

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 983 612**

(21) Número de solicitud: 202330231

(51) Int. Cl.:

A61F 2/66 (2006.01)
A61F 5/048 (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)
A61H 1/02 (2006.01)
A63B 23/08 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN

B2

(22) Fecha de presentación:

20.03.2023

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

23.10.2024

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

17.12.2024

Fecha de concesión:

13.03.2025

(45) Fecha de publicación de la concesión:

20.03.2025

(73) Titular/es:

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
(100.00%)
AVDA. DE LA UNIVERSIDAD S/N
03202 ELCHE (Alicante) ES**

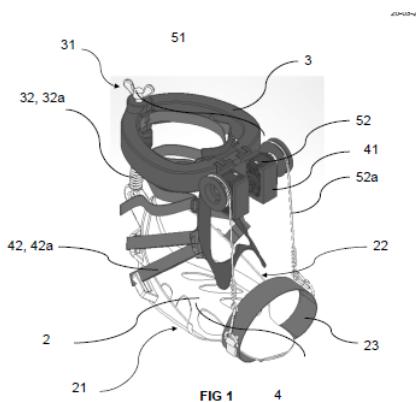
(72) Inventor/es:

**AZORÍN POVEDA, José María;
IAÑEZ MARTÍNEZ, Eduardo;
ORTIZ GARCIA, Mario y
BELMAR MARTÍNEZ, Javier**

(54) Título: **DISPOSITIVO EXOESQUELETO PARA TOBILLO**

(57) Resumen:

Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) que comprende una plantilla (2) de apoyo de la planta (11) del pie (1), una abrazadera (3) de sujeción sobre el tobillo (12), anclada sobre un bastidor (4) de apoyo sobre el empeine del pie (1), donde la plantilla (2) está unida a la abrazadera (3) por una primera unión (32) elástica, y al bastidor (4) por una segunda unión (42) elástica, donde el bastidor (4) comprende un soporte (41) configurado para alojar una pluralidad de actuadores electromecánicos (5) configurados para traccionar de un primer lateral (21) y de un segundo lateral (22) de la plantilla (2) de apoyo, de cara a ayudar a la persona que lo porta a realizar movimientos de flexión dorsal y flexión plantar con una versatilidad incrementada.



ES 2 983 612 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.

Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO EXOESQUELETO PARA TOBILLO

5 OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente solicitud de patente tiene por objeto proteger un dispositivo exoesqueleto para tobillo con una plantilla de apoyo de la planta del pie, una abrazadera de sujeción sobre el tobillo, anclada sobre un bastidor de apoyo sobre el empeine del pie, donde la plantilla, la 10 abrazadera y el bastidor están unidos por uniones elásticas, comprendiendo varios actuadores electromecánicos configurados para traccionar de los laterales de la plantilla, incorporando notables innovaciones y ventajas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15

Los exoesqueletos son sistemas electromecánicos acoplados a las extremidades del cuerpo humano enfocados principalmente al incremento de su fuerza, velocidad y rendimiento. En particular se pueden utilizar en el campo de la medicina para la rehabilitación de las extremidades y sus articulaciones, como son el tobillo y rodilla. En estos casos, su diseño y 20 construcción suele estar basado en la instrumentación y control de una órtesis del miembro a asistir, y pueden utilizar sensores que estiman la fuerza producida por el humano, para luego amplificarla, o bien para estimar la posición y velocidad angular de las articulaciones, y así controlar el movimiento de la pierna. Así, el objetivo que se busca es el de contar con un diseño que ofrezca una disminución en el esfuerzo requerido por el usuario para mantenerse 25 en pie y hacer algunos ejercicios de rehabilitación.

Un documento ilustrativo de lo que es conocido en el estado de la técnica, sería lo descrito en la patente US10426637B2, relativo a un robot de articulación de tobillo con exoesqueleto accionado por un motor eléctrico portátil con transmisión de engranajes y sistema de control 30 que está diseñado para proporcionar asistencia para caminar en diferentes velocidades y condiciones de marcha a personas con discapacidad para caminar o debilidad muscular o problema articular.

