



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(21)(22) Заявка: 2011111142, 24.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.03.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.03.2011

(45) Опубликовано: 27.07.2012

(15) Информация о коррекции:  
Версия коррекции №1 (W1 C1)

(48) Коррекция опубликована:  
29.08.2017 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

111250, Москва, ул. Красноказарменная, 17 Г,  
стр.3, ООО "Мера-ТСП"

(72) Автор(ы):

Гроховский Сергей Семенович (RU),  
Кубряк Олег Витальевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Мера-ТСП" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2257143 С 1, 27.07.2005, весь  
документ . RU 2380035 С 1, 27.01.2010, весь  
документ . RU 2165733 С2, 27.04.2001 . ВУ  
10773 С1, 30.06.2008 . US 2008/0228110 А 1,  
18.09.2008 . ВИНАРСКАЯ Е.Н. и др.  
Проблемы оценки дискриминантно-  
прогностической способности  
количественных характеристик нелинейной  
динамики процессов регуляции позы в (см.  
прод.)

(54) **СПОСОБ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ЧЕЛОВЕКА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, постурографическому анализу состояний человека и может быть использовано для контроля на транспорте, в спорте, научных исследованиях. Способ заключается в последовательном измерении совокупности координат общего центра давления (ОЦД) обследуемого на стабилметрическую платформу в системе координат, связанной с платформой или обследуемым, и расчете при каждом измерении мгновенной скорости элементарного смещения ОЦД из начала в конец каждого дискретного отрезка статокинезиограммы.

Причем при каждом измерении координат ОЦД рассчитывают энергозатраты на перемещение ОЦД за время исследования. Энергозатраты определяются как сумма приращений кинетических энергий тела обследуемого, вычисленных при каждом элементарном перемещении ОЦД, с частотой дискретизации, обеспечивающей требуемую точность измерений. Способ обеспечивает повышение чувствительности, точности, информативности обследования при проведении стабилметрического исследования. 1 ил., 1 пр., 1 табл.

(56) (продолжение):

задачах клинической неврологии и спорта . Известия ЮФУ. Технические науки, 2008, т.83, № 6, с.124-127, найдено [29.11.2011] из Интернет <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=558069&selid=11907858> .



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(21)(22) Application: **2011111142, 24.03.2011**

(24) Effective date for property rights:  
**24.03.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **24.03.2011**

(45) Date of publication: **27.07.2012**

(15) Correction information:  
**Corrected version no1 (W1 C1)**

(48) Corrigendum issued on:  
**29.08.2017 Bull. № 25**

Mail address:

**111250, Moskva, ul. Krasnokazarmennaja, 17 G,  
str.3, OOO "Mera-TSP"**

(72) Inventor(s):

**Grokhovskij Sergej Semenovich (RU),  
Kubrjak Oleg Vital'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju  
"Mera-TSP" (RU), 111250, Moskva, ul.  
Krasnokazarmennaja, 17 G, str.3**

(54) **METHOD OF STABILOMETRIC ANALYSIS OF PERSON'S MOTOR STRATEGY**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medicine, posturographic analysis of person's states and can be used for control on transport, in sport, scientific research. Method lies in successive measurement of totality of coordinates of common centre of pressure (CCP) analysed for stabilometric platform in system of coordinates, connected with platform or examined person, and calculation in each measurement of instantaneous velocity of elementary displacement from the beginning to the end of each discrete segment of

statokinesiogram. With each measurement of CCP coordinates calculated is energy consumption for CCP travel during the examination. Energy consumption is determined as sum of increments of kinetic energies of examined person's body, calculated in each elementary CCP travel, with frequency of sampling, ensuring required accuracy of measurements.

EFFECT: method ensures increase of sensitivity, accuracy, self-descriptiveness of examination in carrying out stabilimetric analysis.

1 dwg, 1 ex, 1 tbl

Способ позволяет проводить анализ двигательной стратегии человека, в том числе качество функции равновесия, координацию движений и двигательную стратегию, то есть динамику освоения человеком новых двигательных навыков. Предназначен для применения в медицине (ортопедии, неврологии, отоларингологии, наркологии, офтальмологии и др.), в спорте и иных профессиональных областях (допусковый контроль, оценка профессиональной пригодности и т.п.), а также для исследовательских целей в таких областях, как физиология, биомеханика, психология и др.

При стабилметрическом исследовании данные о положении общего центра давления (ОЦД) тела обследуемого на опору в системе координат обследуемого и его двигательной стратегии являются базовыми для медико-биологической интерпретации. Соответственно, изменения координат ОЦД регистрируются в виде физических характеристик, таких как: длина траектории смещения ОЦД за время исследования - статокинезиограмма, скорость смещения ОЦД, площадь статокинезиограммы и др. Эти физические характеристики (таблица) используются в качестве значимых (оценочных) параметров в стандартном стабилметрическом исследовании человека, где для каждого из параметров дается то или иное толкование (Скворцов Д.В. Клинический анализ движений, стабилметрия. - М.: Антидор, 2000. - 189 с.).

