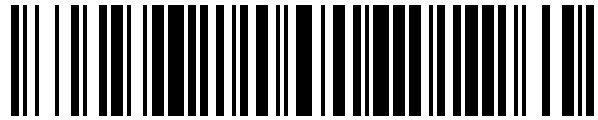


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 280 179**

21 Número de solicitud: 202131350

51 Int. Cl.:

**A61H 3/00** (2006.01)

**A61H 1/02** (2006.01)

**B25J 9/00** (2006.01)

**A61F 5/01** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**21.09.2020**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**27.10.2021**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)  
Campus Las Lagunillas, S/N  
23071 Jaén (Jaén) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍN DOÑATE, Cristina;  
RUBIO PARAMIO, Miguel Ángel;  
JURADO JIMÉNEZ, María;  
GARRIDO IZQUIERDO, Ana;  
LÓPEZ CRUZ, José Pablo y  
VIDAL MUÑOZ, Victor**

54 Título: **Dispositivo ortopédico para la rehabilitación de la marcha**

ES 1 280 179 U

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo ortopédico para la rehabilitación de la marcha

### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La invención pertenece en general al campo de los dispositivos ortopédicos para la rehabilitación de pacientes con problemas de movilidad relacionados con la marcha.

10 El objeto de la presente invención es un nuevo dispositivo ortopédico diseñado para ejercer al menos parte de las fuerzas desarrolladas por la musculatura de la extremidad inferior de un paciente durante la marcha, facilitando así el proceso de rehabilitación.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Actualmente existen diversos dispositivos diseñados para ayudar a un paciente durante el proceso de rehabilitación de la marcha. Estos dispositivos están basados en la mayoría de los casos en estructuras mecánicas externas dotadas de puntos de apoyo que permiten al paciente reducir la carga sobre las estructuras anatómicas afectadas.

20 Los dispositivos más sencillos son de tipo pasivo, es decir, carecen de partes que se mueven de manera autónoma, y simplemente se basan en proporcionar un punto de apoyo sobre el cual el paciente pueda apoyarse con las manos. Ejemplos de este tipo de dispositivos son las paralelas, que consisten simplemente en un par de barras paralelas entre las cuales se  
25 desplaza el paciente agarrado a las mismas, y los andadores, que están formados por una estructura de barras apoyada sobre unas ruedas para desplazarse con el paciente.

Existen también dispositivos más complejos basados en reducir el peso efectivo que soportan las piernas del paciente. Se trata de dispositivos de gran tamaño que disponen de una  
30 estructura situada por encima del paciente, de modo que mediante un arnés específicamente diseñado el paciente puede colgarse parcialmente para reducir el peso efectivo que soportan sus extremidades inferiores. Estos dispositivos pueden disponer además de una cinta móvil en su parte inferior para que el paciente pueda caminar normalmente sin moverse del lugar. Un ejemplo de dispositivo comercial de este tipo es el denominado RoboWalk.

35 Un tercer tipo de dispositivos son los exoesqueletos, dispositivos robóticos externos que se

fijan al paciente para soportar todo o una parte de su peso y para ayudarlo en la medida deseada a realizar los movimientos requeridos para la marcha. Un ejemplo de dispositivo comercial de este tipo es el exoesqueleto Atlas desarrollado por la empresa Marsi Bionics.

- 5 Adicionalmente existen otro tipo de dispositivos ortopédicos controlados de forma activa para proporcionar asistencia en la locomoción, rehabilitación de la marcha y entrenamiento de la marcha. Ejemplos de estos dispositivos se encuentran en las patentes WO 2011008934 A2, WO 2014109799 A1, US 2002116741 A1.
- 10 Los dispositivos descritos tienen el inconveniente de que son muy voluminosos. Además, exceptuando los anticuados andadores y paralelas, se trata de aparatos muy caros. Debido a estos motivos, normalmente sólo se utilizan durante períodos de tiempo muy cortos en hospitales y otras instalaciones sanitarias, quedando fuera del alcance de particulares para su uso en sus domicilios o incluso en lugares públicos.

15

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- Para solucionar los inconvenientes anteriores, los inventores de la presente solicitud han desarrollado un nuevo dispositivo ortopédico más sencillo y menos voluminoso que los
- 20 dispositivos de la técnica anterior. Este nuevo dispositivo está basado en una prenda vestible por el paciente, concretamente una media, que está dotada de unos cilindros neumáticos conectados a unas fibras fijadas a determinados puntos de la media. La extensión de los cilindros provoca tracción sobre las fibras, que ejercen así la función de los músculos responsables de la flexión y extensión de la cadera. Este novedoso dispositivo facilita
- 25 enormemente la rehabilitación del paciente, pudiendo realizarla incluso en su propio domicilio.

En la siguiente descripción del dispositivo de la invención se utilizarán los siguientes términos:

- 30 Superior/inferior: En este documento, las direcciones "*superior*" e "*inferior*" se interpretan de acuerdo con una dirección esencialmente vertical correspondiente a la dirección craneocaudal del paciente cuando está de pie en posición erguida.

Porción abdominal de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre el abdomen del paciente.

35

Porción de cuádriceps de la media: Se refiere a la porción de la media que queda

ubicada sobre el cuádriceps del paciente.

Porción de tibia de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre la zona superior de la tibia del paciente.

5

Porción lumbar de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre la zona lumbar del paciente.

10

Porción de glúteo de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre el glúteo del paciente.

Porción de abductor de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre el abductor del paciente.

15

Porción de pantorrilla de la media: Se refiere a la porción de la media que queda ubicada sobre la zona superior de la pantorrilla del paciente.

20

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un dispositivo ortopédico para rehabilitación de la marcha que comprende fundamentalmente los siguientes elementos: una media elástica, un accionador de cadera, y un accionador de rodilla. A continuación, se describe cada uno de estos elementos con mayor detalle.

#### a) Media

25

Se trata de una media elástica configurada para ajustarse firmemente a la pierna de un paciente cubriendo desde el pie hasta el abdomen.

30

Es importante que esta media se fije a la pierna del paciente de la manera más firme posible, ya que las tensiones ejercidas por los accionadores sobre las respectivas articulaciones estarán aplicadas a determinados puntos de dicha media. Por tanto, la media debe comportarse como una parte integral de la pierna del paciente, sin retorcerse ni deslizar sobre la piel del paciente. Para ello, la media debe estar suficientemente comprimida sobre la pierna del paciente, pudiendo estar dotada además de una superficie interior antideslizante que maximice el agarre sobre la piel.

