

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 640**

21 Número de solicitud: 200901235

51 Int. Cl.:

**A61B 5/11**

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **18.05.2009**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **29.03.2012**

Fecha de la concesión: **07.11.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **20.11.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**20.11.2012**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (50.0%)  
OTRI - PABELLÓN DE BRASIL, PASEO DE LAS  
DELICIAS S/N  
41013 SEVILLA, ES y  
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BARROSO CARO, Alberto;  
PARÍS CARBALLO, Federico;  
CAÑAS DELGADO, José;  
CAÑAS DELGADO, Antonio;  
RIBAS SERNA, Juan y  
PARÍS GARCÍA, Federico**

74 Agente/Representante:

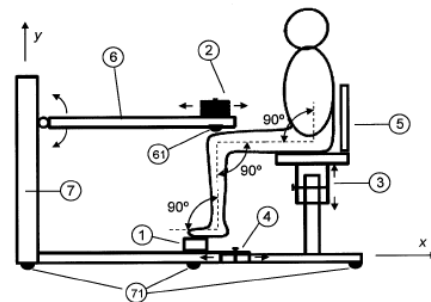
**No consta**

54 Título: **DISPOSITIVO Y MÉTODO DE MEDIDA DE LAS CARACTERÍSTICAS VISCO-ELÁSTICAS DEL TRICEPS SURAL POR LA VIBRACIÓN LIBRE LONGITUDINAL DEL SEGMENTO TIBIAL.**

57 Resumen:

Dispositivo de medida de las características visco-elásticas del triceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial que comprende, al menos: una primera célula de carga (1), una segunda pesa de masa M (2), un asiento regulable en altura (3), un elemento de regulación de la posición del equipo en la dirección x (4), un elemento de respaldo (5), una viga articulada (6) y un bastidor (7).

FIGURA 1



ES 2 377 640 B1

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial.

5 El objeto de la presente invención es un dispositivo y método para la medida en vivo, mediante un método no invasivo de las propiedades visco-elásticas del tríceps sural, basándose en la asociación de la vibración del segmento tibial con un individuo sentado y su arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema de un grado de libertad, siendo dicho grado de libertad, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial.

### Antecedentes de la invención

15 Se han localizado distintos documentos relacionados con la determinación de propiedades mecánicas de músculos que muestran el interés por la fabricación de máquinas y dispositivos que permitan caracterizar dichas propiedades para el seguimiento del estado de entrenamiento y/o recuperación del tono muscular tras un estado de inactividad derivado de operaciones o lesiones.

20 Así pues, la PCT WO 02/19907 describe un sistema de cuantificación del tono muscular, en donde se obtienen propiedades de rigidez, viscosidad e inercia de los músculos asociados al giro de la muñeca mediante sollicitaciones no sinusoidales. La PCT WO 2006/081366 describe un método y un aparato para monitorizar el funcionamiento del músculo basado en un índice obtenido de una señal de presión o fuerza. Otros sistemas equivalentes son los descritos por los documentos WO 2008/116227, WO 99/07280 y US 6132385. Ninguno de estos elementos refleja el objeto de la invención descrito.

25 La determinación de las propiedades de rigidez y viscosidad de un sistema músculo-tendón mediante la técnica de vibración libre ha sido mencionada y estudiada en algunas publicaciones. Por lo general, las diferentes técnicas propuestas para la determinación de las propiedades mecánicas de músculo y tendón, ajustan ciertos resultados experimentales a los parámetros que describen el comportamiento del sistema músculo-tendón.

30 De entre las propuestas que utilizan la vibración libre cabe destacar el trabajo de S. Fukashiro *et al.* “*In vivo determination of muscle viscoelasticity in the human leg*” que, con el sujeto sentado, y un peso variable sobre la rodilla, con apoyo genérico en el antepié, sollicitan el sistema sóleo-tendón mediante un impacto sobre el peso, que hace que se produzca una oscilación, alrededor de un valor medio, de la carga que atraviesa el sistema sóleo-tendón que se registra mediante un diagrama fuerza-tiempo, y que permite determinar las rigideces del músculo y el tendón, así como el amortiguamiento aparente del sistema.