Por otro lado es conocido, del estado de la técnica, lo descrito en la patente CN111150605A, 35 la cual presenta un mecanismo de asistencia para la articulación del tobillo flexible y portátil

basado en una transmisión por cuerda. El mecanismo consta principalmente de cuatro módulos, que incluyen un módulo mecánico de transmisión de cuerda, un módulo de retorno por resorte, un módulo de calzado y un módulo de desgaste de caña. El módulo mecánico de transmisión de cuerda proporciona fuerza motriz y tira del pie a través de una cuerda para terminar el movimiento de dorsiflexión. El módulo de retorno por resorte proporciona energía potencial elástica, compensa el defecto de que la transmisión por cable no puede realizar la conducción inversa y proporciona tensión de resorte para la flexión plantar de la articulación del tobillo. El módulo de calzado integra principalmente un sensor de presión, un sensor de ángulo de inclinación y una plantilla integral. Y el módulo de desgaste del vástago restringe principalmente el vástago por el módulo de transmisión de cuerda y el módulo de resorte. El mecanismo portátil utiliza un motor de dirección para impulsar una cuerda flexible que se transmite en el extremo delantero del pie para ayudar a la articulación del tobillo a realizar el movimiento de dorsiflexión y, mientras tanto, se combina un resorte de tensión en el talón del pie para ayudar en el movimiento de flexión plantar.

15

Así, y a la vista de todo lo anterior, se aprecia aún una necesidad de diseñar un dispositivo exoesqueleto de tobillo que se acople al pie y a la parte inferior de la pierna, y que ayude a la persona que lo porta a realizar movimientos de flexión dorsal y flexión plantar con una versatilidad incrementada.

20

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención tiene su campo de aplicación en la rehabilitación médica y en la movilidad asistida por sistemas electromecánicos. En particular, el dispositivo exoesqueleto 25 puede ser empleado en cualquier aplicación en la que se requiera realizar movimientos de flexión dorsal y flexión plantar. Así, puede ser empleado para ayudar a realizar estos movimientos en personas que hayan tenido una lesión que limite o impida la realización de estos movimientos de forma autónoma. Por tanto, la invención se podría utilizar en el ámbito de la medicina deportiva, la geriatría o la rehabilitación. También se podría emplear para 30 ayudar a personas que sufren limitaciones en dichos movimientos a consecuencia de una lesión medular, un accidente cerebro-vascular o una enfermedad neurodegenerativa.

Concretamente el dispositivo comprende dos piezas principales, el bastidor, que transmite todos los esfuerzos a la región anterior de la extremidad inferior, mientras que la otra pieza es 35 una plantilla que acomoda el pie.

Integra preferentemente dos servomotores que posibilitan la realización de los movimientos del pie, tirando opcionalmente de un cable unido al pie a la altura del metatarso para la flexión dorsal y, disponiendo de una cinta elástica o muelle en el talón para la flexión plantar. Puede 5 incluir además un sistema de ajuste en precarga de la flexión dorsal mediante un tornillo en la parte posterior del exoesqueleto.

Ventajosamente con respecto a las rehabilitaciones tradicionales, el dispositivo de la invención reduce el esfuerzo físico del profesional encargado de la rehabilitación del paciente al mínimo, 10 ya que no requiere de ninguna acción física por parte de una persona externa durante los ejercicios de rehabilitación.

Cabe señalar que esta invención ha sido creada de forma modular, lo que implica que el conjunto entero está diseñado pensando en módulos intercambiables, por lo que se pueden 15 implementar nuevas piezas según sean las necesidades de la persona, lo que nos aporta una gran flexibilidad frente a otros diseños cerrados que no permiten modificaciones sin necesidad de cambiar el conjunto entero.

Adicionalmente, gracias al diseño de la plantilla, la presente invención permite llevar al usuario 20 su propio calzado, facilitando el uso de las plantillas recomendadas por los profesionales médicos y de rehabilitación. También presenta una gran flexibilidad para adaptarse a distintos tamaños de pie, ya que la plantilla es compatible con un amplio rango de tamaños.

En cuanto a su colocación, permite al usuario su colocación sin necesidad de ayuda de una 25 persona externa, lo que hace que el dispositivo pueda ser utilizado en el propio domicilio de la persona si fuera necesario, a diferencia de la gran mayoría de exoesqueletos conocidos, los cuales requieren de un supervisor para su puesta en marcha.

Y tampoco requiere el presente exoesqueleto de chalecos supletorios ni de sujetaciones por 30 encima de la rodilla, ya que es de un tamaño reducido, lo que le confiere una mayor comodidad, ergonomía y facilidad de puesta en marcha.