35

Además, como se describirá con mayor detalle más adelante en este documento, es posible fabricar la media de manera personalizada para cada paciente, lo que permite

conseguir una adaptación mucho más precisa de la media a la pierna del paciente, y reduciendo por tanto aún más la movilidad de la media.

b) Accionador de cadera

5

El accionador de cadera está fijado a la media y configurado para provocar selectivamente la flexión o extensión de la articulación de la cadera del paciente cuando lleva puesta la media. El accionador de cadera fundamentalmente comprende:

10

b1) Cilindro delantero superior y cilindro trasero superior

15

Se trata de, al menos, un cilindro delantero superior esencialmente vertical fijado a una porción abdominal de la media y al menos un cilindro trasero superior esencialmente vertical fijado a una porción lumbar de la media. Es decir, los cilindros delantero superior y trasero superior son paralelos a la dirección longitudinal del tronco del paciente cuando éste lleva puesta la media.

20

Según la invención, puede utilizarse un único cilindro o un conjunto de cilindros más pequeños dispuestos en paralelo. Esta segunda configuración presenta la ventaja de que es menos voluminosa, y por tanto el dispositivo resultante es más discreto. Como se verá más adelante con mayor detalle, el cilindro o cilindros delanteros superiores ejercerán esencialmente la función del cuádriceps del usuario, responsable de la flexión de la articulación de la cadera, mientras que el cilindro o cilindros traseros superiores ejercerán la función del abductor del usuario, responsables de la extensión de la articulación de la cadera.

25

Es importante que este cilindro o cilindros estén firmemente fijados a la media de manera que no se desplacen durante los momentos de aplicación de tracción. La fijación de los cilindros se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos, por ejemplo cosiendo los elementos a la media, fijándolos mediante adhesivos, u otros. También, como se describirá más adelante en este documento, es posible que estén directamente embebidos en la propia media, por ejemplo fabricando todo el conjunto mediante impresión 3D.

30

35

En principio, los cilindros tienen una sección transversal circular. Sin embargo, es posible emplear cilindros de secciones transversales diferentes de la circular.

Por ejemplo, en una realización particularmente preferida de la invención, los cilindros tienen una sección transversal aplanada. De ese modo, se reduce el volumen del dispositivo que, por tanto, resulta más discreto.

5 En otra realización preferida de la invención, los cilindros están hechos de un material elástico que se adapta a la forma del paciente. Es decir, los cilindros no son completamente rectos, sino que presentan una ligera curvatura que permite su adaptación a la zona del paciente sobre la que quedan adosados cuando éste viste la media.

10

#### b2) Pistones superiores

15

El dispositivo dispone de un pistón por cilindro superior. Cada pistón superior, ya sea delantero o trasero, es desplazable neumáticamente entre una posición superior y una posición inferior de cada cilindro correspondiente, donde la posición inferior es la posición de reposo. No se proporciona una descripción más detallada de los pistones superiores dado que se trata de dispositivos ampliamente conocidos en la técnica.

20

#### b3) Fibras superiores

25

El dispositivo comprende también al menos una fibra superior por cada pistón superior. Concretamente, cada fibra superior tiene un extremo superior fijado a cada pistón correspondiente y un extremo inferior fijado respectivamente a una porción de cuádriceps o una porción de abductor de la media. Así, cuando un pistón superior se desplaza a su posición superior, la fibra superior fijada a dicho pistón superior tira de la porción de cuádriceps o la porción de abductor, provocando así respectivamente la flexión o extensión de la articulación de la cadera del paciente.

30

Es decir, los conjuntos cilindro/pistón/fibra ejercen la función de los músculos del paciente, tirando de la pierna del paciente desde delante o desde detrás para provocar la flexión o extensión de la articulación de la cadera.

35

La fijación de los extremos inferiores de las fibras a la media puede en principio realizarse de cualquier modo siempre que sea lo suficientemente firme y seguro.

Por ejemplo, el extremo inferior de la fibra puede fijarse directamente a la propia media mediante adhesivos, fijación térmica, cosido, u otros. Sin embargo, preferentemente el dispositivo comprende una banda superior cerrada fijada a la media bajo la articulación de la cadera para la fijación del extremo inferior de las fibras superiores a la porción de cuádriceps y la porción de abductor y, preferentemente, también comprende una banda inferior cerrada fijada a la media bajo la articulación de la rodilla para la fijación del extremo inferior de las fibras inferiores a la porción de tibia y la porción de pantorrilla. Al rodear completamente la pierna del paciente, estas bandas proporcionan un agarre más firme de la fibra con la media, evitando deformaciones excesivas y posibles roturas. La fijación de las bandas a la media puede estar realizada mediante cualquiera de los medios mencionados.

c) Accionador de rodilla

El accionador de rodilla está fijado a la media y configurado para provocar selectivamente la extensión o flexión de la articulación de la rodilla del paciente cuando lleva puesta la media. El accionador de rodilla fundamentalmente comprende:

c1) Cilindro delantero inferior y cilindro trasero inferior

Se trata de, al menos, un cilindro delantero inferior esencialmente vertical fijado a una porción de cuádriceps de la media y al menos un cilindro trasero inferior esencialmente vertical fijado a una porción de abductor de la media. Es decir, los cilindros delantero inferior y trasero inferior son paralelos a la dirección longitudinal del fémur del paciente cuando éste lleva puesta la media.

Al igual que en el caso de los cilindros superiores, puede utilizarse un único cilindro delantero inferior y un único cilindro trasero inferior, o bien una pluralidad de cilindros paralelos en cada caso. También aplican a los cilindros inferiores las disposiciones relativas a la fijación a la media que se describieron anteriormente con relación a los cilindros superiores, así como las relativas a su forma y sección transversal.

c2) Pistones inferiores

El dispositivo dispone de un pistón inferior por cilindro. Es decir, cada cilindro dispone de un pistón alojado en su interior, siendo cada pistón inferior desplazable neumáticamente entre una posición superior y una posición inferior de cada cilindro correspondiente, donde la posición inferior es la posición de reposo.

5

### c3) Fibras inferiores

El dispositivo comprende también una fibra inferior por pistón inferior. Concretamente, cada fibra inferior tiene un extremo superior fijado a cada pistón inferior correspondiente y un extremo inferior fijado respectivamente a una porción de tibia o una porción de pantorrilla de la media. De ese modo, cuando un pistón inferior se desplaza a su posición superior, la fibra inferior fijada a dicho pistón inferior tira de la porción de tibia o la porción de pantorrilla, provocando así respectivamente la extensión o flexión de la articulación de la rodilla del paciente.

