

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДВИЖЕНИЯ, КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ
МЕХАНОТЕНАЖЕРОВ

В.М. ЕСКОВ*, А.А. ХАДАРЦЕВ**, М.С. ТРОИЦКИЙ**

* ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия

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

Аннотация. В работе проведен анализ различных типов датчиков движения для регистрации тремора и теппинга в биомедицинских исследованиях для установления произвольности и непроизвольности движений. Показана значимость бесконтактных токовых датчиков движения для регистрации тремора и теппинга. Показано их преимущество перед пьезоэлектрическими акселерометрами. Проанализированы треморограммы и теппингограммы у 15 000 человек. Установлено, что параметры кардио-респираторной и нейромышечной систем демонстрируют однотипную хаотическую динамику автокорреляционных функций и амплитудно-частотных характеристик, причем свойство перемешивания не выполняется. Это означает невозможность использования стохастических методов в оценке дискретных и непрерывных величин (характеристик) параметров сложных биосистем из-за непрерывного и хаотического изменения любых стохастических и хаотических характеристик. Теория хаоса Арнольда–Тома здесь также бесполезна. На фоне реального хаоса всех стохастических характеристик – некоторые стохастические закономерности всё-таки имеются. Например, оценивая матрицы сравнения выборок треморограмм и теппинграмм (при повторях измерения их подряд у одного испытуемого) установлена определённая закономерность. Увеличение количества общих пар теппинграмм по сравнению с треморограммами говорит о частичном увеличении синхронизма за счет афферентации и привлечения мыслительной деятельности. Это свидетельствует о начале некоторого сдвига от хаотического режима к стохастическому.

Ключевые слова: теппинг, тремор, механотренажеры, датчики движения, хаос, стохастика, нервно-мышечная система, произвольность и непроизвольность.

REGISTRATION METHODS OF DIFFERENT TYPES OF MOTION AS A BASIS FOR
THE DEVELOPMENT OF MECHANICAL SIMULATORS

V.M. ESKOV*, A.A. KHADARTSEV**, M.S. TROITSKY**

* Surgut State University, Lenin Prospect, 1, Surgut, Russia

** Medical Institute, Tula State University, ul. Boldin, 128, Tula, Russia

Abstract. In work the analysis of different types of motion sensors for registration of tremor and tapping in biomedical research to establish the randomness and non-randomness of the movements has been carried out. The significance of noncontact eddy-current sensors for registration of tremor and tapping, as well as their advantage over piezoelectric accelerometers has been shown. The tremorograms and tapping-grams in 15 000 persons have been analyzed. It was found that the parameters of cardio-respiratory and neuromuscular systems demonstrate similar chaotic dynamics of the autocorrelation function and the amplitude-frequency characteristics moreover, the mixing property doesn't running. This means the inability to use stochastic methods for estimation of discrete and continuous variables (characteristics) of the parameters of complex biological systems due to the continuous and chaotic changes of any stochastic and chaotic characteristics. The chaos theory of Arnolda-Toma there is also useless. Against real chaos of all stochastic characteristics - some stochastic regularities are still available. For example, a certain pattern has been established in the evaluation matrix comparison samples of tremorograms and tapping-grams (during replays measure them in a row one tested). The increase in the number of total pairs tapping-grams compared with tremorograms indicates on the partial increase of synchronism due to afferentation and attraction of mental activity. This demonstrates the beginning of a shift from a chaotic regime to stochastic.

Key words: tapping, tremor, mechanical simulators, motion sensors, chaos, stochastic, neuromuscular system, randomness and non-randomness.