Más en particular, el dispositivo exoesqueleto para tobillo de la presente invención comprende una plantilla de apoyo de la planta del pie, una abrazadera de sujeción sobre el tobillo, anclada 35 sobre un bastidor de apoyo sobre el empeine del pie, donde la plantilla está unida a la

abrazadera por una primera unión elástica, y al bastidor por una segunda unión elástica, donde el bastidor comprende un soporte configurado para alojar una pluralidad de actuadores electromecánicos, y además comprende un primer actuador electromecánico configurado para traccionar de un primer lateral de la plantilla de apoyo, y un segundo actuador electromecánico configurado para traccionar de un segundo lateral de la plantilla de apoyo. De este modo, al disponer de tres puntos de anclaje sobre el pie, y siendo dos de ellos opcionalmente móviles, se pueden realizar movimientos complejos de más de un grado de libertad, combinando los movimientos de los dos actuadores electromecánicos, frente a los dispositivos exoesqueleto conocidos que sólo ofrecen la posibilidad de un movimiento rígido.

5 Opcionalmente el primer lateral y segundo lateral de la plantilla de apoyo son puntos de anclajes móviles, lo cual incrementa la versatilidad del dispositivo al poder traccionar desde diferentes posiciones, con diferentes efectos sobre el pie y el tobillo del usuario.

10 Más en detalle, el primer actuador electromecánico tracciona de un primer lateral de la plantilla a través de un primer cable tirador y/o el segundo actuador electromecánico tracciona de un segundo lateral de la plantilla a través de un segundo cable tirador. Opcionalmente el cable es metálico. De esta manera la tracción es robusta, fiable y proporcional al movimiento de los actuadores electromecánicos, ofreciendo una mayor durabilidad del dispositivo exoesqueleto a largo plazo.

15 20 Preferentemente, la unión del primer lateral y/o segundo lateral de la plantilla con el primer cable tirador y/o segundo cable tirador está a la altura del metatarso del pie, de modo que la tracción sobre el pie es efectiva al tiempo que el tamaño del dispositivo exoesqueleto es ajustado a su funcionalidad.

25 Complementariamente, la plantilla comprende una sujeción configurada para rodear el metatarso del pie, ofreciendo una unión más robusta. Dicha sujeción puede comprender opcionalmente puntos de unión con el primer cable tirador y/o segundo cable tirador, siendo una solución de diseño más compacta, y que reduce el número de componentes totales.

30 Adicionalmente, de forma opcional, dicha sujeción puede corresponder a una cinta que comprende un tramo de velcro para una fijación regulada, ofreciendo prestaciones de ajuste y de minimización de holguras indeseadas que lleven a un uso defectuoso, o incluso a una rotura del dispositivo exoesqueleto.

Según otro aspecto de la invención, la primera unión elástica de unión entre la plantilla y la abrazadera es un muelle de precarga, de modo que el movimiento se produce de una forma controlada amortiguando cualquier movimiento no deseado que se pueda producir tanto por causas internas como externas. Adicionalmente o de forma sustitutoria al muelle de precarga,

5 el movimiento puede realizarse con el acompañamiento de una energía potencial elástica complementaria o sustitutoria proporcionada por unas cintas instaladas precargadas en el talón de forma pasiva.

En una realización preferida de la invención, la abrazadera comprende un tornillo de regulación de la precarga del muelle o cintas elásticas, de manera que se puede ajustar el nivel de amortiguación y de energía potencial elástica latente en estado de reposo consiguiendo además, de esta manera, poder establecer la posición de inicio del movimiento del conjunto. Precisar que la abrazadera comprende opcionalmente dos mitades unidas giratoriamente por el propio tornillo de regulación, lo cual ofrece prestaciones adicionales de

10 facilidad de colocación en el pie y tobillo del usuario.

Según otra realización preferente de la invención, la segunda unión elástica de unión entre plantilla y el bastidor es al menos una cinta, con un componente de flexibilidad, siendo comúnmente una pluralidad de cintas, posicionadas y sujetas a diferentes alturas y ángulos.

20 De este modo el dispositivo exoesqueleto puede configurarse para, simplemente, bien asistir a la hora de realizar el movimiento, o bien ejercer un esfuerzo extra para fortalecer la articulación. Así, el dispositivo exoesqueleto se puede utilizar de forma pasiva con los actuadores electromecánicos apagados, para mejorar la movilidad y aumentar la hipertrofia de las personas que lo necesiten gracias a sus cintas elásticas, las cuales pueden actuar

25 como un dispositivo convencional de salas fitness, incrementando la resistencia de las cintas o aumentando la cantidad de las mismas en la instalación. De la misma forma, se pueden instalar cintas en la parte anterior del dispositivo exoesqueleto hacia el metatarso para poder ejercitar tanto la flexión dorsal como la flexión plantar, aumentando la dificultad en vez de asistir el movimiento o, directamente, realizarlo si el paciente no puede.

30

Complementariamente, la cinta de la segunda unión elástica comprende un tramo de velcro para una fijación regulada, pudiendo eliminar holguras, de modo que el usuario se encuentra más cómodo, y el uso es más eficiente.