10

15

Por otra parte, la fijación de las fibras a la media se realiza de una manera similar a la descrita anteriormente con relación a las fibras superiores.

20

Aunque no se describe de manera explícita en el presente documento, el dispositivo de la invención estará conectado a una fuente de aire comprimido capaz de accionar los pistones de los diferentes cilindros. Así, cuando se desea flexionar la articulación de la cadera, se inyecta aire comprimido en el cilindro superior delantero. El correspondiente pistón se desplaza hacia arriba pasando de la posición inferior de reposo a la posición superior. Como consecuencia, puesto que el extremo superior de la fibra correspondiente se desplaza hacia arriba junto con el pistón, dicha fibra tira hacia arriba de la porción de cuádriceps de la media a la que está fijado su extremo inferior. Se provoca así la flexión de la articulación de la cadera, es decir, la elevación del muslo del paciente. Alternativamente, si se desea extender la articulación de la cadera, se inyecta aire comprimido en el cilindro superior trasero. El pistón correspondiente se desplaza entonces hacia arriba hasta su posición superior, tirando así de la fibra fijada al abductor del paciente, y provocando así la extensión de la articulación de la cadera. El funcionamiento del accionador de rodilla que comprende los cilindros inferiores delantero y trasero es equivalente al descrito.

25

30

35

Gracias a esta configuración, es posible aplicar una terapia de rehabilitación a un paciente al

provocar la flexión y extensión de las articulaciones de cadera y rodilla en la medida en que sea necesario. La rapidez y magnitud de las correspondientes flexiones y extensiones pueden regularse a través de las características del aire a presión inyectado en los correspondientes cilindros. Es más, como se describirá con detalle más adelante, accionando los diferentes cilindros de manera coordinada es posible facilitar la marcha del paciente.

Al menos la media, los cilindros y las bandas del dispositivo ortopédico de la presente invención pueden fabricarse de materiales imprimibles mediante tecnología aditiva por impresión 3D. Estos materiales pueden ser cualesquiera que cumplan con las condiciones descritas anteriormente, como por ejemplo silicona. Además, en este caso preferentemente los cilindros y las bandas están embebidos en la media de modo que forman con ella una única pieza. Se consigue así una mayor compacidad del dispositivo, que de ese modo es mucho más discreto e incluso se podría llevar fuera de un entorno hospitalario durante la vida normal del paciente.

Por tanto, un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a un procedimiento de fabricación de un dispositivo ortopédico como el descrito en el párrafo anterior que comprende producir al menos la media, así como los cilindros y las bandas embebidos en la misma, a medida para cada paciente mediante fabricación aditiva por impresión 3D. La posibilidad de fabricar el dispositivo de la invención mediante impresión 3D permite además reducir enormemente su coste e incrementa su disponibilidad casi en cualquier lugar en que sea necesario.

Un tercer aspecto de la presente invención está dirigido a un procedimiento de operación de un dispositivo ortopédico como el descrito en los párrafos anteriores que comprende inyectar aire comprimido de manera coordinada en cada uno de los cilindros para provocar una secuencia de flexiones y extensiones de las articulaciones de la cadera y la rodilla correspondiente a la marcha.

Más concretamente, este procedimiento preferentemente comprende inyectar aire comprimido en cada cilindro en función de una fase de la marcha de acuerdo con la siguiente secuencia (donde la posición de cada pistón se define como un porcentaje que oscila entre 0 y 100, donde 0 corresponde a la posición de reposo o inferior, y 100 corresponde a la posición completamente extendida o superior):

Fase	Subfase	Ángulo cadera	Ángulo rodilla	Pistón superior	Pistón superior	Pistón inferior	Pistón inferior
------	---------	---------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

				delantero	trasero	delantero	trasero
Fase de apoyo	Apoyo de talón	16°	180°	100	0	100	0
	Pie sobre plano	14,2°	179,2°	93,1	6,9	98,8	1,2
	Plantar medio	0°	180°	38,5	61,5	100	0
	Pre-balanceo	-10°	150°	0	100	46,2	53,8
	Despegue	-7,3°	132,7°	10,4	89,6	27,2	72,8
Fase de balanceo	Aceleración	15,3°	115°	97,3	2,7	0	100
	Intermedia	14°	115°	92,3	7,7	21,5	78,5
	Desaceleración	15,9°	180°	100	0	100	0

Los valores de accionamiento de los respectivos pistones pueden variar aproximadamente un 10% con relación a los valores de la tabla.

5

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la presente invención.

10 La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva de la media del dispositivo de la presente invención.

La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva del accionador de cadera de la presente invención.

15 Las Figs. 4a y 4b muestran sendas vistas en perspectiva de los cilindros superiores trasero y delantero respectivamente.

La Fig. 5 muestra una vista en perspectiva del accionador de rodilla de la presente invención.

20 Las Figs. 6a y 6b muestran sendas vistas en perspectiva de los cilindros inferiores trasero y delantero respectivamente.

Las Figs. 7a y 7b muestran un cilindro según la presente invención respectivamente en la posición retraída de reposo o inferior y en la posición extendida o superior.

25 La Fig. 8 muestra una vista en perspectiva de un accionador de cadera que comprende una pluralidad de cilindros superiores delanteros y traseros.

30 Las Figs. 9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f, 9g y 9h muestran un ejemplo de procedimiento de uso del dispositivo de la presente invención para simular la marcha de un paciente. En las Figs. 9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f, 9g y 9h se representa de manera esquemática la posición de los pistones

de los respectivos cilindros.

## REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Se describe a un ejemplo concreto de dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva del dispositivo (1) ortopédico al completo donde se aprecian los diferentes elementos que lo componen. En concreto, el dispositivo (1) está  
10 formado por una media (2) elástica, un accionador (3) de cadera, y un accionador (4) de rodilla.

La media (2) elástica tiene una forma que corresponde con una pierna completa de un paciente. En esta figura, la media es completa de manera que cubre el pie del paciente, aunque se entiende que sería posible que llegase solo hasta el tobillo o similar. La media (2)  
15 tiene una elasticidad tal que se adapta perfectamente a la forma de la pierna del paciente, minimizándose cualquier movimiento o arruga incluso en el caso de que se tire de determinadas partes de la misma. En este ejemplo concreto, la media está fabricada en silicona mediante tecnología aditiva 3D partiendo de la topología de la pierna del paciente, por  
20 ejemplo obtenida mediante tecnología de prototipado 3D. La silicona presenta la ventaja adicional sobre otros materiales elásticos, como por ejemplo materiales tejidos y similares, de que en contacto con la piel del paciente presenta de manera natural características antideslizantes.