Основные параметры стабилметрического исследования по Д.В.Скворцову	
Параметр	Обозначение (ед.)
Среднее положение общего центра давления во фронтальной плоскости	X (мм)
Среднее положение общего центра давления в сагиттальной плоскости	Y (мм)
Среднеквадратическое отклонение общего центра давления во фронтальной плоскости	x (мм)
Среднеквадратическое отклонение общего центра давления в сагиттальной плоскости	y (мм)
Скорость общего центра давления	V (мм/с)
Частота 1-го максимума спектра по фронтальной составляющей	Xf1 (Гц)
Амплитуда 1-го максимума спектра по фронтальной составляющей	Xa1 (мм)
Частота 1-го максимума спектра по сагиттальной составляющей	Yf1 (Гц)
Амплитуда 1-го максимума спектра по сагиттальной составляющей	Ya1 (мм)
Уровень 60% мощности спектра во фронтальной плоскости	xf 60% (Гц)
Уровень 60% мощности спектра в сагиттальной плоскости	yf 60% (Гц)
Площадь статокинезиограммы 95%	s95 (мм <sup>2</sup> )
Отношение длины статокинезиограммы к ее площади	LFS95 (мм <sup>-1</sup> )

В норме контроль баланса тела в вертикальной стойке при неизменном положении стоп, как полагают, определяется двумя основными стратегиями: голеностопной (Nashner L.M. Strategies for organization of human posture // Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium.- Basel, N.-Y., 1985.- P.1-8) и тазобедренной (Horak F.B., Nashner L.M. Central Programming of postural movements; adaptation to altered support-surface configuration// J.Neurophysiol. - 1986. - N55. - P.1369-1381). Имеются стратегии с включением коленных суставов. Для объективных характеристик различных двигательных стратегий, классифицированных указанным или иным образом, обычно применяют исчисляемые параметры (таблица) стандартного стабилметрического исследования, которые отражают пространственно-временные характеристики движения ОЦД.

Известен способ (RU 2175851 C2, опубл. 20.11.2001), при котором для оценки функции равновесия проводят векторный анализ статокинезиограммы. Полученное облако значений векторов разделяется концентрическими кругами равной площади на несколько зон. Производится подсчет количества вершин векторов, попавших в каждую зону, и относительной частоты вершин векторов в зоне. Затем строят график накопительной зависимости относительной частоты вершин векторов в зоне от порядкового номера зоны. Эта зависимость носит экспоненциальный характер и может быть

аппроксимирована по экспоненциальному закону, при этом коэффициент, который определяет крутизну зависимости, принимают за показатель, характеризующий качество функции равновесия и который позволяет получить «разностороннюю информацию о характере движения тела человека при поддержании им статического равновесия».

5 Недостатком указанного способа является неопределенность физического смысла показателя качества равновесия, что ограничивает его использование в качестве параметра используемого для диагностики при стабилметрическом исследовании.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение информативности обследования (эффективности диагностики) при проведении  
10 стабилметрического исследования.

Данное изобретение позволяет анализировать индивидуальные особенности поддержания вертикальной позы (стойки) и свободного (произвольного) или целенаправленного (заданного инструкцией) изменения позы от начальной позиции (стойки) - двигательной стратегии - на основе измерения энергозатрат (механической  
15 работы), связанной со смещением центра давления тела на опору.

В отличие от стандартных способов оценки двигательной стратегии, основанных на анализе только пространственно-временных физических характеристик, или в отличие от описанной в RU 2175851 C2 вероятностной характеристики, данный способ учитывает энергию механической работы, которая связана с перемещением ОЦД в плоскости  
20 опоры. Для этого при проведении стабилметрического исследования или тренинга, включающего дискретный процесс регистрации последовательных позиций ОЦД в плоскости опоры, измеряется скорость перемещения ОЦД на каждом таком отрезке, масса тела пациента и рассчитывается приращение кинетической энергии, обусловленной этим перемещением ОЦД в плоскости опоры последовательно от позиции к позиции.  
25 Сумма этих приращений за время исследования или тренинга и характеризует величину энергозатрат требуемых для измеренного перемещения ОЦД.

С учетом теоремы Котельникова (Котельников В.А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи. - Всесоюзный энергетический комитет // Материалы к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития  
30 слаботочной промышленности. 1933. - репринт статьи опубликован в журнале Успехи физических наук, 176:7 (2006), 762-770) при достаточной частоте дискретизации потери полезной информации о параметрах сложного движения ОЦД будут пренебрежимо малы.

