

**ПРЕДСТАВЛЯЕМ ДВА ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДА ИЗ МАТЕРИАЛОВ
III-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И ТРЕТЬЯ ПАРАДИГМА»,
которая проводится в рамках разработки глобального подхода:
«ТЕОРИЯ ХАОСА И СИНЕРГЕТИКИ (САМООРГАНИЗАЦИИ) В НАУЧНОМ
ПОЗНАНИИ МИРА»**

**THE THIRD INTERNATIONAL SCIENCE CONFERENCE
“BIOMEDICAL SCIENCES AND THIRD PARADIGM”**

Состоялась в марте 2013 г. в г. Хургада (Египет)

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели: член - корр. РАН *Иваницкий Г.Р.*; член - корр. РАН *Розенберг Г.С.*

Зам. председателей: акад. ЕАЕН, АМТН, ЗДН РФ, проф. *Еськов В.М.*; акад. ЕАЕН, АМТН, ЗДН РФ, проф. *Хадарцев А.А.*

Члены Оргкомитета: акад. РАН *Степин В.С.*; член - корр. РАН *Рубин А.Б.*; член - корр. РАН *Фесенко Е.Е.*; акад. РАМН *Судаков К.В.*; акад. РАМН *Зилов В.Г.*; член - корр. РАМН *Фудин Н.А.*; акад. ЕАЕН, проф. *Карпин В.А.*; акад. ЕАЕН, проф. *Тыминский В.Г.*; д.ф. - м.н., проф. *Малинецкий Е.Г.*; д.ф. - м.н., проф. *Смолянинов В.В.*; д.п.н., проф. *Косенок С.М.*; д.б.н., проф. *Филатова О.Е.*

Программный комитет: акад. АМТН, проф. *Хадарцева К.А.*; д.философ.н., проф. *Буданов В.Г.*; д.б.н., проф. *Козуница Г.С.*; д.б.н., проф. *Попов Ю.М.*

На конференции работали секции:

1. Философские проблемы медицины и биологии (руководитель – акад. РАН *Степин В.С.*)
2. Синергетика и теория общей патологии (руководитель – д.б.н., проф. *Филатова О.Е.*)
3. Третья парадигма в медицинской кибернетике (руководитель – акад. ЕАЕН, АМТН, ЗДН РФ, проф. *Еськов В.М.*)
4. Синергетические аспекты персонифицированной медицины (руководитель – акад. ЕАЕН, АМТН, ЗДН РФ, проф. *Хадарцев А.А.*)
5. Синергетика и интегративная медицина (руководитель – академик РАМН *Зилов В.Г.*)

Пленарный доклад на секции «Третья парадигма в медицинской кибернетике»

**ПРОИЗВОЛЬНОСТЬ И НЕПРОИЗВОЛЬНОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ТЕППИНГА С
ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ**

*Еськов В.М., Бурькин Ю.Г., Вахмина Ю.В., Нехайчик С.В., Романова Ю.В.
ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»*

Хаос в организации любого движения человека или животного имеет свои параметры в виде квазиаттракторов и эти параметры (квазиаттракторов) имеют существенное информационное значение. Двигательная активность любого биообъекта в биомеханике образует реальную суперпозицию произвольного акта (наличие цели и механизмов её реализации) и обязательного элемента хаоса, когда произвольность движения не может реально быть реализована произвольно. В работе демонстрируются примеры практической реализации параметров хаоса в клинической медицине, показывается их диагностическая ценность.

Ключевые слова: *невоспроизводимость, произвольность, тремор, теппинг.*

Введение

В рамках нового подхода – теории хаоса-самоорганизации (ТХС) мы доказываем

существование непрерывного хаотического движения вектора состояния $x=x(t)$ любой сложной биосистемы, в том числе и

биомеханической системы, как сложной (complexity) системы. Это означает отсутствие стационарных режимов биосистем в принципе (т.е. $dx/dt \neq 0$ всегда) и принципиальной невозможности любого **произвольного** движения, т.к. нельзя получить стационарные режимы в виде $dx/dt=0$. Если человек пытается удержать руку с пальцем (к которому прикреплена металлическая пластина, взаимодействующая с токовихревым датчиком), то стационарный режим (в виде $dx/dt=0$) не осуществим для такой биосистемы. Тогда и произвольное движение (в данном случае произвольное удержание пальца в точке пространства) не может быть в принципе реализовано произвольно – оно реализуется хаотически, в виде $dx/dt \neq 0$ и невозпроизводимости (повторной) в принципе любого состояния конечности.