El accionador (3) de cadera está dispuesto en una porción superior de la media (2) elástica.  
25 En concreto, el accionador (3) de cadera esta formado fundamentalmente por unos cilindros superiores (31, 32) respectivamente delantero y trasero, unos pistones superiores (33) que se desplazan de manera estanca por el interior de dichos cilindros superiores (31, 32), unas fibras (34) superiores cuyo extremo superior está fijado al respectivo pistón superior (33), y una banda (5) superior a la que está fijado el extremo inferior de las fibras (34) superiores.

30 Como se puede apreciar en las Figs. 3-4, la sección transversal de los cilindros superiores (31, 32) no es circular sino trapezoidal. El motivo es minimizar la distancia que dichos cilindros superiores (31, 32) sobresalen de la superficie de la media (2), con el propósito de que el dispositivo (1) de la invención en su conjunto sea lo menos aparatoso posible de modo que,  
35 en el mejor de los casos, pueda llevarse bajo la ropa. En este contexto, por tanto, el término "cilindro" referido a los cilindros superiores (y también inferiores) no debe interpretarse de

manera literal, sino que hace referencia en general a un elemento alargado y hueco normalmente de forma prismática a lo largo del cuyo interior puede deslizar un pistón.

Además, los cilindros superiores (31, 32) respectivamente delantero y trasero no tienen exactamente la misma forma. En efecto, el cilindro superior delantero (31) tiene una forma esencialmente recta, es decir, tiene forma prismática hueca de sección transversal trapezoidal con eje longitudinal recto. El motivo de que tenga esta forma es ajustarse a la superficie delantera del abdomen de un paciente. Por el contrario, el cilindro superior trasero (32) tiene una forma que comprende dos tramos que forman un ángulo de unos 30°-40°, teniendo en este ejemplo concreto el tramo superior una longitud aproximadamente 2-3 veces mayor que el tramo inferior. De nuevo, el motivo de seleccionar esta forma es ajustarse a la superficie de la zona lumbar y parte superior del glúteo del paciente. En cualquier caso, es importante que el extremo inferior de cada uno de los cilindros superiores (31, 32) esté situado a una altura superior a la posición de la articulación de la cadera.

Los cilindros superiores (31, 32) disponen además de unos orificios de entrada/salida de aire comprimido con su correspondiente racor que están situados cerca de su extremo inferior. También disponen de respectivas tapas o elementos de cierre dispuestos en sus extremos superior e inferior. Además, la tapa inferior dispone de un orificio a través del cual pasan las fibras superiores (34), estando dicho orificio dotado de medios de estanqueidad que eviten cualquier salida de aire durante el deslizamiento de las fibras a través del mismo.

Los cilindros superiores (31, 32) están fijados a la media (2) elástica en las posiciones descritas en el párrafo anterior, concretamente el cilindro superior delantero (31) está fijado a la porción abdominal de la media elástica (2) y el cilindro superior trasero (32) está fijado a la porción lumbar y parte de la porción de glúteo de la media elástica (2). Como se ha descrito con anterioridad en este documento, la fijación entre los cilindros superiores (31, 32) y la media (2) puede, en principio, llevarse a cabo de cualquier modo siempre que la fijación sea suficientemente firme. En cualquier caso, en el presente ejemplo los cilindros superiores (31, 32) se fabrican mediante tecnología aditiva de impresión 3D de manera integral con la media (2) elástica.

Por el interior de cada cilindro superior (31, 32) discurre un respectivo pistón superior (33). Naturalmente, los pistones superiores (33) tienen una forma trapezoidal que se ajusta de manera estanca a la superficie interior de dichos cilindros superiores (31, 32). A su vez, cada pistón superior (33) está fijado al extremo superior de, al menos, una fibra superior (34). Es

decir, cada pistón superior (33) puede estar fijado a una única fibra superior (34), o bien a un conjunto o manojo de fibras superiores (34) que actúan conjuntamente. En cualquier caso, las fibras superiores (34) deben tener una resistencia suficiente como para ejercer la tracción que se describe en este documento sin que se produzcan roturas. Por ejemplo, las fibras superiores (34) pueden estar hechas de poliamida o similar.

El extremo inferior de las fibras superiores (34) está fijado a la banda (5) superior cerrada fijada a la media (2) elástica en un punto por debajo de la articulación de la cadera. En este ejemplo concreto, la banda (5) superior rodea el muslo del paciente a la altura de la porción de abductor y la porción de cuádriceps de la media (2) elástica. La fijación de la banda (5) a la media (2) elástica se puede realizar de diferentes modos, siempre que sea lo suficientemente firme como para resistir las tensiones a las que está sometida durante el funcionamiento del dispositivo (1). En cualquier caso, en este ejemplo la banda (5) superior se fabrica integralmente con la propia media (2) elástica mediante fabricación aditiva de impresión 3D. La fijación del extremo de las fibras superiores (34) a la banda (5) superior se realiza en unos salientes (51) inferiores dispuestos respectivamente en la parte delantera y trasera de dicha banda (5).

Las Figs. 5-6 muestran el accionador (4) de rodilla, cuya estructura es esencialmente similar a la del accionador (3) de cadera descrito anteriormente. En este caso, los cilindros inferiores (41, 42) respectivamente delantero y trasero están fijados a la porción de cuádriceps y la porción de abductor de la media elástica (2), estando siempre el extremo inferior de los mismos ubicado por encima de la articulación de la rodilla. A diferencia de los cilindros superiores (31, 32), los cilindros inferiores (41, 42) de este ejemplo concreto tienen forma de V, con un pistón (43) ubicado en cada rama de la V. Las fibras inferiores (44) tienen sus extremos superiores fijados a uno u otro de dichos pistones (43), y salen a través de un orificio dotado de junta de estanqueidad situado en el extremo inferior de la V. Los extremos inferiores de las fibras (44), por su parte, están fijados a una banda inferior (6) similar a la banda (5), aunque en este caso fijada a la media (2) elástica de manera que rodea la porción de pantorrilla y la porción de tibia de dicha media (2) elástica. Es decir, la banda inferior (6) está situada por debajo de la articulación de la rodilla.

