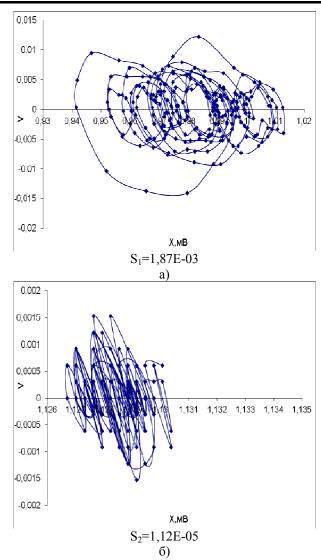


Рис.1. Фазовые портреты тремора пальцев руки испытуемых до физической нагрузки и соответствующие значения S площадей KA: а) спортсмена A; б) нетренированного студента Б.

Однако, важным критерием при определении физической подготовки испытуемого является степень изменения площади КА после динамической физической нагрузки (в нашем случае это было 30 приседаний за 30 секунд. Легко видеть, что фазовые портреты динамики микроперемещения пальца кисти руки после динамической физической нагрузки спортсмена A и нетренированного студента B с соответствующими значениями площадей B3 и B4 KA, которые представлены на рис.2.а и 2.б демонстрируют характерные относительные изменения после нагрузки.

При существенном отличии значений площадей КА до физической нагрузки, у этих испытуемых после физической нагрузки площади КА увеличивались в 2,04 раза у первого испытуемого (спортсмена) и в 40 раз у нетренированного испытуемого. Одновременно при этом увеличился разброс регистрируемых значений в ФПС (система стремится к перемешиванию) [4-6].

Для наглядного представления динамики поведения оба КА до физической нагрузки и после для спортсмена А и для нетренированного студента Б можно объединить в единый график с обозначением соответствующих хаотических центров, что представлено на рис.3. Очевидно, что до нагрузки квазиаттракторы пересекались, а после резко ограничили свои положения ФПС. Такая динамика характерна для всех испытуемых.

При помощи ФПС, описывающих динамику поведения вектора состояния нейро-мышечнойистемы испытуемых, можно оценить степень физической подготовленности студентов-спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта и нетренированных лиц. В первом случае после динамической нагрузки (30 приседаний за 30 сек) у спортсменов увеличивается площадь КА в 2,04 раза, в то время как у нетренированных студентов КА увеличивается в 40 раз. (табл. 1.).

Электронное издание

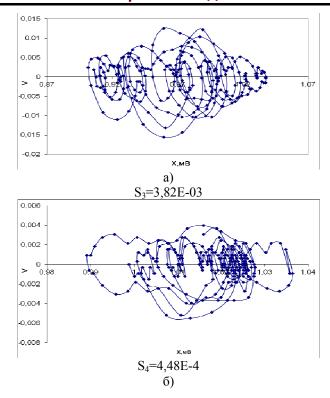
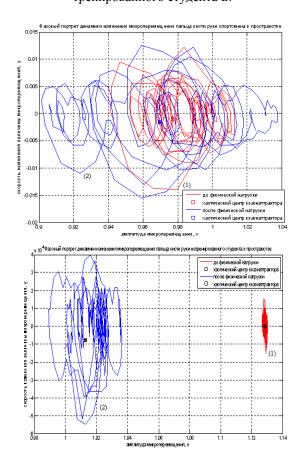


Рис. 2. Фазовые портреты микродвижения пальца кисти руки испытуемых после динамической физической нагрузки (30 приседаний за 30 секунд) и соответствующие значения площадей КА: а) спортсмена А; б) нетренированного студента Б.



Puc.3. Совмещенный фазовый портрет динамики поведения КА до (1) и после (2) динамической нагрузки; а) спортсмена А.; б) нетренированного студента Б.

Электронное издание

Таблииа 1

Значения площадей квазиаттракторов до и после физической динамической нагрузки

Площадь квазиаттрактора	Спортсмен-баскетболист	Нетренироанный студент
До физической динамической нагрузки	1,87E-03	1,12E-05
После физической динамической нагрузки	3,82E-03	4,48E-04

Заключение. Состояние параметров тремора у испытуемых до воздействия (в виде приседаний) и после существенно различаются. За счет выполненной динамической физической нагрузки у тренированных увеличиваются амплитуды низкочастотных характеристик и наблюдается некоторое увеличение амплитуд по всему диапазону частот. При рассмотрении сигнала на фазовой плоскости регистрируется увеличение площади КА во всех группах испытуемых, но кратно (на порядок) это выражено для нетренированных. Параметры КА в ФПС, описывающие динамику поведения вектора состояния нервно-мышечной системы испытуемых, позволяют оценить степень физической подготовленности студентов — спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта и нетренированных лиц. У спортсменов после динамической нагрузки (30 приседаний за 30 сек) степень увеличения площади КА всегда сравнительно невелика (объем увеличивается в 2-3 раза), чем у нетренированных студентов (у них — десятикратные увеличения). Эти относительные изменения является индивидуальной характеристикой испытуемых, характеристикой степени его тренированости или детренированности.

Литература

- 1. *Еськов, В.М.* Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2000610599 РОСПАТЕНТ. Алгоритм анализа нормального или патологического изменения треморограмм человека в условиях статических и динамических нагрузок / В.М. Еськов, М.Я. Брагинский.— Москва, 2000.
- 2. *Еськов, В.М.* Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613212 РОСПАТЕНТ. Программа идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m-мерном фазовом пространстве / В.М. Еськов, М.Я. Брагинский, С.Н. Русак, А.А. Устименко, Ю.В. Добрынин.— М., 2006.
- 3. Сравнение параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния организма тренированных и нетренированных студентов / ЕськовВ.М. [и др.] // Теория и практика физической культуры.— 2011.— № 10.— С. 92—94.
 - 4. Neural population dynamics during reaching / M. Mark [et al.]// Nature.— Vol. 487.—2012.— P.51–58.