К произвольным движениям (действиям, процессам) относят то, что происходит в условиях достижения цели за счет сознания. *Тремор* – типичное произвольное движение, когда человек ставит себе задачу осознанного удержания конечности (пальца) в данной точке пространства. Однако, если изучить как это достигается, какими механизмами и как реализуется эта цель и как эти механизмы работают, то получится типичная картина хаотического движения конечности человека не только при *треморе*, но и при *теппинге*, который всегда считается произвольным движением, т.к. реализуется осознанно. Механизмы реализации якобы непроизвольного движения – *тремора* и реально произвольного движения – *теппинга* имеют много

общего, и это общее не укладывается в рамки традиционного стохастического подхода, требуя разработки новых методов измерений и анализа полученных физиологических данных, новых методов и моделей для их описания. Коррекция двигательных нарушений осуществляется при помощи *механотренажеров* различного назначения – для дыхательной мускулатуры, мускулатуры рук и ног, всего тела человека [4, 10, 12, 13].

Особенностью современной оценки произвольности и непроизвольности движений является попытка соединения *стохастики, хаоса и принципов самоорганизации*, характерные для функционирования любых сложных биосистем, и в первую очередь *функциональных систем организма* (ФСО) человека [3, 5]. Любой непрерывный процесс должен описываться в терминах автокорреляционных функций и *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ) или, если он хаотический, то в терминах экспонент Ляпунова, в виде сходимости автокорреляционных функций, или свойством перемешивания. Стохастический подход для параметров *гомеостаза* невозможно применять в первую очередь из-за непрерывного изменения параметров x_t вектора состояния $x(t)$ любой ФСО и в первую очередь *нервно-мышечной* (НМС) и *кардио-респираторной систем* (КРС) [6-9].

Цель работы: определиться в выборе оптимального датчика движений и продемонстрировать возможности его использования в установлении произвольности и непроизвольности движений.

Объекты и методы исследования. При разработке механотерапевтических устройств используются различные виды датчиков (*индукционные, пьезо-, токовихревые*). Так, для регистрации тремора в лучезапястном суставе использовался *трансформаторный датчик* перемещений, устройства в виде «*тензометрического угломера*». Точность показаний индуктивных или *пьезоэлектрических датчиков* зависит от частоты регистрируемых процессов, а использование *тензодатчиков* требует наличие усилителя с высоким коэффициентом усиления. Эти недостатки устранены в приборах на основе фотопреобразователя или оптического датчика [1, 2].

Исследование произвольных и не произвольных движений человека основывается на *кинематических* (перемещение, скорость, ускорение) и *динамических* показателях (сила, момент силы). Это объясняет сложность конструирования интегративных приборов, обеспечивающих измерения на основе единых физических принципов.

Для регистрации движений используют широкополосные *пьезоакселерометрические датчики*, имеющие ряд преимуществ:

- они размещаются непосредственно на теле и не ограничивают двигательной активности пациента;
- обладают более высокой устойчивостью измерений к внешним помехам, чем *вибропреобразователи*, использующие лабораторную систему координат;
- являются одним из простейших, надежных и доступных средств измерения вибраций.

В измерительном комплексе используются 4 типоразмера чувствительных элементов, отличающихся коэффициентом преобразования, полосой рабочих частот и выходной емкостью, а также способом крепления на объекте. В биомедицинских исследованиях часто применяется акселерометр ПАМТ-1 [1,2], который отвечает необходимым требованиям регистрации локальных и общих колебаний тела человека, вызываемых работой сердца с помощью серийных медицинских самописцев, в том числе регистрирующих наименьший уровень колебаний тела (баллистические колебания). Для надежной регистрации *баллистокардиосигнала* нужно, чтобы акселерометр имел коэффициент преобразования $K=102 \text{ мВ/мс}^{-2}$, что задает следующие технические характеристики:

– регистрация локальных колебаний грудной стенки, вызываемых работой сердца, *фоно- и сейсмокардиосигналы*. Для этого его верхняя рабочая частота должна быть около 1000 Гц;

– он должен иметь размер (диаметр) около 20-30 мм, иначе его трудно разместить на теле;

– он должен быть не очень тяжелым (порядка 50 г);

– он должен иметь нижнюю рабочую частоту равную характерной частоте пульса, т. е. 1 Гц.