### Descripción de la invención

40 En un primer aspecto de la invención el dispositivo de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial que comprende, al menos: una primera célula de carga, una segunda pesa de masa M, un asiento regulable en altura, un elemento de regulación de la posición del equipo en la dirección  $x$ , un elemento de respaldo, una viga articulada y un bastidor.

45 En un segundo aspecto, el método de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial implementado en el dispositivo anterior que comprende las siguientes etapas:

- 55 (i) una primera etapa de ensayo en el dispositivo anterior para una pluralidad de pesos y registrando las diferentes evoluciones de la fuerza con el tiempo;
- 60 (ii) una segunda etapa de evaluar los diferentes parámetros que definen la respuesta del modelo de un grado de libertad, mediante un procedimiento de ajuste por mínimos cuadrados, entre los resultados obtenidos experimentalmente y el modelo matemático que describe la vibración libre del sistema músculo-tendón y que queda determinado por una pluralidad de parámetros que se obtienen del proceso de ajuste; y
- 65 (iii) una tercera etapa de procedimiento de ajuste para obtener los valores de rigidez, una vez encontrados los parámetros del modelo de un grado de libertad que mejor ajustan las evoluciones registradas de la fuerza transmitida a la plataforma; dichos procedimientos alternativos de ajuste comprendiendo:
- (a) ajuste por mínimos cuadrados en rigideces para obtener los valores de rigidez de sóleo y tendón por separado;

- (b) ajuste por mínimos cuadrados, igual que en rigideces, pero ajustando la recta de flexibilidades en vez de la curva de rigideces, mediante la minimización del error cuadrático;
- 5 (c) ajuste por flexibilidades que emplea el valor absoluto del error en vez del error cuadrático, dado que se ve menos afectado en el proceso de ajuste por la presencia de valores que se alejan mucho del modelo;
- 10 (d) un tercer método de ajustes en flexibilidades emplea el procedimiento de Tukey de regresión lineal, basado en las medianas como estimador más robusto que la media; y
- 15 (e) una variante del ajuste por mínimos cuadrados, pero truncando la serie de puntos empleados para el ajuste de manera iterativa en donde en un primer ajuste se emplean todos los puntos y se elimina el que presente un residuo mayor a la recta de ajuste, y una vez eliminado ese punto, se recalcula la recta de ajuste por mínimos cuadrados y se repite el procedimiento, hasta eliminar la mitad de los puntos, lo cual garantiza errores asociados a los valores aberrantes (errores de medida experimental que perturban el ajuste al modelo matemático).

20 Las mejoras que proporciona este procedimiento son, por un lado que se trata de un procedimiento cien por cien no invasivo. El procedimiento y por ende los resultados son independientes del sujeto. En otras pruebas para medir el estado de forma de un sujeto (carreras, levantamiento de peso, etc.) el sujeto puede de forma voluntaria interferir sobre los resultados. En el procedimiento que se ha desarrollado la voluntad del sujeto es ajena a la determinación de las propiedades que se miden.

25 El procedimiento que se ha desarrollado es muy rápido. Ello es posible gracias al desacoplamiento entre la realización de las medidas y el proceso de manipulación de la información. Una de las pruebas de que consta el procedimiento dura entre 20 y 30 segundos y el proceso total del orden de unos 10 minutos.

30 El equipo desarrollado es fácilmente portable, lo que facilita su desplazamiento a centros de de entrenamiento de deportistas para poder hacer realizar controles periódicos con mínima alteración de hábitos y horarios. Además, es de coste reducido, lo que se ha conseguido gracias al empleo de desarrollos propios, reduciendo al mínimo la adquisición de equipos comerciales.

### 35 **Breve descripción de las figuras**

A continuación se pasan a describir de manera muy breve las figuras que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

40 Fig. 1 muestra la disposición del ensayo, sumariándose la posición del individuo así como aquellas características del ensayo que son de especial relevancia, como los ángulos de 90 grados de las articulaciones de la rodilla y del pie antes de producir el impacto.

45 Fig. 2 muestra una huella plantar con los puntos principales a tener en cuenta en el método desarrollado en la presente invención.