Según otro aspecto de la invención, la plantilla está configurada para alojar tanto un pie izquierdo como un pie derecho, al haber sido diseñado el dispositivo exoesqueleto en su conjunto de forma simétrica con respecto al plano sagital del tobillo, eliminando cualquier elemento que pueda interferir en la utilización por ambos pies. Esto da como resultado una

5 plantilla simétrica acortada junto con un bastidor simétrico.

Cabe mencionar que el material de la plantilla, de la abrazadera y/o del bastidor es plástico o resina, siendo piezas o elementos fabricados preferentemente mediante impresión 3D, lo que redundaría en un menor coste económico del dispositivo exoesqueleto: Mediante dicha

10 tecnología de fabricación, se pueden producir piezas con gran facilidad y rapidez, resultando en componentes que aguantan los esfuerzos a los que van a estar sometidos en su función. En el estado de la técnica dichos elementos son habitualmente metálicos. Y precisar que en el caso del plástico podría ser alguno del grupo de ABS, PLA y PET-g, siendo estos especialmente adecuados para la tecnología de impresión 3D. Señalar que en el caso del

15 material plástico PLA, el resultado es un dispositivo exoesqueleto biocompatible, ecológico y biodegradable bajo unas condiciones de temperatura específicas nunca alcanzables durante su uso. Se trata además de un material de alta resistencia y flexibilidad, y de una baja densidad, lo que aporta prestaciones adicionales en cuanto a peso reducido.

20 Más concretamente, al menos un actuador electromecánico es un servomotor, de manera que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición, pudiendo ser controlado tanto en velocidad como en posición con gran precisión al presentar una baja inercia.

25 Complementariamente, el dispositivo exoesqueleto comprende al menos una batería de alimentación eléctrica de la pluralidad de actuadores electromecánicos, lo cual posibilita una autonomía de funcionamiento, evitando la conexión vía cable a la red. En concreto las baterías de Li-Ion permiten una elevada autonomía a un menor peso facilitando el movimiento de rehabilitación.

30 Según otro aspecto de la invención, el dispositivo exoesqueleto comprende unos medios de control del movimiento de la pluralidad de actuadores electromecánicos, entendiéndose por movimiento la variación de la posición de giro, la velocidad y la fuerza de tracción. La inclusión de dichos medios de control posibilita efectuar una programación, de cara a realizar distintas

35 terapias de rehabilitación, considerando además los grados de libertad aumentados que se

disponen; se dispone de tres anclajes distintos, dos de ellos son móviles, lo que permite mediante la variación en su colocación y el movimiento combinado de los actuadores electromecánicos la realización de movimientos más complejos. Además, se posibilita la regulación tanto en velocidad como los límites del rango de movimiento.

5

Complementariamente, el dispositivo exoesqueleto comprende unos medios de comunicación inalámbrica, lo cual, añadido a un sistema de alimentación autónomo por medio de una batería, y un control integrado, permite, no sólo rehabilitar sin necesidad de cables conectados, sino que puede ser controlado a distancia. Dichos medios de comunicación inalámbrica pueden ser vía WiFi o vía Bluetooth, lo cual habilita a una conexión con dispositivos compatibles con dichos protocolos de comunicación.

Por otra parte señalar que los medios de control y los medios de comunicación inalámbrica están integrados en una placa electrónica Arduino, lo que incrementa las posibilidades 15 programación y de integración de componentes compatibles. En concreto la placa electrónica Arduino está configurada para establecer su propia red WiFi a través de la cual genera un servidor web para el control del dispositivo exoesqueleto. Así, y siempre y cuando conectemos un dispositivo a esa red WiFi, podremos acceder al servidor introduciendo su URL en cualquier buscador web. Una vez en la página del servidor, podremos decidir las distintas acciones que 20 se encuentren programadas en asociación a cada comando. Cuando se seleccione un comando, la placa de Arduino lo detectará y ejecutará las líneas de código correspondientes a ese comando.

En los dibujos adjuntos se muestra, a título de ejemplo no limitativo, un dispositivo 25 exoesqueleto para tobillo, constituido de acuerdo con la invención. Otras características y ventajas de dicho dispositivo exoesqueleto para tobillo, objeto de la presente invención, resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- Figura 1- Vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo, de acuerdo con la
5 presente invención;
- Figura 2A- Vista lateral del dispositivo exoesqueleto para tobillo en un movimiento de flexión
dorsal, de acuerdo con la presente invención;
- Figura 2B- Vista lateral del dispositivo exoesqueleto para tobillo en un movimiento de flexión
plantar, de acuerdo con la presente invención;
- 10 Figura 3- Vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo una vez acoplado al
pie del usuario, de acuerdo con la presente invención;
- Figura 4- Vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo en un explosionado 3D
de componentes, de acuerdo con la presente invención;
- Figura 5- Vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo con el detalle del
15 actuador electromecánico, la batería y la placa electrónica, de acuerdo con la presente
invención;

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE

- 20 A la vista de las mencionadas figuras y, de acuerdo con la numeración adoptada, se puede
observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, comprendiendo las
partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación.