Значение мгновенной кинетической энергии тела массой  $m$ , движущегося со скоростью  
35  $V_i$ , согласно стандартной формуле вычисляется на каждом регистрируемом участке траектории:

$$W_i = m \cdot V_i^2 / 2$$

Величина механической работы, совершаемой телом массой  $m$  при смещении ОЦД между двумя последовательными позициями в плоскости опоры во время исследования  
40 или тренинга, равна:

$$W_{i+1} - W_i = m \cdot |V_{i+1}^2 - V_i^2| / 2$$

Количество выполненной работы (затраченной энергии) выражается в стандартных показателях - джоулях - и равно:

$$45 \quad E = \sum_{i=1}^n m \cdot |V_{i+1}^2 - V_i^2| / 2$$

где  $n$  - число проведенных дискретных измерений в процессе исследования или тренинга.

Суммарная энергия, затраченная на поддержание или изменение позы за время проведения исследования или тренинга, вводится как новый показатель, характеризующий энергоёмкость усилий обследуемого на поддержание заданной позы или какое-либо ее изменение. По степени затраченных усилий можно судить о 5 двигательной стратегии человека и эффективности поддержания заданной позы или целенаправленного ее изменения. Эффективность в данном случае означает минимизацию затрат энергии на достижение цели при выполнении того или иного двигательного акта. В отличие от стандартных стабилметрических показателей (таких как длина, площадь статокинезиограммы и др.) данный показатель является более 10 чувствительным, поскольку учитывает значение квадрата мгновенных скоростей перемещения ОЦД за время исследования. В отличие от показателей, описанных в RU 2175851 C2, предлагаемый показатель имеет еще и явно выраженный физический смысл, что позволяет более точно связывать его значение с параметрами анализируемой двигательной стратегии.

15 Пример

Пример реализации предлагаемого способа иллюстрируется результатом проведенного стабилметрического исследования на серийном стабилметрическом комплексе ST-150 (ТУ 9441-005-49290937-2009).

У обследуемого с нарушением функции зрения, но не имеющего иной патологии; с 20 массой 84,2 кг; при проведении теста Ромберга (двухфазный тест, при котором у человека сравниваются стабилметрические параметры при открытых и закрытых глазах) за 51 секунду получены следующие данные:

- скорость общего центра давления при открытых глазах: 7,31 мм/с;
- скорость общего центра давления при закрытых глазах: 7,0 мм/с;
- 25 - площадь статокинезиограммы при открытых глазах: 63,15 мм<sup>2</sup>;
- площадь статокинезиограммы при закрытых глазах: 65,26 мм<sup>2</sup>.

Таким образом, различия для показателя скорости в двух фазах теста составили примерно 4,2%; для площади 3,3%. То есть чувствительность этих параметров к 30 изменению важной для поддержания равновесия сигнализации (включение и выключение зрения) сопоставима. При этом энергозатраты (работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры) составили соответственно 3,56 Дж и 3,08 Дж. Различие этого показателя для каждой из фаз теста, характеризующее его чувствительность, составило, таким образом, 13,5%. Иными словами, описываемый способ анализа двигательной 35 стратегии, по сравнению с обычно применяемыми, обладает значительно большей чувствительностью, что может быть использовано, например, в ранней диагностике той или иной патологии.

Иным примером, подчеркивающим достоинства данного показателя, является оценка 40 двигательной стратегии у двух здоровых, примерно равных по массе и росту испытуемых, выполняющих компьютерный тест «Мишень», где целью является удержание маркера в центре мишени на экране монитора, осуществляемое по принципу визуальной обратной связи с помощью управления собственным центром тяжести в вертикальной двухпедальной стойке, где траектория маркера соответствует изменениям ОЦД чертеж.

45 Успешность удержания маркера в центре мишени оценивается в баллах по определенному алгоритму. Оба испытуемых набрали за 90 секунд теста по 48 баллов. Однако различия в эффективности их двигательных стратегий обнаружились при анализе обсуждаемого показателя (значок E<sub>i</sub> на чертеже). Если у первого испытуемого итоговый показатель составил около 85 Дж, то у второго - 213 Дж. Таким образом,

для выполнения одного и того же задания с одинаковой успешностью (48 баллов) испытуемые использовали разные двигательные стратегии, характеризующиеся различными энергозатратами.

5 (57) Формула изобретения

Способ стабилметрического исследования двигательной стратегии человека, заключающийся в последовательном измерении совокупности координат общего центра давления (ОЦД) обследуемого на платформу в системе координат, связанной с платформой или обследуемым, и расчете при каждом измерении мгновенной скорости элементарного смещения ОЦД из начала в конец каждого дискретного отрезка статокинезиограммы, отличающийся тем, что при каждом измерении координат общего центра давления рассчитываются энергозатраты на перемещение общего центра давления за время исследования, определяемые как сумма приращений кинетических энергий тела обследуемого, вычисленных при каждом элементарном перемещении общего центра давления, с частотой дискретизации, обеспечивающей требуемую точность измерений.

10

15

20

25

30

35

40

45

СПОСОБ ОЦЕНКИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА  
ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПОДДЕРЖАНИЕ ИЛИ ИЗМЕНЕНИЕ ПОЗЫ