### **Realización preferente de la invención**

50 Como ha sido comentado anteriormente, la presente invención tiene por objeto el desarrollo de un dispositivo y método de medida en vivo, por un procedimiento cien por cien no invasivo, de las propiedades viscoelásticas del tríceps sural.

55 Dicho método está basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial. La vibración queda desencadenada al aplicar un golpe en una pesa colocada sobre la rodilla del individuo objeto del estudio, tal y como se observa en la figura 1.

60 La dependencia de las propiedades visco-elásticas del tríceps sural con la carga aplicada exige la realización de diferentes ensayos con diferentes cargas. Cada ensayo tiene una duración aproximada de 5 segundos, siendo de un minuto la duración de un ciclo completo del ensayo.

65 Se realizan entre 5 y 10 ensayos con diferentes pesos, para cada individuo. Un procedimiento de ajuste especialmente diseñado permite, por un método indirecto, obtener las propiedades del sistema con un grado de libertad, de acuerdo al cual se ha supuesto que la pierna se comporta.

Más concretamente, el modelo físico anteriormente referenciado es el de vibración libre de un sistema con un grado de libertad amortiguado. El movimiento que se va a asociar al sistema de un grado de libertad es el desplazamiento

vertical en un tramo inferior de la pierna, estando el sujeto sentado y apoyando el arco metatarsal en una plataforma que permite medir la fuerza que el individuo transmite. Inicialmente, se coloca sobre la rodilla del individuo una pesa cuyo valor está comprendido entre 5 y 40 kilos, aunque este rango no es exclusivo ni limitativo. La acción de un impulso, un golpe realizado con un martillo, por ejemplo, provoca la vibración libre del tramo inferior de la pierna con un punto fijo al arco metatarsal que apoya en la plataforma de medida, y produciéndose la rotación alrededor de la articulación del pie. La plataforma registra la evolución de la fuerza que se transmite y que en un tiempo alrededor de los dos segundos se ha amortiguado totalmente. Para realizar esta experimentación se ha diseñado el dispositivo objeto de la presente invención, el cual comprende,

- (a) una célula de carga (1) configurada para capturar la señal de presión debajo del pie una vez se ha producido el impacto, y en donde la célula de carga está fijada a un bastidor (7) y movida longitudinalmente en la dirección del eje  $x$  por un elemento de regulación (4).
- (b) una pesa de masa  $M$  (2) configurada para acentuar el movimiento de la antepierna en el sentido del eje  $y$  y de acuerdo con un modelo de masas concentradas de un grado de libertad; la masa que oscila  $m$  es la suma de la masa  $M$  de la pesa y la masa de la antepierna, cuyo valor es difícil de medir; la suma total de la masa que oscila se determina como el valor de uno de los parámetros que inciden en la respuesta y que se obtienen con el proceso de ajuste;
- (c) un asiento regulable en altura en la dirección del eje  $y$ , configurado para facilitar dos de los ángulos rectos que aparecen reflejados en la figura 1: uno en la rodilla entre la antepierna y el muslo y otro en el tobillo entre la antepierna y el pie; también, en este mismo sentido, acepta el asiento desplazamientos en la dirección  $x$ , a través del elemento de regulación (4) en donde la correcta disposición del sujeto en la dirección  $z$ , para que el sistema que vibra lo haga en el plano  $xy$ , se realiza de forma simple dada la longitud del asiento en esta dirección;
- (d) un elemento de regulación de la posición del equipo en la dirección  $x$  (4) configurado para ajustar en la dirección del eje  $x$  la posición del individuo para que el pie quede sobre la célula en la posición correcta y para que el ángulo de la antepierna y el muslo forme un ángulo de 90 grados, en donde esta distancia y las demás involucradas en el ensayo quedan grabadas en el mismo para garantizar la repetibilidad del ensayo con el mismo individuo en días diferentes;
- (e) un elemento de respaldo (5) en donde para un mismo valor de la masa de la pesa, la fuerza que se transmite a la célula de carga se altera de forma muy sensible en función del ángulo que la espalda forma con el muslo, que debe ser de 90 grados; y en donde para mantener dicho ángulo constante durante los ensayos se ha diseñado un elemento de respaldo (5) que es un respaldo vertical rígido configurado para mantener la posición del sujeto y hace que el valor del ángulo entre espalda y muslo sea inalterable durante el ensayo;
- (f) una viga articulada (6) configurada para permitir que el sistema de carga se adapte de forma sencilla a las características antropométricas del sujeto; en donde en un extremo la viga 6 está articulada y en el otro apoya sobre la rodilla; dicho contacto entre la viga y la rodilla se realiza a través de un dispositivo cilíndrico (61) alineado con el eje  $z$ , que garantiza la transmisión puntual en el plano  $xy$ , pero repartida en la dirección  $z$ ; la capacidad de desplazamiento de la masa (masa  $M$  (2) y elemento de contacto con la rodilla) en la dirección  $x$ , permite la adaptación del sistema a cualquier sujeto.
- (g) un bastidor (7) constituido por una estructura horizontal en forma de T y un pilar, y descansa sobre el suelo a través de tres apoyos (71) situados en los extremos de la T.