После 40 лет непризнания первого постулата теории хаоса-самоорганизации (ТХС), которую мы разрабатывали все эти годы, и непризнания синергетики Г. Хакена, группа учёных Stanford University в журнале Nature, опубликовала сенсационную статью (для науки США!) [8, 9]. В работе доказывается известное утверждение основоположника синергетики Н. Накен о том, что не имеет смысла работать, изучать отдельные элементы сложной системы [4]. Их динамика поведения не имеет информационного значения, и изучать надо только поведение всей системы, всего целостного объекта. Однако, на сегодняшний день отсутствуют формальные методы изучения динамики любой целостной системы, находящейся в непрерывном хаотическом изменении своих параметров и свойств [1-3].

Целью настоящего исследования было доказательство информационной значимости параметров измерения хаоса в оценке якобы (в трактовке современной биомеханики и физиологии) произвольных движений – теппинга и, на основании разрабатываемого нового метода измерений параметров движения, демонстрация клинической значимости подобных измерений для идентификации нормы и патологии, т.к. сейчас отсутствует информационная значимость параметров измерения хаоса в

таких (якобы произвольных) движениях для изучения биомеханики хаоса.

1. Метод и устройства для регистрации произвольных движений.

В работе использовались два типа заданий по произвольному движению пальца в вертикальном направлении (теппинг) для испытуемого. В первом случае палец испытуемого должен был касаться поверхности токовихревого датчика (Д), который взаимодействовал с пластиной (крепится к кончику пальца). Фактически, испытуемый ударял этой пластиной по поверхности датчика и эти движения производились с максимально возможной частотой движения в вертикальном направлении. Во втором случае испытуемый не должен был касаться поверхности датчика, двигая пальцем по вертикали с максимальной частотой.

Эти два движения различаются степенью произвольности: в первом случае имеется физическое ограничение в нижней точке (из-за удара о датчик), во втором случае степень произвольности резко возрастает, здесь уже произвольно (по цели!) испытуемый ограничивает движение пальца сам как в верхней точке, так и в нижней. С физической точки зрения испытуемый имеет одну степень свободы, т.е. по оси y . Однако, движение в первом случае жестко управляется (ограничивается) в нижней точке, а во втором случае – произвольно испытуемый ограничивает движения пальца и в нижней, и верхней точке. При этом, наша установка (см. рис. 1) прецизионно регистрирует и координату $x_1=y(t)$, и координату $x_2=dy(t)/dt$. Однако, на фазовой плоскости строились фазовые траектории, которые ограничивались прямоугольником сверху $\Delta S = \Delta x_{1max} \cdot \Delta x_{2max}$, где отрезки по осям x_1 и x_2 определялись как границы интервалов измерения координат x_1 и x_2 .

Зapatентованное устройство обеспечивает регистрацию параметров теппинга в общем случае в шестимерном фазовом пространстве, однако на рис. 1 мы представляем только одну координату $y=(x_1=y)$ и её производную ($x_2=dy/dt$), что представлено на рис. 1. Сигнал от планшета (1) – поверхность сенсора (фиксирует координату $= x_1$, тестовой пластинки (2), которая жестко прикрепляется

к конечности), подаётся через аналогово-цифровой преобразователь – АЦП (3) в ЭВМ (4) с программным обеспечением (ПО). Последнее (ПО) рассчитывает вторую координату $x_2=dy/dt$ и строит фазовую плоскость (в общем случае имеем 6-ти мерное фазовое пространство) и рассчитывает объём квазиаттрактора (в

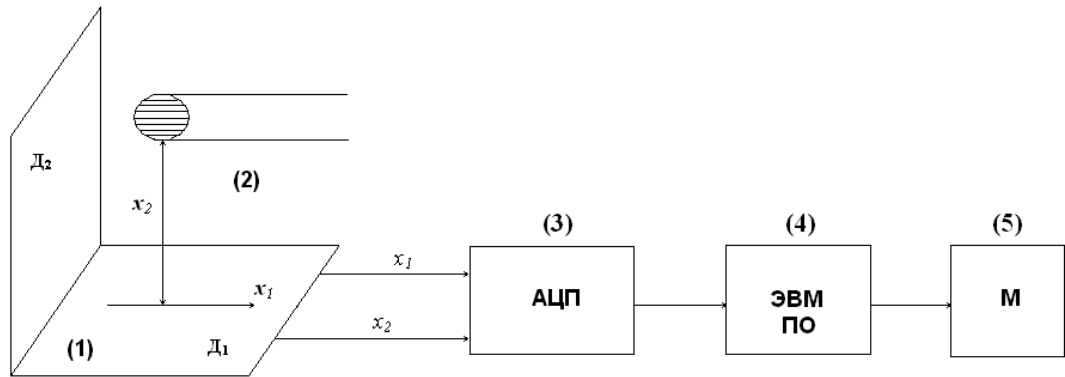


Рис. 1. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

Исходя из принципов ТХС, которые мы изложили ранее [1, 2, 7], мы постулируем, что предельные площади квазиаттракторов ΔS являются индивидуальными характеристиками каждого испытуемого (они зависят и от физиологического, психического, физического состояния обследуемого), а с физической точки зрения параметры являются биологическим аналогом принципа неопределённости Гейзенберга, когда на сопряженные координаты (x и dx/dt) вводится ограничение не сверху, а снизу, т.е. в виде