Разработаны конструкции *пьезоакселерометра* с чувствительным к изгибу преобразовательным элементом (рис. 1), выполненный в виде диска, опирающегося по краям на корпус *акселерометра*. Толщина *биморфного пьезоэлемента* и металлической подложки подобрана так, что слой склейки не испытывает тангенциального напряжения при изгибе пластины.

Технические характеристики *биморфного пьезоэлектрического элемента* следующие:

– коэффициент преобразования по напряжению – $31,6 \text{ мВ/мс}^{-2}$;

– верхняя рабочая частота при нелинейности *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ) в 10% – 700 Гц;

– нижняя рабочая частота определяется входными параметрами устройств (усилителей, регистраторов, анализаторов), с которыми ПАМТ работает;

– выходная емкость (без присоединенного кабеля) – 5900-2200 пФ;

– диаметр – 24 мм, толщина – 11 мм;

– масса (без кабеля) для *пьезоакселерометров* с клеевым креплением – 25 г, для *пьезоакселерометров* с креплением на шпильку – 41 г.

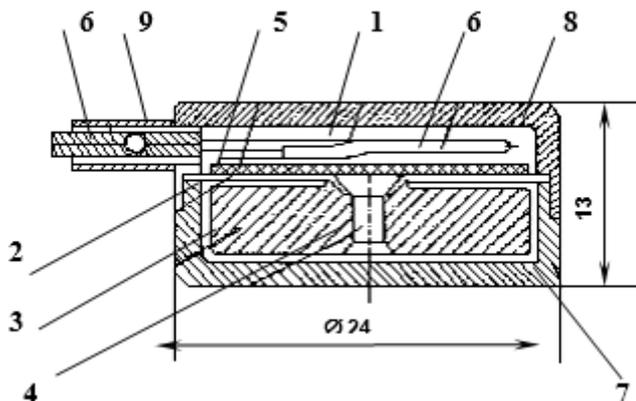


Рис. 1. Конструкция акселерометра ПАМТ-1: 1 – пьезопластина (ЦТС-19); 2 – металлическая подложка; 3 – груз; 4 – заклепка; 5 – контактная пластина; 6 – антивибрационный кабель; 7 – корпус; 8 – крышка; 9 – втулка

К недостаткам данного типа сенсоров относится невозможность измерения абсолютного значения перемещений (в единицах длины), а также влияние *вибропреобразователя*, размещенного непосредственно на объекте измерения – это присуще всем контактным методам измерений.

Особенность вибродиагностики опорно-двигательной системы – исследование параметров не самих двигательных актов, а сопровождающих их вибраций, т.е. сравнительно низкоамплитудных и высокочастотных колебательных компонентов движения. Эти колебания могут наблюдаться в диапазоне частот от сотых долей единиц до сотен герц, иметь различную физическую природу и обуславливаться различными физиологическими механизмами. Например, вибрации могут возникать при скольжении друг по другу поврежденных суставных поверхностей, при автоколебательном возбуждении мышц, при распространении механических возмущений по телу, вызываемых толчком при ходьбе. Как вибрацию можно рассматривать и мышечный тремор. Не исключено, что электрострикционные явления в мембранах нервных и мышечных волокон также могут приводить к весьма высокочастотным (до нескольких сотен герц) механическим колебаниям тканей.

С использованием методов вибрационной диагностики для оценки состояния опорно-двигательной системы возможно исследование асимметрий вибраций, вызываемых движениями левых и правых конечностей. С одной стороны, оценка симметрии не требует высокой точности учета влияния передаточных сред (тканей и структур тела) – на формирование регистрируемых сигналов. Это влияние приводит к существенным трудностям в метрологическом обеспечении исследования абсолютных величин параметров механической активности физиологических систем. Относительные же измерения могут быть проведены существенно проще и надежнее. Поскольку одинаковое и одновременное поражение обеих конечностей маловероятно, нарушения симметрии сами по себе можно рассматривать как диагностические признаки.