Una vez realizada la prueba para diferentes pesos y habiendo registrado las diferentes evoluciones de la fuerza con el tiempo, se trata ahora de evaluar los diferentes parámetros que definen la respuesta del modelo de un grado de libertad, mediante un procedimiento de ajuste. Del registro obtenido, que incluye varias ondas con amortiguación, se selecciona un intervalo de ajuste en el que se deja también como variable a ajustar la masa del sistema con un grado de libertad, dado que además de la pesa colocada  $M$  (2), de valor obviamente conocido, existe también un peso de la pierna, diferente para cada individuo, que resulta difícil de medir y que se ajusta en el proceso. Dicho procedimiento se basa en un ajuste por mínimos cuadrados entre los resultados obtenidos experimentalmente y el modelo matemático [Ec. 1] que describe la vibración libre del sistema músculo-tendón y que queda determinado por cinco parámetros ( $a_s$ ,  $a_c$ ,  $w$ ,  $\gamma$ ,  $m$ ) que se obtienen del proceso de ajuste. La expresión del error cuadrático que debe minimizarse para obtener una aproximación de dichos parámetros es:

$$F(t) = e^{-\gamma t} [a_s \sin(wt) + a_c \cos(wt)] + mg \quad [\text{Ec. 1}]$$

Una vez encontrados los parámetros del modelo de un grado de libertad que mejor ajustan las evoluciones registradas de la fuerza transmitida a la plataforma, es preciso realizar otro procedimiento de ajuste para obtener los valores de rigidez que se desean. Ello es debido a que la rigidez del soleo es función de la fuerza que lo solicita, mientras

que la del tendón es independiente de dicha fuerza. A tal efecto se han desarrollado diversos procedimientos de ajuste capaces de encontrar la solución que mejor se ajusta a los resultados experimentales obtenidos para los diferentes valores de pesos usados en las pruebas. Dichos procedimientos alternativos son:

- 5 (i) Ajuste por mínimos cuadrados en rigideces para obtener los valores de rigidez de soleo y tendón por separado. De las parejas fuerza-rigidez ( $f, k$ ) obtenidas de la vibración libre y de acuerdo a la ecuación [2] que las relaciona con las rigideces del soleo  $k_d$  y tendón  $k_i$  la solución obtenida para ( $k_d$  y  $k_i$ ) es la que minimiza el error cuadrático (3) entre los resultados experimentales y los del modelo.

10

$$k = \frac{k_i k_d f}{k_i + k_d f} \quad [\text{Ec.2}]$$

15

$$error = \sum_{i=1}^n [k_{\text{exp}}(f_{\text{exp}}) - k(k_i, k_d)]^2 \quad [\text{Ec.3}]$$

20

La inversa de la expresión (Ec. 2) es

25

$$\frac{1}{k} = \frac{k_i + k_d f}{k_i k_d f} = \frac{1}{k_d f} + \frac{1}{k_i}, C = c_d f^* + c_i, \left( f^* = \frac{1}{f} \right) \quad [\text{Ec.4}]$$

cuya representación es una recta. Los cuatro métodos restantes son alternativas para el ajuste en flexibilidades de dicha recta.