$$\Delta x_1 * \Delta x_2 \geq h/2\pi. \quad (1)$$

Аналогия с квантовой физикой уместна, т.к. для любого движения в биомеханике мы всегда можем ввести меру хаоса (а хаос для БДС – базовое свойство в ТХС) в виде параметров квазиаттракторов и эта мера будет индивидуальной для каждого обследуемого. В соотношении Гейзенберга, фактически, это неравенство индивидуальное для каждой частицы, если её массу m перенести в правую часть неравенства и записать:

$$\Delta x * \Delta v \geq h/2\pi m, \quad (2)$$

где x – координата, v – скорость изменения этой координаты.

Таким образом, аналогии между квантовой механикой и ТХС весьма

данном случае площадь КА), внутри которого наблюдается движение $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$. При использовании трёх датчиков (по всем трём осям x, y, z), устройство формирует шестимерное пространство $x=x(t)=(x_1, \dots, x_6)^T$, которое включает все 3 координаты и их скорости [5-7].

выразительны и они основываются на неопределённости координаты и скорости частицы, которые эквивалентны координате и скорости движения любого биомеханического объекта. При этом неравенство (2) имеет выраженный индивидуальный смысл (для каждой частицы с массой m имеем свой предел аттрактора неопределённости $h/2\pi m$). Рассмотрим практические результаты такой аналогии применительно к теппингу (впрочем для тремора и любых других, якобы «произвольных», движений мы получаем сходную картину в виде индивидуальных квазиаттракторов.

Результаты исследований и их обсуждение.

Для первого случая, при частичном ограничении (за счёт поверхности датчика (1) на рис. 1) произвольности движения, мы должны констатировать два важных результата. Во-первых, любой такой теппинг, для любого человека на планете Земля, принципиально как в виде механограммы, так и её амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) неповторим, невоспроизводим, непредсказуем. Иными словами, мы не сможем воспроизвести (точно) эти произвольные движения как физический процесс! На рис. 2 представлены примеры

механограмм одного и того же испытуемого G_i в разные моменты времени ($t_1 \neq t_2$) в одинаковом состоянии без физических ограничений (без патологий, внешних воздействий, при этом испытуемый при теппинге не касается плоскости датчика).

Из представленных примеров на рис. 2 видно, что механограммы и их АЧХ с одной

стороны похожи, а с другой стороны существенно отличаются друг от друга. На рис. 3 представлены примеры механограмм одного того же испытуемого G_i в разные моменты времени ($t_1 \neq t_2$) в одинаковом состоянии, но с физическими ограничениями