Известно, что отдельные функциональные звенья опорно-двигательной системы имеют различные по величине характерные времена (частоты) быстрой реакции и релаксации. Так, наибольшие частоты в спектре импульсных последовательностей в нервных волокнах составляют сотни или единицы тысяч герц, что соответствует периодам 0,001–0,01 секунды. Длительность развития напряжения в мышечном волокне составляет 0,01–0,3 секунды, что соответствует частотам единиц и десятков герц. Период действия мотонейронного пула равен приблизительно 0,1 секунды, что и определяет частоту мышечного тремора – 10 Гц.

Результаты и их обсуждение. Пьезоакселерометрические датчики имеют ряд недостатков, поэтому были разработаны бесконтактные системы регистрации тремора на основе *токовихревых датчиков движения* (ТВДД). В НИИ БМК при Сургутском государственном университете разработан бесконтактный способ регистрации тремора (непроизвольных движений конечности человека) и *теппинга* (произвольных движений конечности человека) – на основе *биоизмерительного комплекса* (БИК), в котором использованы токовихревые датчики. БИК состоит из следующих функциональных блоков: блока датчиков, блока преобразователей, *аналого-цифрового преобразователя* (АЦП). Блок АЦП служит для сопряжения БИК с ЭВМ. В качестве измерительного устройства применяются датчики токовихревого типа. Собственно датчик представляет собой индукционную катушку в специальном корпусе, что представлено на рис. 2.

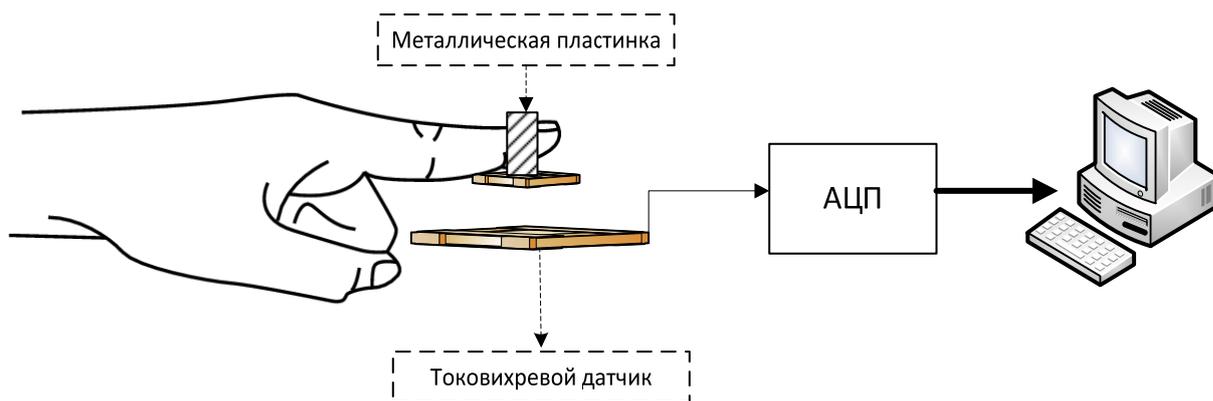


Рис. 2. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

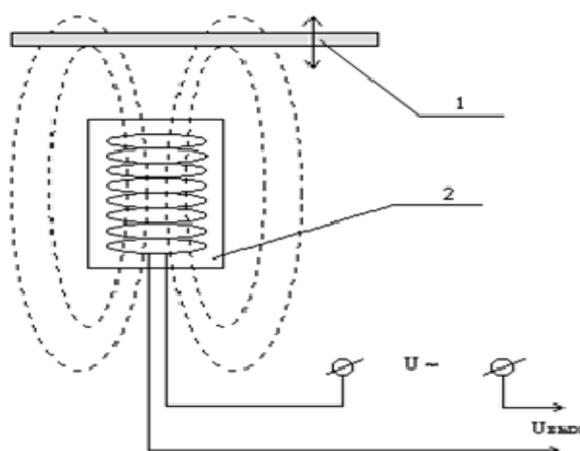


Рис. 3. Принцип работы токовихревого датчика. 1 – ферромагнитная пластина, 2 – катушка индуктивности

В таких системах при введении (рис. 3) ферромагнитной пластины 1 в магнитное поле катушки 2 изменяется значение ее индуктивности, при этом весь магнитный поток делится на части: поток, прошедший через ферромагнитную пластину и поток, не прошедший через неё.