30

- (ii) Uno de los métodos de ajuste mediante flexibilidades es por mínimos cuadrados, igual que en rigideces, pero ajustando la recta (Ec. 4) en vez de la curva de rigideces, mediante la minimización del error cuadrático (Ec. 5).

35

$$error = \sum_{i=1}^n [c_{\text{exp}}(f_{\text{exp}}^*) - c(c_i, c_d)]^2 \quad [\text{Ec.5}]$$

40

- (iii) Otro método de ajuste por flexibilidades emplea el valor absoluto del error (Ec. 6) en vez del error cuadrático, dado que se ve menos afectado en el proceso de ajuste por la presencia de valores que se alejan mucho del modelo.

45

$$error = \sum_{i=1}^n |c_{\text{exp}}(f_{\text{exp}}^*) - c(c_i, c_d)| \quad [\text{Ec.6}]$$

50

- (iv) Un tercer método de ajustes en flexibilidades emplea el procedimiento de Tukey de regresión lineal, basado en las medianas como estimador más robusto que la media.

55

- (v) La quinta propuesta (cuarta en flexibilidades) es una variante del ajuste por mínimos cuadrados, pero truncando la serie de puntos empleados para el ajuste de manera iterativa. En un primer ajuste se emplean todos los puntos y se elimina el que presente un residuo mayor a la recta de ajuste. Una vez eliminado ese punto, se recalcula la recta de ajuste por mínimos cuadrados y se repite el procedimiento, hasta eliminar la mitad de los puntos, lo cual garantiza errores asociados a los valores aberrantes (errores de medida experimental que perturban el ajuste al modelo matemático).

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial **caracterizado** porque comprende, al menos
- 10 (a) una célula de carga (1) configurada para capturar la señal de presión debajo del pie una vez se ha producido el impacto;
- (b) una pesa de masa M (2) configurada para acentuar el movimiento de la antepierna en el sentido del eje y de acuerdo con un modelo de masas concentradas de un grado de libertad;
- 15 (c) un asiento regulable en altura (3) en la dirección del eje y, configurado para generar un primer ángulo recto en la rodilla entre la antepierna y el muslo y otro en el tobillo entre la antepierna y el pie;
- (d) un elemento de regulación de la posición del equipo en la dirección x (4) configurado para ajustar en la dirección del eje x la posición del individuo para que el pie quede sobre la célula en la posición correcta y para que el ángulo de la antepierna y el muslo forme un ángulo de 90 grados;
- 20 (e) un elemento de respaldo (5) vertical rígido configurado para mantener la posición del sujeto y hace que el valor del ángulo entre espalda y muslo sea inalterable durante el ensayo;
- 25 (f) una viga articulada (6) configurada para permitir que el sistema de carga se adapte de forma sencilla a las características antropométricas del sujeto;
- (g) un bastidor (7) constituido por una estructura horizontal en forma de T y un pilar, y descansa sobre el suelo a través de tres apoyos (71) situados en los extremos de la T.
- 30
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la célula de carga está fijada a un bastidor (7) y movida longitudinalmente en la dirección del eje x por un elemento de regulación (4).
- 35 3. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2 en donde el asiento regulable en altura (3) está configurado para habilitar desplazamientos en la dirección x, a través del elemento de regulación (4) en donde la correcta disposición del sujeto en la dirección z, para que el sistema que vibra lo haga en el plano xy.
- 40 4. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde las distancias involucradas en el ensayo quedan grabadas en el mismo para garantizar la repetibilidad del ensayo con el mismo individuo en días diferentes.
5. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde un extremo de la viga (6) está articulada y en el otro apoya sobre la rodilla; donde dicho contacto entre la viga y la rodilla se realiza a través de un dispositivo cilíndrico (61) alineado con el eje z, que garantiza la transmisión puntual en el plano xy, pero repartida en la dirección z; y donde la capacidad de desplazamiento de la masa (masa M (2) y elemento de contacto con la rodilla) en la dirección x, permite la adaptación del sistema a cualquier sujeto.
- 45
6. Método de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial implementado en el dispositivo de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** porque comprende las siguientes etapas:
- 50
- (i) una primera etapa de ensayo en el dispositivo de las reivindicaciones 1 a 5, para una pluralidad de pesos y registrando las diferentes evoluciones de la fuerza con el tiempo;
- 55
- (ii) una segunda etapa de evaluar los diferentes parámetros que definen la respuesta del modelo de un grado de libertad, mediante un procedimiento de ajuste por mínimos cuadrados entre los resultados obtenidos experimentalmente y el modelo matemático  $F(t) = e^{-\gamma t} [a_s \sin(\omega t) + a_c \cos(\omega t)] + mg$  que describe la vibración libre del sistema músculo-tendón y que queda determinado por cinco parámetros ( $a_s$ ,  $a_c$ ,  $\omega$ ,  $\gamma$ , m) que se obtienen del proceso de ajuste; y
- 60
- (iii) una tercera etapa de procedimiento de ajuste para obtener los valores de rigidez, una vez encontrados los parámetros del modelo de un grado de libertad que mejor ajustan las evoluciones registradas de la fuerza transmitida a la plataforma.
- 65