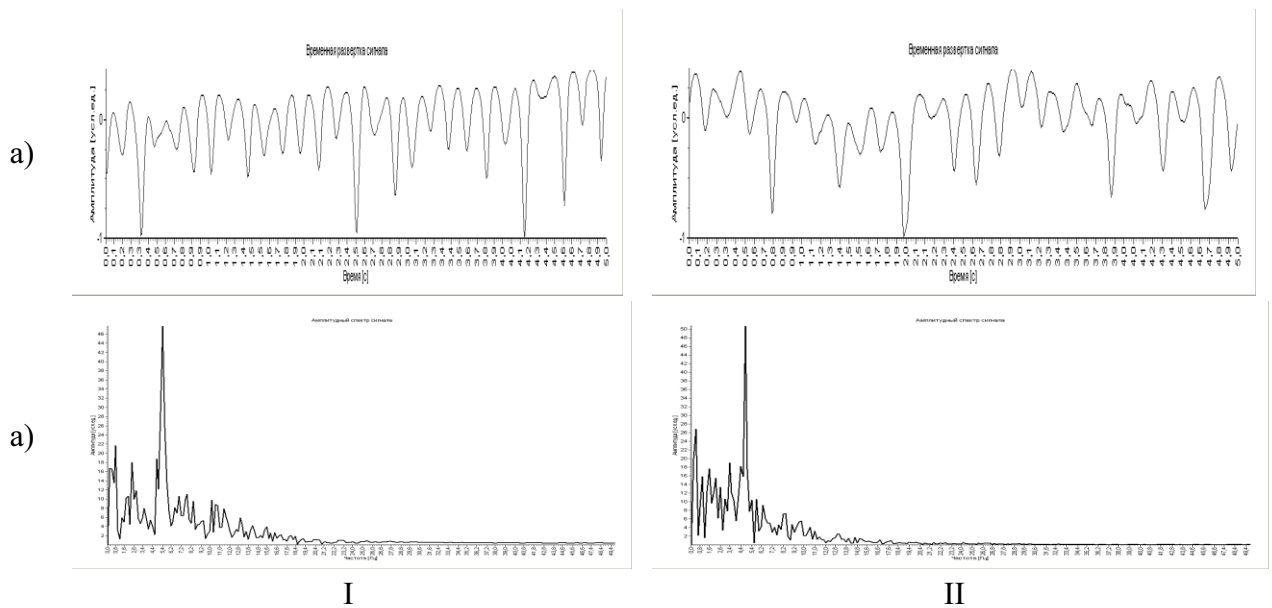


Рис. 2. а) - механограммы теппинг теста без физических ограничений и б) – АЧХ, снятые с пальцев испытуемой G_i в одинаковых условиях: I- в момент времени t_1 ; II - в момент времени t_2 .

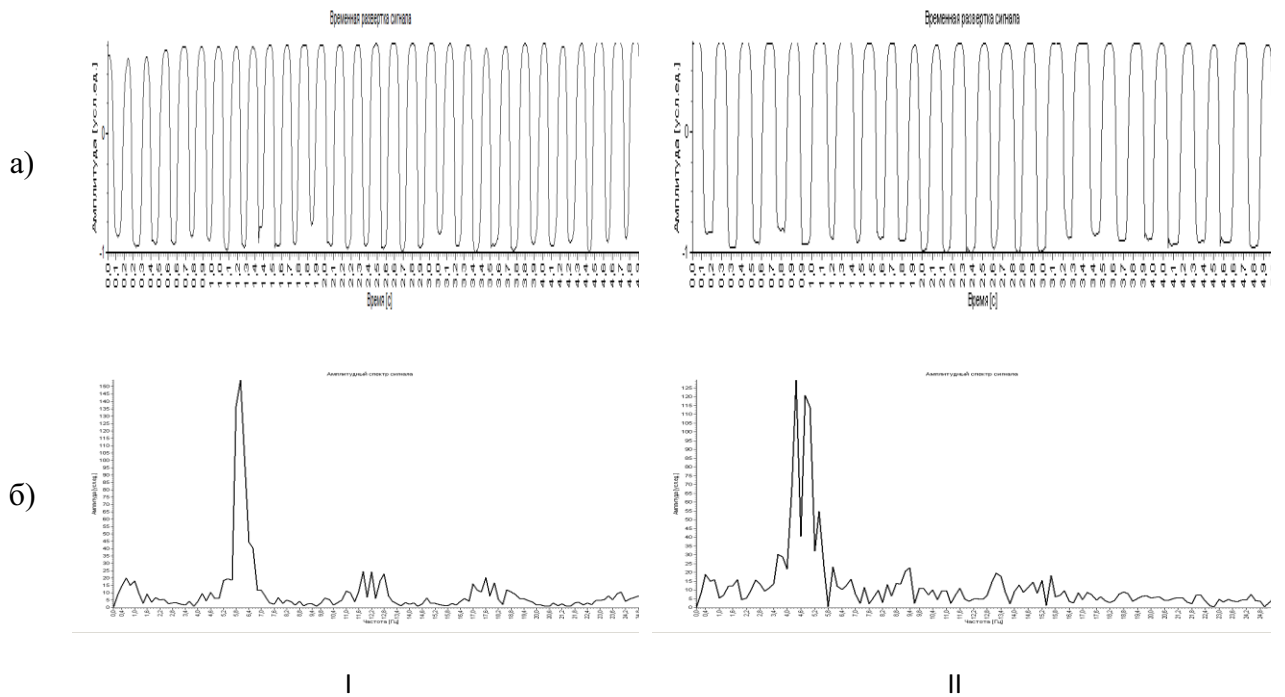
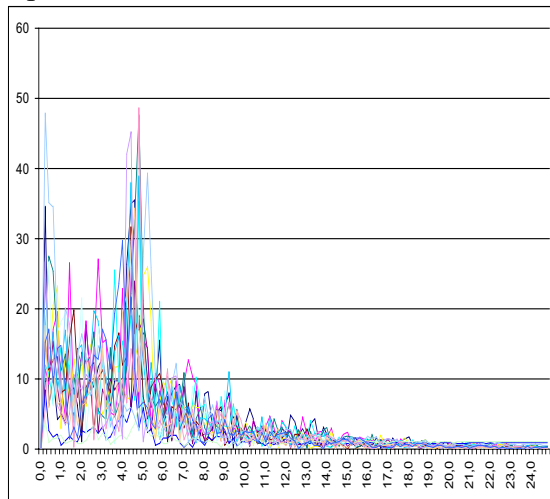


Рис. 3. а) – механограммы теппинг теста в условиях физических ограничений и б) – АЧХ, снятые с пальцев испытуемой G_i в одинаковых условиях при физических ограничениях: I- в момент времени t_1 ; II - в момент времени t_2 .