Чем ближе пластина подводится к катушке, тем большее количество линий магнитной индукции замыкается через нее, что и вызывает изменение индуктивности катушки. При удалении пластины от катушки происходит уменьшение ее индуктивности. Поскольку спираль Архимеда (индуктивность 2) входит в колебательный контур (а он работает в резонансном режиме), то изменение магнитного потока отражается на величине тока в цепи колебательного контура. Так как частота колебаний контура велика ($\nu > 1 \text{ МГц}$), то система весьма надежно работает в диапазоне 0-1 КГц и выше, демонстрируя почти линейную зависимость (рис. 4).

Таким образом, укрепив ферромагнитную пластину на поверхности объекта, можно дистанционно определить микроперемещения данного объекта по изменению значения индуктивности катушки.

Достоинствами датчиков токовихревого типа являются:

- бесконтактный способ измерения микроперемещений;
- высокая точность измерения;
- простота конструкции;
- небольшие массогабаритные показатели (вся масса < 100 гр., а пластины – менее 1 г. при размерах $\sim 30 \times 30 \times 20$ мм и менее);
- дешевизна (как следствие простоты конструкции).

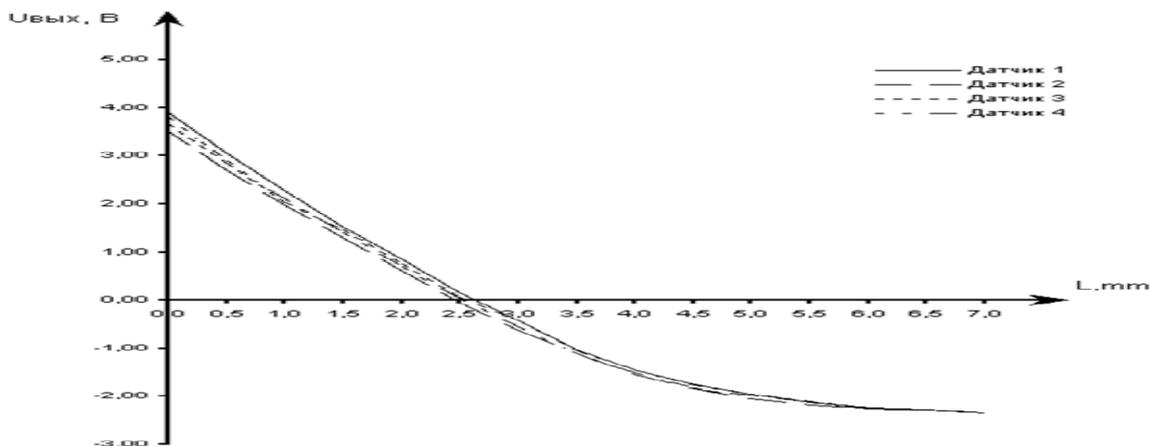


Рис. 4. График зависимости выходного сигнала U -вых измерительного комплекса от расстояния L между токовихревыми датчиками и ответной пластиной (прикрепляемой к пациенту) для разных датчиков (метрологические исследования датчиков).