No es necesario describir aquí con mayor detalle el accionador (4) de rodilla, ya que su composición y funcionamiento son equivalentes a los descritos con relación al accionador (3) de cadera en los párrafos anteriores de este documento.

Las Figs. 7a-7b muestran con mayor detalle el funcionamiento de unos cilindros (31, 32, 41, 42) del tipo utilizado en el presente dispositivo (1) ortopédico. La Fig. 7a muestra una posición inferior o de reposo de un cilindro (31, 32, 41, 42), donde el pistón (33, 43) se encuentra en su posición más baja adyacente al extremo inferior del cilindro (31, 32, 41, 42). En esta posición, las fibras (34, 44) fijadas al pistón (33, 43) no están ejerciendo ninguna tracción sobre la banda (5, 6) a la que está fijado su extremo inferior. Por el contrario, la Fig. 7b muestra una posición superior o de accionamiento del cilindro (31, 32, 41, 42), donde el pistón (33, 43) está en su posición más alta adyacente al extremo superior de dicho cilindro (31, 32, 41, 42). Como se puede apreciar, en su ascenso impulsado por el aire comprimido inyectado desde una zona adyacente al extremo inferior de dicho cilindro (31, 32, 41, 42), el pistón (33, 43) ha arrastrado las fibras (34, 44). Como consecuencia, éstas tiran de la respectiva banda (5, 6), provocando la flexión o extensión de la articulación respectiva.

La Fig. 8 muestra, por su parte, otra configuración de accionador (3) de cadera o accionador (4) de rodilla según la presente invención donde se utiliza una pluralidad de cilindros delanteros o traseros (31, 32, 41, 42) en cada uno de los accionadores (3, 4). Un respectivo pistón (33, 43) se desplaza por el interior de cada uno de la pluralidad de cilindros (31, 32, 41, 42) con una respectiva fibra (34, 44) fijada al mismo. Las fibras (34, 44) se unen entre sí formando un cordón más grueso que estará conectado a la respectiva banda (5, 6).

Por otra parte, aunque no se describe de manera explícita en este documento, se entiende que los cilindros (31, 32, 41, 42) del dispositivo (1) ortopédico de la presente invención están conectados a un equipo de aire comprimido que proporciona el aire a presión. El equipo de aire comprimido puede suministrarse, por ejemplo, en una mochila o carrito con ruedas, de modo que pueda ser transportado por el propio paciente incluso fuera de un centro sanitario. Alternativamente, el equipo de aire comprimido puede ser de tipo fijo, en cuyo caso el dispositivo (1) se utilizaría necesariamente dentro de las instalaciones de un centro sanitario o similar. En cualquier caso, el equipo de aire comprimido contará con al menos cuatro conductos conectados respectivamente a los racores de los cilindros superior delantero (31), superior trasero (32), inferior delantero (41) e inferior trasero (42). Un controlador conectado al equipo del aire comprimido ordena la inyección de aire comprimido de manera coordinada por dichos cuatro conductos con el propósito de activar selectivamente unos u otros cilindros (31, 32, 41, 42) con el propósito de facilitar la marcha del paciente.

Se describe a continuación un ejemplo de procedimiento de uso del dispositivo (1) de la presente invención para simular la marcha de un paciente. Se utilizan para ello las Figs. 9a-

9h, en las cuales se representa de manera esquemática la posición de los pistones (33, 43) de los respectivos cilindros (31, 32, 41, 42), según marcan los números de referencia correspondientes en la Fig. 9a. Por simplicidad, las Figs. 9b-9h no incluyen los números de referencia.

5

### 1. Fase de apoyo: Apoyo de talón

Comenzando por la articulación de la cadera, en esta fase el muslo se encuentra en su máximo ángulo respecto a la vertical, por lo que en el actuador de cadera actúa desplazando el pistón (33) del cilindro superior delantero (31) a su posición superior. Por el contrario, el pistón (33) del cilindro superior trasero (32) está en su posición de reposo o inferior. El ángulo de flexión de la articulación de la cadera queda así en 16°.

10

En cuanto a la articulación de la rodilla, en esta fase la tibia forma 180° con respecto al fémur. El pistón (43) del cilindro superior delantero (41) está en su posición superior. Por el contrario, el pistón (43) del cilindro inferior trasero (42) está en su posición de carrera mínima, de modo que no ejerce ninguna fuerza.

15

### 2. Fase de apoyo: Pie sobre Plano

20

Para la articulación de la cadera, el pistón (33) del cilindro delantero superior (31) pasa al 93,1% de su carrera, y el pistón (33) del cilindro trasero superior (32) pasa a un 6,9% de su carrera. El ángulo de flexión de la articulación de la cadera desciende a 14,2°.

25

Por otro lado, en la articulación de la rodilla, el pistón (43) del cilindro trasero inferior (42) se encuentra a un 1,2% de su carrera, mientras que el pistón (43) del cilindro delantero inferior (41) se encuentra a un 98,8% de su carrera. El ángulo de flexión de la rodilla desciende hasta 179,1°.

30

### 3. Fase de apoyo: Plantar medio

En la articulación de la cadera, el pistón (33) del cilindro delantero superior (31) se encuentra a un 38,5% de su carrera total, disminuyendo considerablemente su posición respecto a la anterior fase. Por el contrario, el pistón (33) del cilindro trasero superior (32) se desplaza hacia arriba hasta llegar a un 61,5% de su carrera. El ángulo de flexión de la cadera alcanza los 0°.

35

Con relación a la articulación de la rodilla, las posiciones de los pistones (43) de los respectivos cilindros inferiores (41, 42) retornan a la misma posición que tenían en la primera fase de apoyo de talón. El ángulo de flexión de la cadera vuelve a los 180°.

5

#### 4. Fase de apoyo: Pre-balanceo

La articulación de la cadera se extiende hasta un ángulo de 10° respecto a la columna vertebral. En esta fase, el cilindro trasero superior (32) tiene su pistón (33) en la posición superior máxima. Por su parte, el cilindro delantero superior (31) tiene el pistón (33) en la posición más baja.

10

Pasando a la articulación de la rodilla, su ángulo de giro disminuye hasta un ángulo de 150°. El pistón (43) del cilindro inferior trasero (42) está en un 53,8% de su carrera, mientras que el pistón (43) del cilindro inferior delantero (41) está en un 46,2% de su carrera.