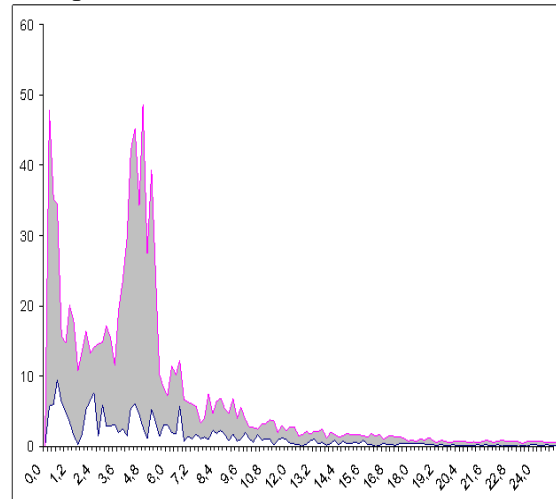
При многократном повторении опыта можно получить набор АЧХ, которые в рамках ТХС можно представить тоже в виде квазиаттрактора. В данном случае в качестве x_1 , будет выступать амплитуда A ($x_1=A(t)$), а в качестве x_2 – частота биомеханических движений (см. рис.4). Однако, такие фазовые траектории сложно ограничить и рассчитать (хотя мы их тоже уже используем для диагностики).

Приведём пример регистрации механограмм и АЧХ для человека без

патологий и для больного болезнью Паркинсона, что демонстрирует диагностическую ценность самого «метода биологической неопределённости» – так условно мы можем назвать всю нашу процедуру идентификации КА теппинга) в диагностике нормы и патологии. На рис. 4 представлены, в сравнении, записи теппинг теста без физических ограничений (без касания плоскости датчика) здорового человека и пациента с диагнозом – Паркинсонизм и их обработка.



I



II

I - Амплитудно-частотные характеристики механограмм, регистрировались в одинаковых условиях, 30 повторений. II – область variability амплитудно-частотных характеристик.