На рис. 5-А представлен характерный пример АЧХ треморограммы, и в виде суперпозиции некоторых АЧХ, её $A(t)$ на рис. 5-В, очевидно, что такой процесс невозможно характеризовать как хаотический. График демонстрирует непрерывные изменения функции в пределах от -1 до +1 и для $A(t)$ и для АЧХ. Более того, никакой сходимости $A(t)$ к нулю мы тоже никогда не получим (рис. 5-В). Одновременно невозможно и использовать экспоненты Ляпунова и проверки свойства перемешивания. В последнем случае если на любом отрезке измерения τ_i мы будем получать некоторые функции распределения $f(x)$, то эти функции распределения для разных отрезков времени измерения $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ будут разными. Мы получим набор разных функций распределения $f_1(x), f_2(x) \dots f_n(x)$ для набора выборок, соответствующих разным интервалам измерения τ_i . Даже если эти интервалы треморограмм, теппинграмм или кардиоинтервалов измерять подряд и они будут получены у одного испытуемого. *Тремор* рассматривается как непрерывное движение, а *теппинг* можно изучать как каждый отдельный акт (разовое движение можно совершать один раз в один час, например), акты ударов сердца (кардиоинтервалы) можно тоже по одному в час регистрировать долго. Однако, и непрерывная регистрация (поряд) и дискретная (выборочная) даст у одного человека или у разных людей одинаковый результат в виде $dx/dt \neq 0$, т.е. имеется не повторяемость $A(t)$, АЧХ и отсутствие экспонент Ляпунова.

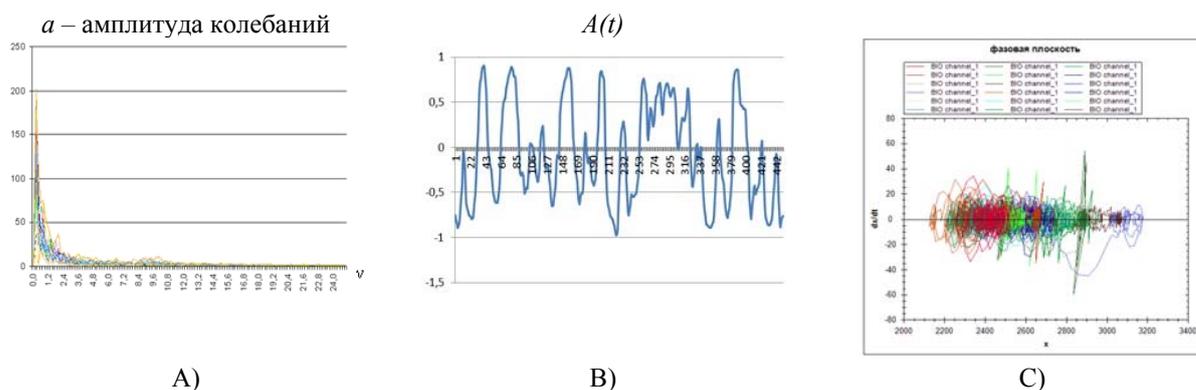


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика (a – амплитуда, v – частота колебаний) 30-ти треморограмм без нагрузки – А; вид автокорреляционной функции $A(t)$ для одной треморограммы – В; фазовая плоскость (x_1 – координата и $x_2 = dx_1/dt$ – скорость) – С, испытуемый БИО.

Если экспериментальные выборки (значения координаты $x(t)$ – положение пальца в пространстве по отношению к датчику регистрации $x(t)$) или выборки теппинграмм, попарно сравнить между собой для *тремора* и *теппинга*, то мы получим некоторые матрицы сравнения пар выборок x_i , которые хаотически иногда будут демонстрировать возможность их отнесения к одной генеральной совокупности, однако, чаще всего такое «совпадение» будет невозможным. При этом, АЧХ этих переменных $x(t)$ тоже не будут совпадать и они демонстрируют разные хаотические наборы для разных интервалов времени τ , что изображено на рисунке 5-А.