7. Método de acuerdo con la reivindicación 6 en donde la tercera etapa del método comprende un ajuste por mínimos cuadrados en rigideces para obtener los valores de rigidez de soleo y tendón por separado.

5 8. Método de acuerdo con la reivindicación 6 en donde la tercera etapa del método comprende un ajuste por mínimos cuadrados, igual que en rigideces, pero ajustando la recta en vez de la curva de rigideces, mediante la minimización del error cuadrático de la ecuación  $error = \sum_{i=1}^n [c_{exp}(f_{exp}^*) - c(c_i, c_d)]^2$ .

10

9. Método de acuerdo con la reivindicación 6 en donde la tercera etapa del método comprende un ajuste por flexibilidades que emplea el valor absoluto del error  $error = \sum_{i=1}^n |c_{exp}(f_{exp}^*) - c(c_i, c_d)|$  en vez del error cuadrático,

15

dado que se ve menos afectado en el proceso de ajuste por la presencia de valores que se alejan mucho del modelo.

20

10. Método de acuerdo con la reivindicación 6 en donde la tercera etapa del método comprende un ajuste por flexibilidades utilizando el procedimiento de Tukey de regresión lineal, basado en las medianas como estimador más robusto que la media.

25

11. Método de acuerdo con la reivindicación 6 en donde la tercera etapa del método comprende una variante del ajuste por mínimos cuadrados, pero truncando la serie de puntos empleados para el ajuste de manera iterativa en donde en un primer ajuste se emplean todos los puntos y se elimina el que presente un residuo mayor a la recta de ajuste, y una vez eliminado ese punto, se recalcula la recta de ajuste por mínimos cuadrados y se repite el procedimiento, hasta eliminar la mitad de los puntos, lo cual garantiza errores asociados a los valores aberrantes (errores de medida experimental que perturban el ajuste al modelo matemático).

