

Método aplicado por computador que involucra un dispositivo para la medición de la presión plantar estática en la pisada

Sector tecnológico

La presente solicitud de patente se refiere a un método aplicado por computador que involucra un dispositivo que permite determinar la distribución de presiones en la planta del pie al realizar su apoyo en posición de bipedestación estática sobre una superficie.

Tecnología anterior

Los valores de la distribución de presiones en la planta del pie al realizar su apoyo en una superficie son de suma importancia en el diagnóstico, tratamiento de diferentes enfermedades y detección del tipo de pisada o deformidades en extremidades inferiores (Díaz, Torres, Ramírez, García & Álvarez, 2006). Algunas de las mediciones más ampliamente extendidas son el IHC (Índice de Hernández Corvo) y el AI (Índice de Arco por sus siglas en inglés *Arch Index*). Diferentes profesionales, de manera frecuente, realizan procedimientos para determinar los tipos de apoyo y análisis de presiones plantares por medio de métodos tradicionales en el que se emplean elementos como tintas, alcohol o carboncillo sobre papel para calcular el tipo de pisada. Estos métodos resultan tediosos, repetitivos y subjetivos a la impresión plantar realizada.

En la actualidad los avances de la tecnología en el sector de la salud han permitido revelar mecanismos para determinar la distribución de presiones plantares en un cortísimo tiempo por paciente. Sin embargo, la mayoría de ellos requieren de grandes instalaciones y equipos «*in situ*». Estos sistemas normalmente están

conformados por varios computadores, fuentes de alimentación, conexiones, cableado, cámaras y cientos de sensores, permitiendo que el análisis de presiones plantares se convierta en estudio de gran complejidad, pero requiriendo de grandes espacios para su adecuación.

Dentro de los principales dispositivos presentes en el arte se encuentran compañías y trabajos investigativos que se dedican al estudio de la baropodometría. Una de las principales compañías dedicadas al uso de sistemas de baropodometría es *BTS Bioengineering* en la ciudad de Nueva York. Con el BTS GAITLAB® realiza el análisis de movimiento cinemático y dinámico, y se utiliza para brindar soluciones para la captura y análisis tanto estático como dinámico de las presiones plantares, con el fin de un estudio clínico de la marcha, utilizando para ello plantillas o plataformas.

El arte enseña también aparatos y métodos para analizar la huella plantar, especialmente dinámicas, tales como US2007006489A1 de Nike, US2011054359A1 de la Universidad de Colorado o US2010050478A1 de Adidas. Sin embargo, estos dispositivos están más enfocados en determinar aspectos generales de salud y analizar la Biomecánica en forma dinámica, y no consideran los métodos IHC y AI para la obtener el tipo de pisada.

Por tanto, se vuelve necesario desarrollar un dispositivo con ayuda de la tecnología que permita a especialistas médicos tomar decisiones muy rápidas, efectivas y a muy bajo costo en relación con distribución de presiones plantares estáticas en la pisada.

Descripción detallada de la invención

La presente invención relaciona un sistema portátil de bajo costo que permite la determinación de la distribución de pisadas plantares en posición de bipedestación estática y aproxima el tipo de pisada por los métodos Hernández-Corvo e Índice de Arco. Los sensores analógicos utilizados son ubicados en puntos osteoarticulares específicos del pie:

- Calcáneo borde medial

- Calcáneo borde lateral
- Articulación calcáneocuboidea
- Tercera articulación intermetatarsiana
- Articulación Metatarso-Falángica V
- Articulación Metatarso-Falángica IV
- Articulación Metatarso-Falángica III
- Articulación Metatarso-Falángica II
- Articulación Metatarso-Falángica I
- Articulación interfalángica del hallux

También el equipo cuenta con sensores digitales para la detección de la presencia del pie en los siguientes puntos:

- Borde medial del calcáneo para pie neutro-pronador
- Articulación cubonavicular para pie neutro-pronador
- Cara inferior del cuneiforme lateral para pie neutro-pronador
- Cuerpo del tercer metatarsiano para pie neutro-pronador
- Cuerpo del primer metatarsiano para pie pronador
- Base de la falange proximal IV para pie supinador.
- Base de las falanges proximales II y III para pie neutro-supinador
- Base de la falange proximal I para pie pronador
- Articulación interfalángica proximal del dedo IV para pie supinador
- Articulaciones interfalángicas proximales de los dedos II y III para pie neutro-supinador

El presente dispositivo busca realizar una medición de las presiones plantares en cada pie en cada pie del individuo y realiza un cálculo porcentual de las mismas con un modelo estadístico en relación con el método IHC (Índice de Hernández Corvo) y el método AI (Índice de arco por sus siglas en inglés *Arch Index*) para aproximar el tipo de pisada.