Анализ получаемых выборок x_i для интервалов τ_i на предмет их отнесения к нормальному или непараметрическому распределению будет демонстрировать хаотичное чередование нормального и ненормального распределения, причем нормальное распределение будет составлять всего 1-5% от общего числа $f_i(x)$ для n измерений. Были получены расчеты для испытуемых в случае 23 повторных измерений треморограмм по 5 секунд для каждой регистрации, т.е. $\tau_i = \text{const} = 5$ сек. Число испытуемых с регистрацией *тремора* и *теппинга* в наших исследованиях достигает 15000 человек, а число измерений превышает 150 тысяч. Иными словами это типовое и характерное явление. Параметры КРС и НМС демонстрируют однотипную динамику в виде $dx/dt \neq 0$, хаос в динамике автокорреляционных функций $A(t)$ и АЧХ, и свойство перемешивания не выполняется. Это означает невозможность использования стохастических методов в оценке дискретных и непрерывных величин (характеристик) параметров сложных биосистем из-за непрерывного и хаотического изменения любых стохастических и хаотических характеристик (АЧХ, автокорреляционных функций $A(t)$, экспонент Ляпунова). Теория хаоса Арнальда–Тома здесь также бесполезна [11].

Сейчас уверенно можно говорить, что любые параметры ФСО человека (в наших исследованиях это НМС и КРС) – не могут описываться автокорреляционными функциями, АЧХ, константами Ляпунова, свойством перемешивания и функциями распределения $f(x)$. Все это демонстрирует непрерывную хаотическую динамику любых параметров ФСО $x_i(t)$, а любая реализация в виде $f(x)$ будет разовой, одномоментной. На фоне этого реального хаоса всех стохастических характеристик некоторые стохастические закономерности всё-таки имеются. Например, оценочная матрица сравнения выборок треморограмм и теппинграмм (при повторях измерения их подряд у одного испытуемого) мы установили определённую закономерность. Она проявляется в том, что число пар выборок по критерию Вилкоксона, которые можно отнести к одной генеральной совокупности, всегда будут меньшим числом для *тремора*, чем для *теппинга*. Эта разность и определяет, фактически, «стоимость» якобы «произвольности» *теппинга* в сравнении с «произвольностью» (или «непроизвольностью») *тремора*.

Заключение. Наблюдаются внутренние перестройки в НМС одного человека при *треморе*, что характерно и для теппинграмм, хотя *теппинг* – произвольное движение. Увеличение количества общих пар теппинграмм по сравнению с треморограммами говорит о частичном увеличении синхронизма за счет афферентации и привлечения мыслительной деятельности. Это свидетельствует о начале некоторого сдвига от хаотического режима к стохастическому.

Литература

1. Антонец В.А., Анишкина Н.М., Ефимов А.П. Оценка функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека по вибрациям, сопровождающим локомоционные акты. // В кн. Биомеханика мышц и структура движений (Современные проблемы биомеханики, вып.7). Н. Новгород, 1992. С.23–34.
2. Антонец В.А., Анишкина Н.М., Ефимов А.П. Пьезоакселерометры ПАМТ и их применение для исследования механической активности физиологических систем человека // Препринт № 140, ИПФ АН СССР, Горький, 1986. 23 с.
3. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 3. С. 336.
4. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 1. С. 15–18.
5. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Ватамова С.Н. Вариабельность состояния параметров функциональных систем организма человека на примере произвольных и произвольных движения человека // Материалы Третьей Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (Нижний Новгород, 24–27 сентября 2013). Н. Новгород, 2013. С. 55–58.
6. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Филатов М.А. Complexity – особый тип биомедицинских и социальных систем // Вестник новых медицинских технологий. 2013. № 1. С. 17–22.
7. 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. № 3. С. 25–28.
8. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. № 2. С. 6–10.
9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардио-респираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. 2012. № 8. С. 36–44.
10. Леонов Б.И., Хадарцев А.А., Варфоломеев М.А., Фудин Н.А., Хадарцев В.А., Митюшкина О.А. Перспективы применения немедикаментозных технологий в спорте // Вестник новых медицинских технологий (электронное издание). 2012. № 1. URL: <http://medtsu.tula.ru/vnmt/bulletin/e2012-1/4115.pdf>

11. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределенность и непрогнозируемость – базовые свойства систем в биомедицине // Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013. № 1. С. 67–82.
12. Хадарцев А.А., Коржук Н.Л., Фудин Н.А., Хадарцев В.А., Еськов В.М., Щербakov Д.В. Механотренажеры дыхательной мускулатуры в подготовке спортсмена // Физиотерапевт. 2013. № 2. С. 30–39.
13. Хадарцев В.А., Варфоломеев М.А., Троицкий М.С., Хадарцев А.А. Способ тренировки дыхательной мускулатуры в системе реабилитации // Терапевт. 2011. № 8. С. 38–42.