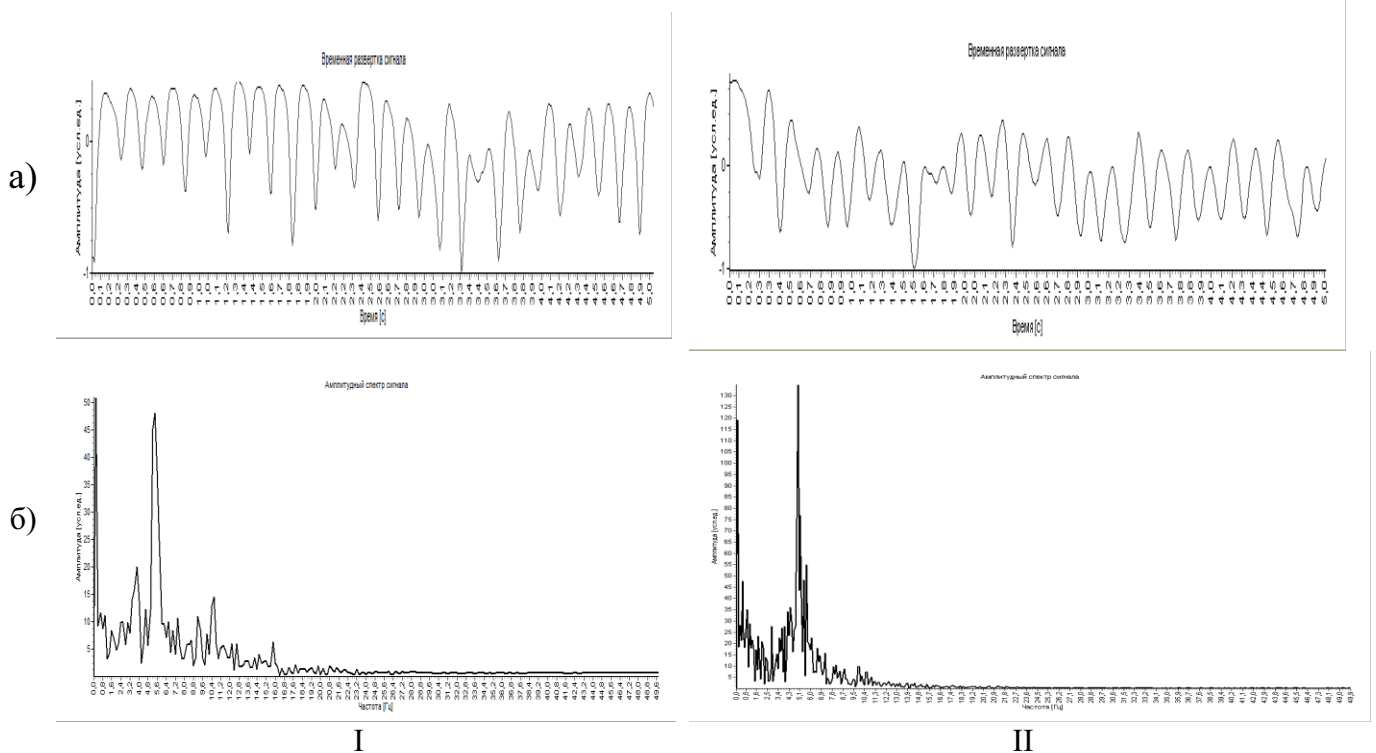


Рис. 4. а) – механограммы теппинг теста без физических ограничений; б) – амплитудно-частотная характеристика сигнала для испытуемых: I – испытуемая (D), возраст 30 лет, без патологий; II – испытуемая (C), возраст 48 лет, диагноз Паркинсонизм.

На рис. 5 представлены, в сравнении, записи теппинг теста в условиях физических ограничений (с касанием плоскости датчика)

здорового человека и пациента с диагнозом – Паркинсонизм и их обработка.

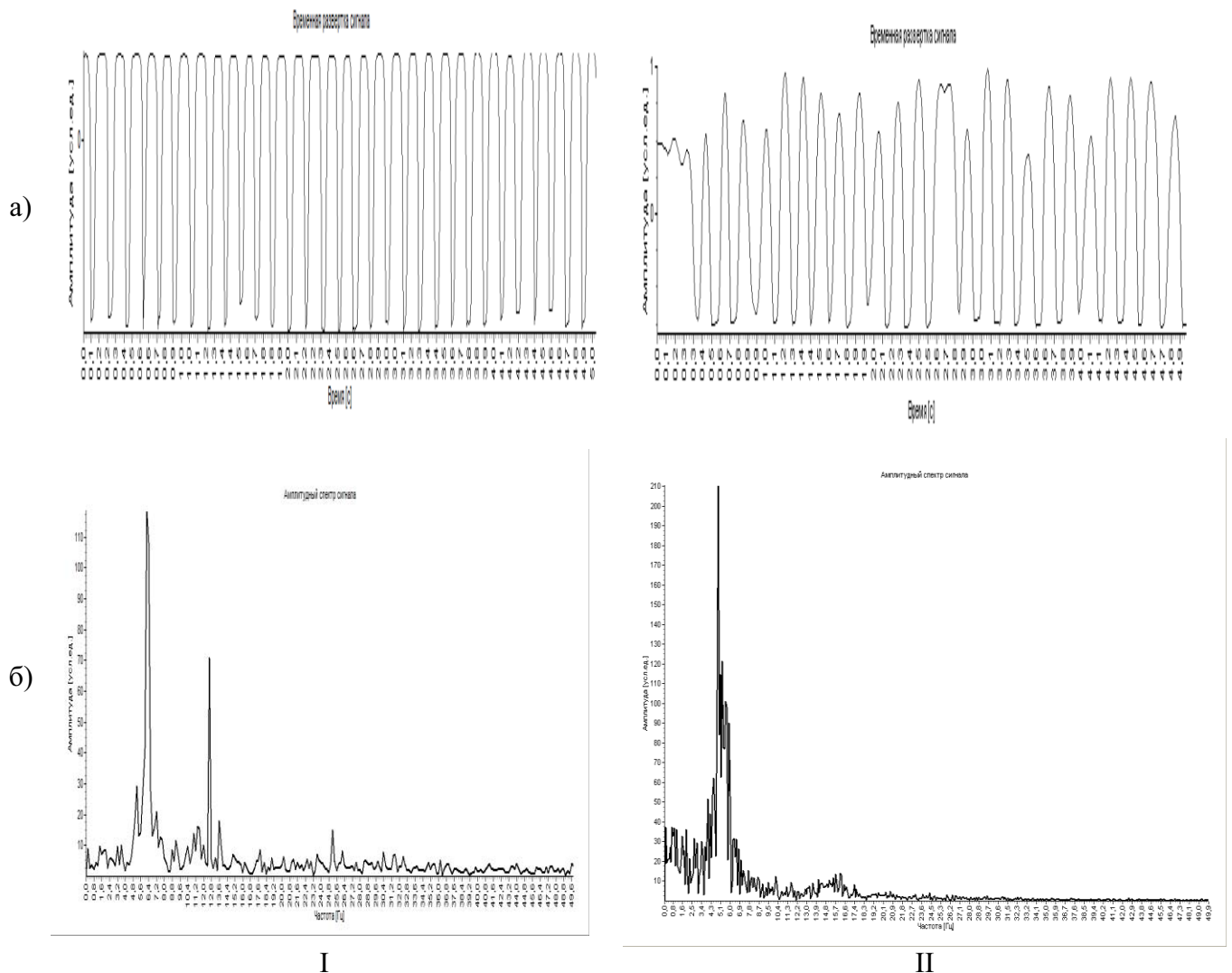


Рис. 5. а) – механограммы теппинг теста в условиях физических ограничений; б) – амплитудно-частотная характеристика сигнала для испытуемых: I – испытуемая (D), возраст 30 лет, без патологий; II – испытуемая (C), возраст 48 лет, диагноз – болезнь Паркинсонизма.