El dispositivo consta de:

- Base que incorpora 2 plantillas que contienen 40 sensores en total:
 - 20 sensores analógicos de tipo resistivo, 10 por cada pie, que cambian su nivel de resistencia (en ohmios) dependiendo de cuánta presión reciben y permiten obtener el valor de fuerza en las siguientes áreas del pie: Calcáneo borde medial, calcáneo borde lateral, articulación calcáneocuboidea, tercera articulación intermetatarsiana, articulación Metatarso-Falángica V, articulación Metatarso-Falángica IV, articulación Metatarso-Falángica III, articulación Metatarso-Falángica II, articulación Metatarso-Falángica I, articulación interfalángica del hallux. Cada sensor mide hasta 4448 N y tiene las dimensiones: entre 25 mm y 26 mm de largo, entre 13 mm y 15 mm de ancho, entre 0.2 mm y 0.3 mm de espesor y un área de sensado de 9.53 mm.
 - 20 sensores analógicos de tipo resistivo, 10 por cada pie, usados como sensores digitales, ubicados en las siguientes partes del pie: Borde medial del calcáneo para pie neutro-pronador, articulación cubonavicular para pie neutro-pronador, cara inferior del cuneiforme lateral para pie neutro-pronador, cuerpo del tercer metatarsiano para pie neutro-pronador, cuerpo del primer metatarsiano para pie pronador, base de la falange proximal IV para pie supinador, base de las falanges proximales II y III para pie neutro-supinador, base de la falange proximal I para pie pronador, articulación interfalángica proximal del dedo IV para pie supinador, articulaciones interfalángicas proximales de los dedos II y III para pie neutro-supinador. Cada sensor mide hasta 98.1 N y tiene las dimensiones de: entre 44mm y 46 mm de largo, entre 9 mm y 11 mm de ancho, y un área de sensado de 7 mm.
- Un procesador que toma las medidas de los sensores, calcula mediante un modelo estadístico el valor medio de presión de cada sensor, realiza una

aproximación porcentual al índice de Hernández-Corvo e índice de arco, y envía los resultados a una base de datos de almacenamiento en la nube por redes inalámbricas.

- Un cliente en red –por ejemplo, un teléfono inteligente o un computador - desde el cual se realiza registro de usuarios, se tiene el mando de inicio en la toma de presiones plantares, se visualiza el diagrama de presiones plantares y la aproximación al tipo de pisada en cada pie, y finalmente se guardan los resultados de cada toma de datos por usuario.

La presente solicitud de patente se centra, principalmente, en un método aplicado por computador para determinar la distribución de presiones en la planta del pie al realizar su apoyo en posición de bipedestación estática sobre una superficie, método que consta de las siguientes etapas:

- Tomar datos de un individuo que está, de manera estática, en posición de bipedestación en una base con 40 sensores en total, de los cuales 20 son sensores analógicos (10 por cada pie), éstos toman la fuerza aplicada sobre las siguientes partes de cada pie: Calcáneo borde medial, calcáneo borde lateral, articulación calcáneocuboidea, tercera articulación intermetatarsiana, articulación Metatarso-Falángica V, articulación Metatarso-Falángica IV, articulación Metatarso-Falángica III, articulación Metatarso-Falángica II, articulación Metatarso-Falángica I, articulación interfalángica del hallux.
- Al mismo tiempo, los veinte sensores restantes (10 por cada pie) de tipo digital, detectar la presencia de fuerza sobre las siguientes zonas: Borde medial del calcáneo para pie neutro-pronador, articulación cubonavicular para pie neutro-pronador, cara inferior del cuneiforme lateral para pie neutro-pronador, cuerpo del tercer metatarsiano para pie neutro-pronador, cuerpo del primer metatarsiano para pie pronador, base de la falange proximal IV para pie supinador, base de las falanges proximales II y III para pie neutro-supinador, base de la falange proximal I para pie pronador, articulación

interfalángica proximal del dedo IV para pie supinador, articulaciones interfalángicas proximales de los dedos II y III para pie neutro-supinador.

- Enviar los datos a un procesador y tratarlos mediante un modelo estadístico implementando el método IHC (Índice de Hernández Corvo) y AI (Índice de arco por sus siglas en inglés) para obtener el valor medio de presiones plantares y determinar el tipo de pisada del usuario.
- Subir la información a un sistema de almacenamiento en la nube.
- Emplear un cliente de red —el cual puede ser un teléfono inteligente, un computador o una impresora entre otros— para presentar los resultados a un usuario, el cual puede ser el médico o el paciente

El sistema genera un diagnóstico preliminar que el profesional de la salud debe validar. En este diagnóstico preliminar se relaciona el cálculo del IMC del paciente, las presiones máximas y mínimas por pie, la localización de dichos puntos de presión y una aproximación a los métodos IHC (Índice Hernández Corvo) y AI (Arch Index). Los desarrollos previos se enfocan en el estudio biomecánico dinámico en relación de la pisada del usuario o paciente a examinar, o en su estudio de presiones estáticas sin tener en cuenta la aproximación al tipo de pisada por los métodos IHC y AI. En la presente invención, por el contrario, se entrega un análisis de las presiones plantares de la pisada en estado estático y un diagnóstico preliminar del tipo de pisada. Otra ventaja de la presente invención es su portabilidad y el hecho de que la información de presiones plantares puede evaluarse en el tiempo gracias a su registro en base de datos en la nube.