15

#### 5. Fase de apoyo: Despegue

En la articulación de la cadera, el ángulo disminuye respecto al eje vertical con relación a la fase anterior hasta llegar a los 7,3°. El pistón (33) del cilindro superior delantero (31) se encuentra al 10,4% de su recorrido, mientras que el cilindro superior trasero (32) llega hasta el 89,6% de su recorrido.

20

En cuanto a la articulación de la rodilla, el ángulo que sigue disminuyendo hasta llegar a los 132,7°. El pistón (43) del cilindro inferior trasero (42) se mantiene en un 50,3% de su carrera, mientras que el pistón (43) del cilindro inferior delantero (41) llega hasta el 49,7% de su carrera.

25

#### 6. Fase de balanceo: Aceleración

30

En la articulación de la cadera, la posición del pistón (33) del cilindro superior trasero (32) sube hasta un 97,3% de su carrera, mientras que la posición del pistón (33) del cilindro superior delantero (31) baja hasta el 2,7°. El ángulo de la articulación de la cadera llega al 15,3°.

35

En cuanto a la articulación de la rodilla, su ángulo continúa disminuyendo. El pistón (43) del cilindro inferior delantero (41) llega hasta su mínimo del 0%, mientras que el pistón (43) del cilindro inferior trasero (42) alcanza su máximo del 100%. El ángulo de la articulación de la rodilla llega a 115°.

5

7. Fase de balanceo: Intermedia

En la articulación de la cadera, el ángulo que forma el muslo respecto a la vertical disminuye ligeramente hasta llegar a los 14°. El pistón (33) del cilindro delantero superior (31) llega al 92,3% de su recorrido, mientras que el pistón (33) del cilindro trasero superior (32) alcanza el 7,7% de su recorrido.

10

Para la articulación de la rodilla, el ángulo de giro comienza ahora a aumentar hasta llegar a los 166°. El pistón (43) del cilindro delantero inferior (41) llega hasta el 21,5%, mientras que el pistón (43) del cilindro trasero inferior (42) alcanza el 78,5% de su recorrido.

15

8. Fase de balanceo: Desaceleración

Se alcanza la posición inicial de la que se partió en la fase 1 de esta descripción. La posición de los cilindros (31, 32, 41, 42) vuelve a ser la posición descrita entonces.

20

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) ortopédico para rehabilitación de la marcha, caracterizado por que comprende:

5 a) una media (2) elástica configurada para ajustarse firmemente a la pierna de un paciente cubriendo desde el pie hasta el abdomen;

b) un accionador (3) de cadera fijado a la media (2) y configurado para provocar selectivamente la flexión o extensión de la articulación de la cadera del paciente cuando lleva puesta la media (2), donde el accionador (3) de cadera comprende:

10 - al menos un cilindro delantero superior (31) esencialmente vertical fijado a una porción abdominal de la media (2) y al menos un cilindro trasero superior (32) esencialmente vertical fijado a una porción lumbar de la media (2);

- un pistón superior (33) por cilindro superior (31, 32), donde cada pistón superior (33) es desplazable neumáticamente entre una posición superior y una posición inferior de cada cilindro superior (31, 32) correspondiente, donde la posición inferior es la posición de reposo; y

15 - una fibra superior (34) por pistón superior (33), donde cada fibra superior (34) tiene un extremo superior fijado a cada pistón (33) correspondiente y un extremo inferior fijado respectivamente a una porción de cuádriceps o una porción de abductor de la media (2), de manera que cuando un pistón superior (33) se desplaza a su posición superior, la fibra superior (34) fijada a dicho pistón superior (33) tira de la porción de cuádriceps o la porción de abductor, provocando así respectivamente la flexión o extensión de la articulación de la cadera del paciente; y

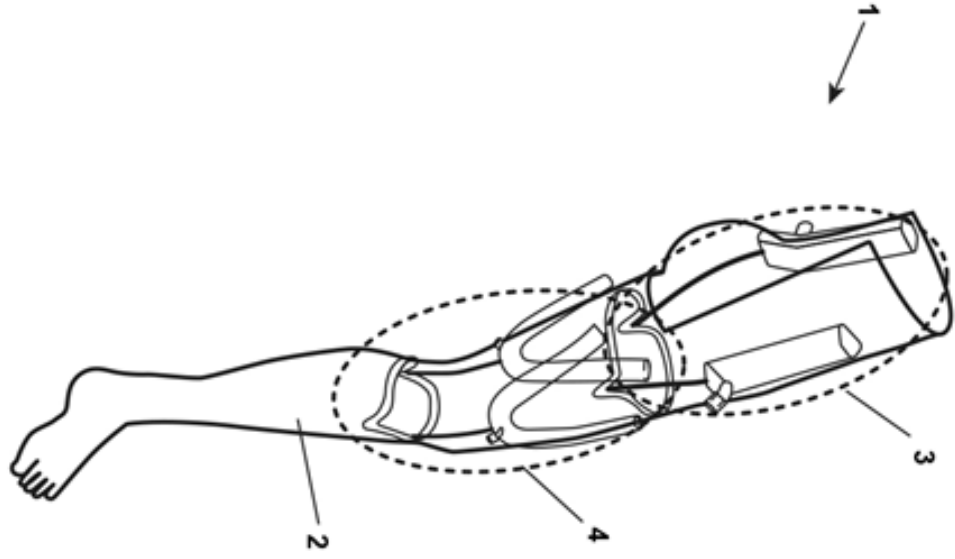
20 c) un accionador (4) de rodilla fijado a la media (2) y configurado para provocar selectivamente la extensión o flexión de la articulación de la rodilla del paciente cuando lleva puesta la media (2), donde el accionador (4) de rodilla comprende:

25 - al menos un cilindro delantero inferior (41) esencialmente vertical fijado a una porción de cuádriceps de la media (2) y al menos un cilindro trasero inferior (42) esencialmente vertical fijado a una porción de abductor de la media (2);

30 - un pistón (43) inferior por cilindro inferior (41, 42), donde cada pistón inferior (43) es desplazable neumáticamente entre una posición superior y una posición inferior de cada cilindro inferior (41, 42) correspondiente, donde la posición inferior es la posición de reposo; y

35 - una fibra inferior (44) por pistón inferior (43), donde cada fibra inferior (44) tiene un extremo superior fijado a cada pistón inferior (43) correspondiente y un