References

1. Antonets VA, Anishkina NM, Efimov AP. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya oporno-dvigatel'nogo apparata cheloveka po vibratsiyam, soprovozhdayushchim lokomotsionnye akty. V kn. Biomekhanika myshts i struktura dvizheniy (Sovremennye problemy biomekhaniki, vyp.7). N. Novgorod; 1992. Russian.
2. Antonets VA, Anishkina NM, Efimov AP. P'ezoakselerometry PAMT i ikh primenenie dlya issledovaniya mekhanicheskoy aktivnosti fiziologicheskikh sistem cheloveka. Preprint № 140, IPF AN SSSR, Gor'kiy; 1986. Russian.
3. Dudin N.S., Rusak S.N., Khadartsev A.A., Khadartseva K.A. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii Lyapunova [New approaches in the theory of biosystems stability – alternative to a.m. lyapunov's theory]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;3:336. Russian.
4. Es'kov VM, Burov IV, Filatova OE, Khadartsev AA. Osnovy bioinformatsionnogo analiza dinamiki mikrokhaoicheskogo povedeniya biosistem [The basis of bioinformational analysis of biosystems' microchaotic behavior dynamics]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;1:15-8. Russian.
5. Es'kov VM, Khadartsev AA, Gavrilenko TV, Vatamova SN. Variabel'nost' sostoyaniya parametrov funktsional'nykh sistem organizma cheloveka na primere neproizvol'nykh i proizvol'nykh dvizheniya cheloveka. Materialy Tre'tey Vserossiyskoy konferentsii «Nelineynaya dinamika v kognitivnykh issledovaniyakh» (Nizhniy Novgorod, 24–27 sentyabrya 2013). N. Novgorod; 2013. Russian.
6. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Filatov MA. Complexity – osobyy tip biomeditsinskikh i sotsial'nykh sistem [Somplexity as special type of biomedical and social systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;1:17-22. Russian.
7. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitii meditsiny s pozitivnyy tre'tey paradigmy (personalifitsirovannaya meditsina – realizatsiya zakonov tre'tey paradigmy v meditsine) [New bioinformatic approaches in the development of medicine from the third paradigm perspective (personalized medicine - implementation of third paradigm laws in medicine)]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;3:25-8. Russian.
8. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistema cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy [Application of statistical methods and multidimensional phase space methods for estimation of chaotic dynamics of neuromuscular system parameters under acoustic effects]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;2:6-10. Russian.
9. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiorespiratornoy sistema i biologicheskogo vozrasta cheloveka. Terapevt. 2012;8:36-44. Russian.
10. Leonov BI, Khadartsev AA, Varfolomeev MA, Fudin NA, Khadartsev VA, Mityushkina OA. Perspektivy primeneniya nemedikamentoznykh tekhnologiy v sporte [Prospects for the use of drug-free technologies in sports]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (elektronnoe izdanie) [Internet]. 2012 [cited 2012];1:[about 5 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/4115.pdf>
11. Filatova OE, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatova DYu. Neopredelennost' i neprognoziruemost' – bazovye svoystva sistem v biomeditsine. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013;1:67-82. Russian.
12. Khadartsev AA, Korzhuk NL, Fudin NA, Khadartsev VA, Es'kov VM, Shcherbakov DV. Mekhanotrenazhery dykhatel'noy muskulatury v podgotovke sportsmena. Fizioterapevt. 2013;2:30-9. Russian.
13. Khadartsev VA, Varfolomeev MA, Troitskiy MS, Khadartsev AA. Sposob trenirovki dykhatel'noy muskulatury v sisteme reabilitatsii. Terapevt. 2011;8:38-42. Russian.