Приведенные иллюстрации рис. 4 и рис. 5 демонстрируют существенную разницу между сигналами, зарегистрированными у здоровых испытуемых и испытуемых с патологией. Но визуальная оценка не дает объективной диагностической оценки, а также возможности идентификации патологии и степени патологии. Для получения объективной оценки состояния организма человека более удобно рассчитывать привычные и апробированные координаты $x_1=y$ и $x_2=dy/dt$ (т.е. координату и скорость движения пальца по оси у). В этом

случае легко рассчитать квазиаттрактор и он является весьма продуктивной (диагностически значимой величиной). Более того, этот квазиаттрактор с площадью $S = \Delta x_1 \cdot \Delta x_2$ является важной характеристикой состояния (физиологического или психического) конкретного человека. Продemonстрируем это утверждение на опыте. На рис. 6 представлены квазиаттракторы построенные на основе механограмм представленных на рис. 4 и рис. 5.

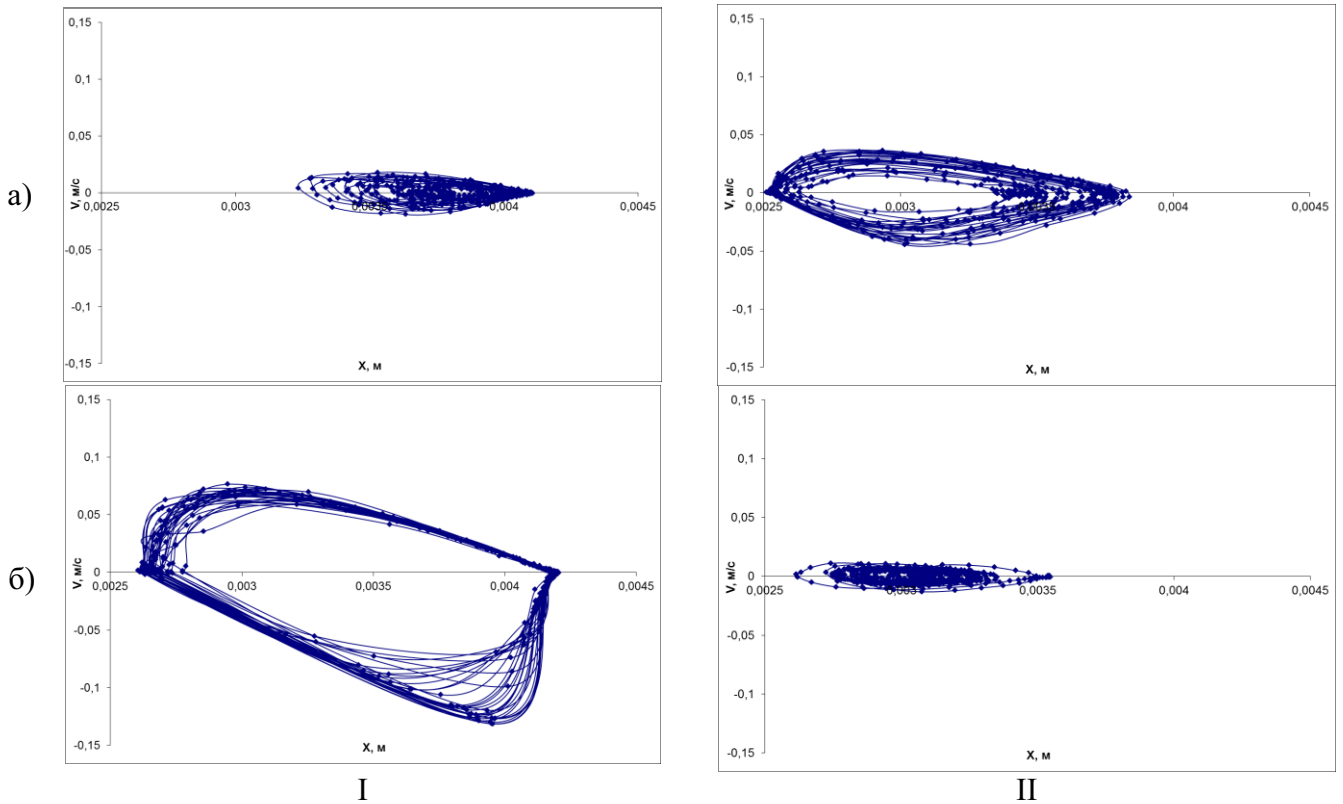


Рис. 6. а – фазовая плоскость вектора с координатами x_1, x_2 , где $x_1=x_1(t)$ и $x_2=v=dx_1/dt$ для теппинг теста без физических ограничений; б – фазовая плоскость вектора с координатами x_1, x_2 , где $x_1=x_1(t)$ и $x_2=v=dx_1/dt$ для теппинг теста в условиях физических ограничений: I – испытуемая (D), возраст 30 лет, без патологий; II – испытуемая (C), возраст 48 лет, диагноз – болезнь Паркинсона

Таблица 1

Значения площадей квазиаттракторов испытуемых D, C.