FIGURA 1

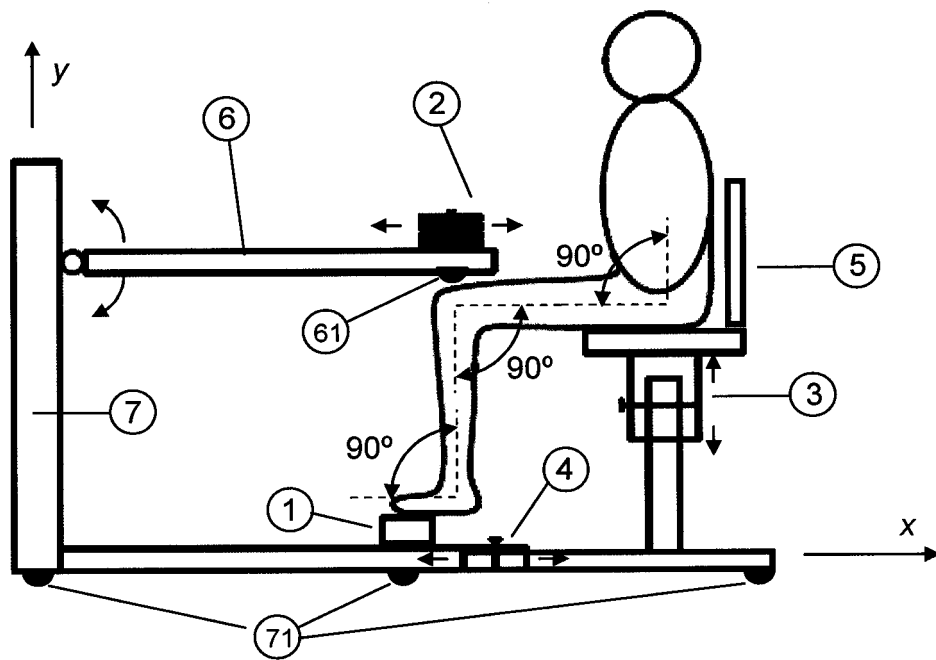
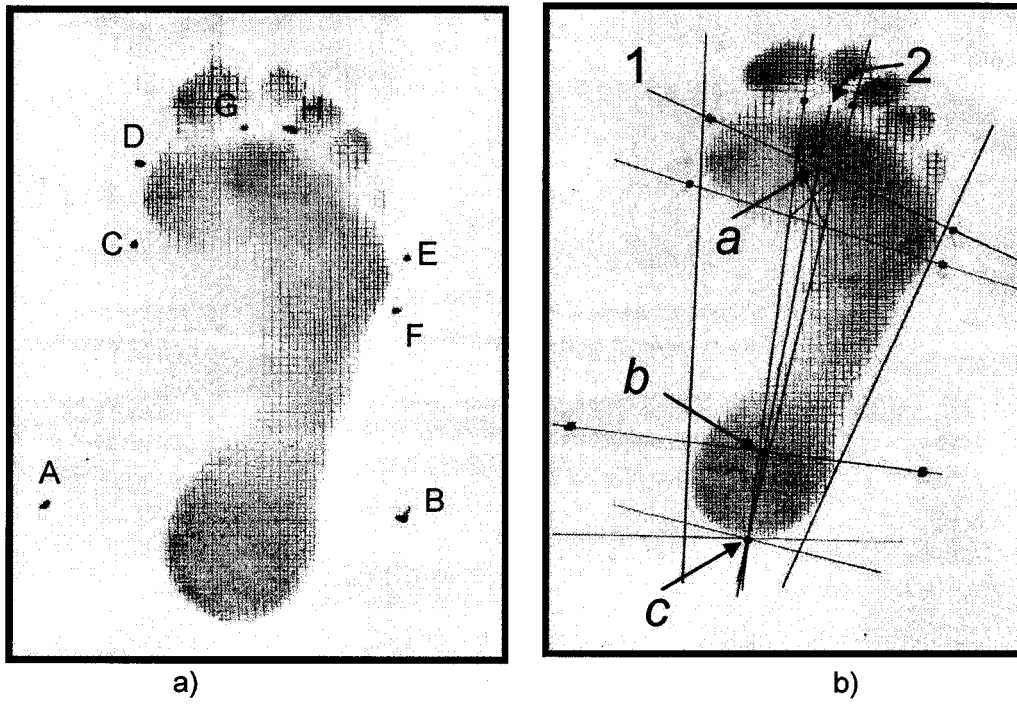




FIGURA 2





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200901235

②② Fecha de presentación de la solicitud: 18.05.2009

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **A61B5/11** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	S. F UKASHIRO et al. "In vi vo det ermination of muscle viscoelasticity i n t he h uman l eg". A cta Physiol Scand 2001, 172, 241-248.	1-11
Y	US 5403251 A (BELSITO ANNE W et al.) 04.04.1995, resumen; columna 6, línea 15 – columna 28, línea 11; figuras.	1-11
A	01.02.2006, J. T ROY B LACKBURN et al. "Influences of exp erimental factors o n sp inal st retch reflex latency and amplitude in the human triceps surae". Journal of electromyography and kinesiology 16 (2006) 42-50.	1-11
A	01.02.2006, J. TROY B LACKBURN et al. "Comparison of t riceps su rae st ructural st iffness a nd material modulus across sex". Clinical biomechanics 21 (2006) 159-167.	1-11