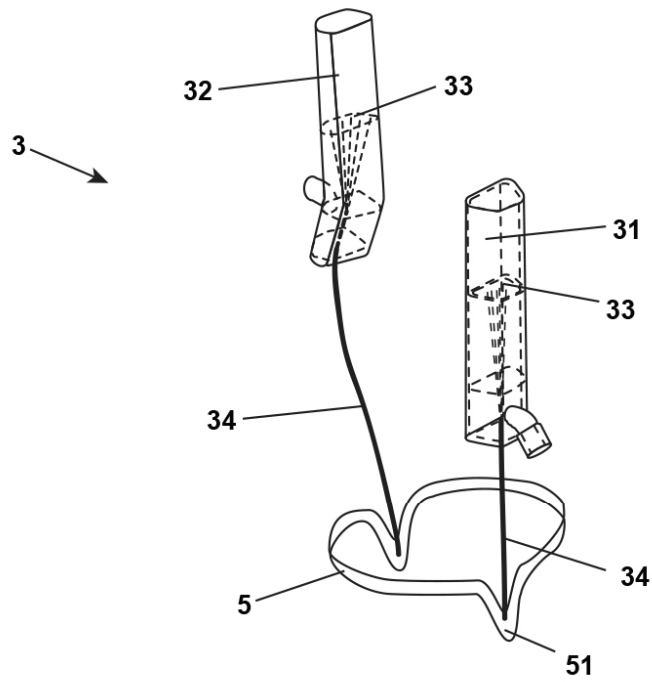
- extremo inferior fijado respectivamente a una porción de tibia o una porción de pantorrilla de la media (2), de manera que cuando un pistón inferior (43) se desplaza a su posición superior, la fibra inferior (44) fijada a dicho pistón inferior (43) tira de la porción de tibia o la porción de pantorrilla, provocando así respectivamente la extensión o flexión de la articulación de la rodilla del paciente;
- 5
2. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con la reivindicación 1, donde los cilindros (31, 32; 41, 42) están hechos de un material elástico que se adapta a la forma del paciente.
  - 10 3. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los cilindros (31, 32; 41, 42) tienen una sección transversal aplanada.
  4. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una banda superior (5) cerrada fijada a la media (2) bajo la articulación de la cadera para la fijación del extremo inferior de las fibras superiores (34) a la porción de cuádriceps y la porción de abductor.
  - 15 5. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una banda inferior (6) cerrada fijada a la media (2) bajo la articulación de la rodilla para la fijación del extremo inferior de las fibras inferiores (44) a la porción de tibia y la porción de pantorrilla.
  - 20 6. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4-5, donde cada banda (5, 6) tiene una forma esencialmente circular con unos salientes inferiores (51, 61) ubicados en los lados delantero y trasero, fijándose las fibras (34, 44) correspondientes a dichos salientes inferiores (51, 61).
  - 25 7. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos la media (2), los cilindros (31, 32; 41, 42) y las bandas (5, 6) están hechos de materiales imprimibles mediante tecnología aditiva por impresión 3D.
  - 30 8. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con la reivindicación 7, donde la media (2), los cilindros (31, 32; 41, 42) y las bandas (5, 6) están hechos de silicona.
  - 35 9. Dispositivo (1) ortopédico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, donde los cilindros (31, 32; 41, 42) y las bandas (5, 6) están embebidos en la media (2) de modo que forman con ella una única pieza.