	Испытуемая D (здоровый)	Испытуемая C (паркинсонизм)
Площадь S_W (у.е.), теппинг без физических ограничений	$S_{WD} = 3,328 * 10^{-4}$	$S_{WC} = 2,26551 * 10^{-5}$
Площадь S_F (у.е.) теста в условиях физических ограничений	$S_{FD} = 3,20695 * 10^{-5}$	$S_{FC} = 1,07912 * 10^{-4}$

Обозначим S_W – площадь квазиаттрактора для теппинг теста без физических ограничений, S_F – площадь квазиаттрактора для теппинг теста в условиях физических ограничений. Результаты расчета площадей квазиаттракторов представлены в табл.1. Из таблицы 1 видно, что численные значения площадей квазиаттракторов для здорового и больного существенно отличаются друг от друга. В частности у здорового испытуемого площадь $S_{WD} > S_{FD}$, а у испытуемого с диагнозом Паркинсонизм обратное отношение $S_{WC} < S_{FC}$. Рассчитав отношение S_W / S_F получаем

следующие значения: $S_{WD} / S_{FD} = 10,3775$; $S_{WC} / S_{FC} = 0,2099$. В результате исследований выяснилось (при сравнении здоровых испытуемых и испытуемых с диагнозом Паркинсонизм), что для здоровых испытуемых $S_W / S_F > 1$, а для испытуемых с диагнозом Паркинсонизм $S_W / S_F < 1$. Мы провели серии опытов в рамках различных исследований и выяснили, что существуют существенные различия между теппингом у человека без двигательных патологий и человеком с нарушением двигательных функций (например, при болезни Паркинсона или

эссенциальном треморе). Фазовый портрет теппинга у здорового человека и у больного болезнью Паркинсона различаются на порядок в абсолютных и относительных величинах.

Подобный подход продемонстрировал свою эффективность применительно к различным патологиям организма человека и исследованиям различных воздействий на организм человека, в частности, влияние алкоголя, акустических сигналов, статической и динамической нагрузок, температурных перепадов.

Литература

1. Еськов В.М., Кулаев С.В., Попов Ю.М., Филатова О.Е. Применение компьютерных технологий при измерении нестабильности в стационарных режимах биологических динамических систем // Измерительная техника. – 2006. – № 1. – С. 40-45.
2. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состояний // Измерительная техника. – 2010. – N 12. – С. 53-57.
3. Майнцер К. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез / Под. ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 464 с.
4. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. – М.: ПЕР СЭ, 2001. – 351 с.
5. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011. – v. 53 (12), p. 1404-1410.
6. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A.. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques. 2012. – Vol. 55. №. 9. – p. 1096-1101.
7. Eskov V. M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science // Journal of Biomedical Science and Engineering. – 2012. – Vol. 5, №. 10. – P. 602
8. Jobbagy A., Harcos P., Karoly R., Fazekas G. Analysis of finger-tapping movement // Journal of Neuroscience Methods. Vol. 141. 2005. P. 29-39.
9. Mark M. Churchland, John P. Cunningham, Matthew T. Kaufman, Justin D. Foster, Paul Nuyujukian, Stephen I. Ryu, Krishna V. Shenoy. Neural population dynamics during reaching // Nature. Vol. 487. 2012. P. 51-58.

VOLUNTARINESS AND INNVOLUNTARINESS IN TAPPING FORMING: A VIEW FROM THEORY OF CHAOS AND SELFORGANIZATION

*Eskov V.M., Burykin U.G., Vachmina U.V.,
Nehaychik S.V., Romanova U.V.*

Chaos in the organization of any human or animal movements has its own parameters in the form of quasi-attractors and these parameters (quasi-attractors) have a significant informational value. Motor activity of any biological entity in the biomechanics forms the real superposition of voluntary acts (having a goal and the mechanisms of its implementation) and an obligatory element of chaos when arbitrary motor act can not be really implemented voluntarily. This paper shows examples of the practical implementation of the parameters of chaos in clinical medicine, demonstrate their diagnostic value.

Key words: *nonreproducibility, involuntariness, tremor, tapping.*