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
14.03.2012

Examinador  
B. Tejedor Miralles

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A61B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.03.2012

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-11	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-11	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	S. FUKASHIRO et al.	2001
D02	US 5403251 A (BELSITO ANNE W et al.)	04.04.1995
D03	J. TROY BLACKBURN et al. Journal of electromyography and kinesiology.	01.02.2006
D04	J. TROY BLACKBURN et al. Clinical biomechanics	01.02.2006

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

Reivindicación 1 (dispositivo):

El documento de la técnica más cercano es el D01. Divulga dispositivo de medida de las características visco-elásticas del tríceps sural por la vibración libre longitudinal del segmento tibial del tipo basado en la asociación de la vibración del segmento tibial con el individuo sentado y el arco metatarsal apoyado en una plataforma de medida de fuerza, a la vibración libre de un sistema con un grado de libertad, siendo dicho grado, en este caso, el desplazamiento vertical del segmento tibial que comprende una célula de carga, una pesa de masa M, un asiento, una viga articulada y un bastidor. Se diferencia en que el asiento no parece tener un respaldo vertical rígido ni es regulable en altura y no dispone de un elemento de regulación de la posición del equipo en el eje x. Las diferencias señaladas parecen responder a requisitos implícitos para el uso del dispositivo descrito en la primera reivindicación. El efecto técnico que se consigue es poder mover los distintos elementos del dispositivo para lograr la posición adecuada del sujeto. El problema técnico a resolver es cómo lograr la posición adecuada del sujeto bajo ensayo; es decir, que la cadera, la rodilla y la articulación del tobillo estén formando un ángulo de 90°. El documento D02 divulga un sistema de posicionamiento de un paciente en una máquina de ejercicio que consta de un asiento con respaldo, regulable en altura y un actuador que puede moverse tanto a lo largo del eje x sobre un rail, como del eje z para adaptarse a las necesidades de posición del sujeto (figuras 1 y 3, columna 6, línea 15-columna 28, línea 11; D02). Así, un experto en la materia utilizaría dichas características técnicas para solucionar el problema técnico planteado. Por lo tanto, la reivindicación 1 no presenta actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

Reivindicaciones 2-5:

Las reivindicaciones 2 y 3 hacen referencia a los movimientos posibles de la célula de carga y del asiento. En el dispositivo descrito en el documento D01 no parece contemplarse dichos movimientos, tal y como se ha comentado en la primera reivindicación. Sin embargo, la posibilidad de mover tanto el asiento como la célula de carga en las direcciones previstas, se encuentra descrita en el documento D02 (figuras 1 y 3, columna 6, línea 15-columna 28, línea 11; D02). Por lo tanto, un experto en la materia, utilizaría dichas características técnicas tal y como se ha expuesto anteriormente, conocimiento técnico para estas reivindicaciones 2 y 3 no presentan actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

La reivindicación 4 expone que las distancias involucradas en el ensayo quedan grabadas en el mismo. El documento D02 divulga que su sistema prevé tal característica técnica (resumen; D02). Por lo tanto, dicha reivindicación no presenta actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

La reivindicación 5 expone que un extremo de la viga está articulada y en el otro apoya sobre la rodilla, tal y como se describe en el documento D01. Además, expone que el contacto entre la viga y la rodilla se realiza a través de un dispositivo cilíndrico. Se trata de una mera ejecución particular para un experto en la materia, ya que se trata de transmitir la fuerza verticalmente repartida a lo largo del eje z sobre un área concreta. A modo de ejemplo se cita el documento D03 (Blackburn 16 2006). Por lo tanto, dicha reivindicación no presenta actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

Reivindicación 6 (método):

Se considera como estado de la técnica más cercano el documento D01. En dicho documento se aborda el cálculo expuesto en las etapas 2 y 3 partiendo de la misma ecuación. Por lo tanto, dicha reivindicación no presenta actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

Reivindicaciones 7-11:

Las reivindicaciones dependientes hacen referencia a distintos métodos de ajuste matemático conocidos en el campo de los métodos numéricos y que un experto en la materia utilizaría según las circunstancias. Por lo tanto, dichas reivindicaciones carecen de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la ley de patentes 11/1986.