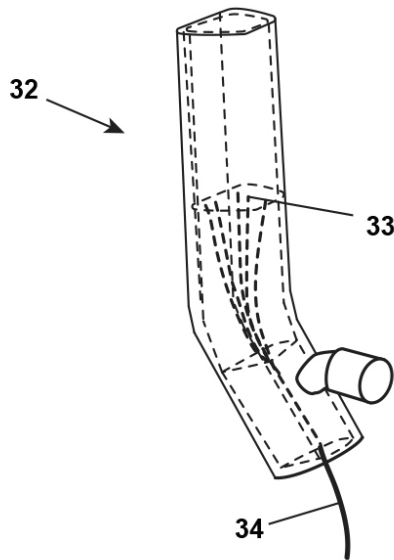
**FIG. 1**



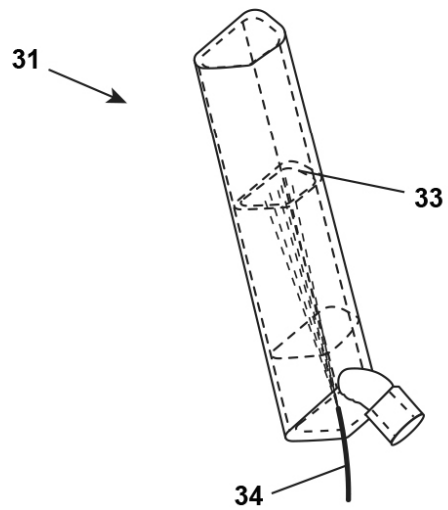
**FIG. 2**



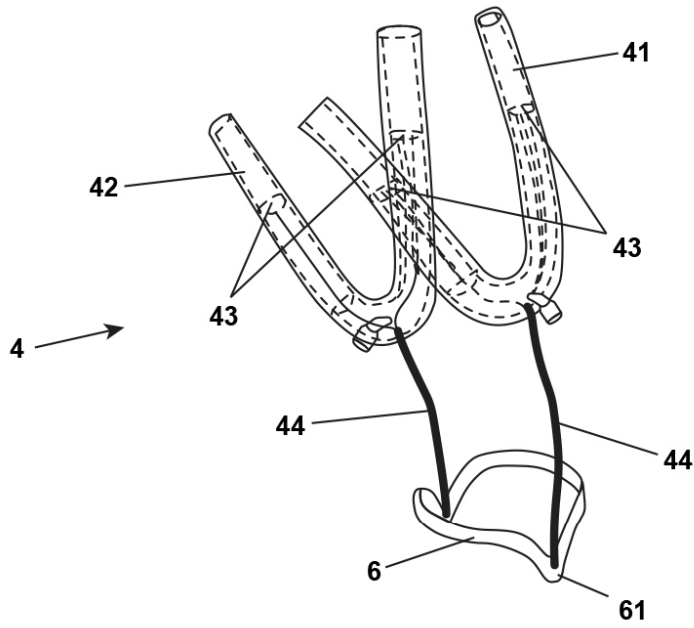
**FIG. 3**



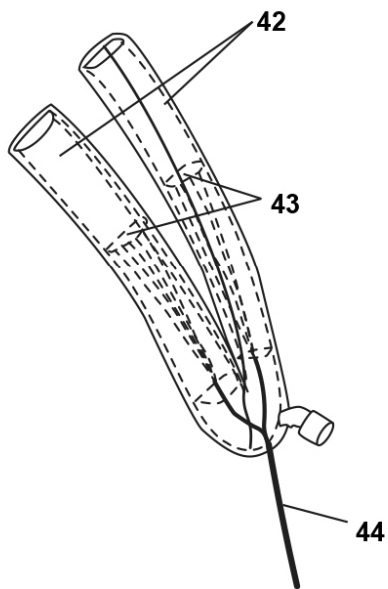
**FIG. 4a**



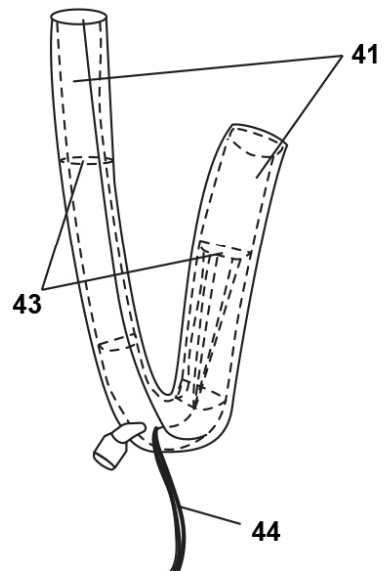
**FIG. 4b**



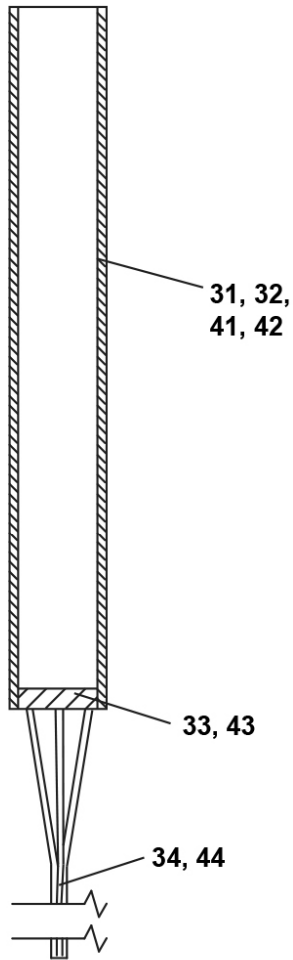
**FIG. 5**



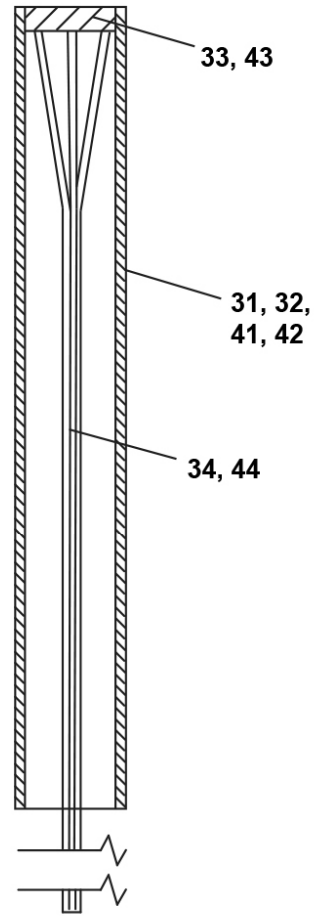
**FIG. 6a**



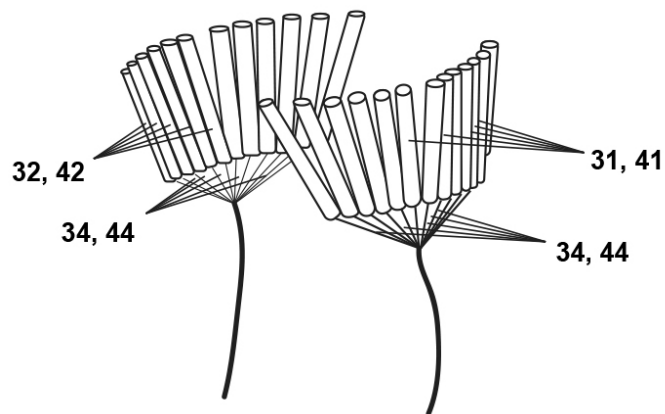
**FIG. 6b**



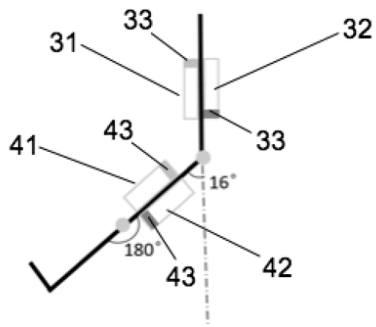
**FIG. 7a**



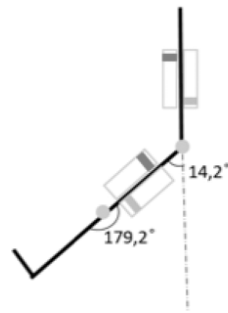
**FIG. 7b**



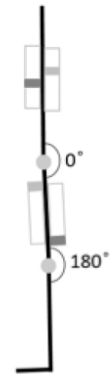
**FIG. 8**



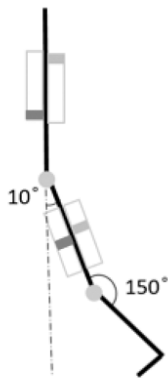
**FIG. 9a**



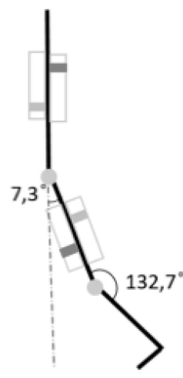
**FIG. 9b**



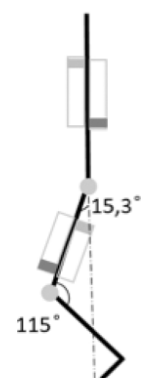
**FIG. 9c**



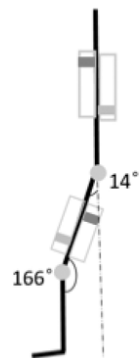
**FIG. 9d**



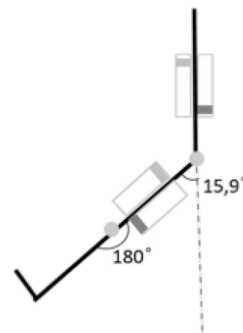
**FIG. 9e**



**FIG. 9f**



**FIG. 9g**



**FIG. 9h**