En la figura 1 se puede observar una vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para
25 tobillo (12), donde la plantilla (2) comprende un primer lateral (21) y un segundo lateral (22)
unidos por una sujeción (23), una abrazadera (3) con un tornillo de regulación (31) vinculado
a una primera unión (32), de modo preferente un muelle (32a), y un bastidor (4) unido a la
plantilla (2) por una segunda unión (42), de modo preferente una cinta (42a). También se
aprecia la posición del primer actuador electromecánico (51), unido a un primer cable tirador
30 (51a), y del segundo actuador electromecánico (52) unido a un segundo cable tirador (52a).

En la figura 2A se puede observar una vista lateral del dispositivo exoesqueleto para tobillo
(12) en un movimiento de flexión dorsal, con la plantilla (2) y su sujeción (23) alzándose en
dirección hacia la abrazadera (3), contando esta con un tornillo de regulación (31) vinculado
35 con una primera unión (32), opcionalmente un muelle (32a), con la parte trasera de dicha

plantilla (2). Por otro lado se aprecia el bastidor (4) con una segunda unión (42), opcionalmente una cinta (42a), con la parte media de dicha plantilla (2). También se observa un actuador electromecánico (5), en particular un primer actuador electromecánico (51), en conexión con un primer cable tirador (51a), en un primer sentido de giro anti horario, de manera que el 5 primer cable tirador (51a) se enrolla y se recoge, produciendo la elevación del metatarso (13) y, con ello, la flexión dorsal.

En la figura 2B se puede observar una vista lateral del dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) en un movimiento de flexión plantar, con la plantilla (2) y su sujeción (23) alejándose en 10 dirección opuesta a la abrazadera (3). De igual modo se aprecia el tornillo de regulación (31), opcionalmente con forma con cabeza de mariposa, vinculado a la primera unión (32) entre la abrazadera (3) y la plantilla (2). También se observa el bastidor (4) y la segunda unión (42) en forma de cinta (42a), y un actuador electromecánico (5), en particular un primer actuador electromecánico (51), en conexión con un primer cable tirador (51a), en un segundo sentido 15 de giro horario, de manera que el primer cable tirador (51a) se desenrolla y se suelta, de forma que el pie (1) desciende acompañado de la tensión que ejerce la primera unión (32) o muelle (32a), produciendo de este modo la flexión plantar.

En la figura 3 se puede observar una vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para 20 tobillo (12) una vez acoplado al pie (1) del usuario. Se aprecia la planta (11) por el lado inferior y el metatarso (13) por el lado superior del pie (1) situado sobre la plantilla (2). En la parte superior trasera de la abrazadera (3) se observa el tornillo de regulación (31), y en la parte delantera la presencia de al menos un actuador electromecánico (5) en conexión con una placa electrónica (7).

25 En la figura 4 se puede observar, una vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) en un explosionado 3D de componentes, con la plantilla (2) en la parte inferior configurada para el apoyo del pie (1), rodeado en la parte delantera por la sujeción (23). Por arriba, en la zona del tobillo (12) cuenta con una abrazadera (3), que cuenta opcionalmente 30 con varios elementos, vinculados por medio de un tornillo de regulación (31). Se aprecia además el elemento bastidor (4) con un soporte (41) para el alojamiento del actuador electromecánico (5), de la batería (6) y de la placa electrónica (7). Se observa asimismo una posición del velcro (42b) como extremo de la cinta (42a).

En la figura 5 se puede observar una vista en perspectiva del dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) con el detalle en primer término del primer actuador electromecánico (51) y del segundo actuador electromecánico (52), la batería (6) y la placa electrónica (7), con los medios de control (71) y los medios de comunicación inalámbrica (72). Por detrás se aprecia la

5 plantilla (2) con la sujeción (23) del pie (1), la abrazadera (3) en la parte superior con el tornillo de regulación (31) de la primera unión (32) o muelle (32a), y por delante el bastidor (4) unido con la parte trasera de la plantilla (2) con una cinta (42a) que comprende un elemento de velcro (42b).

10 Más en particular, tal y como se observa en la figura 1, el dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) comprende una plantilla (2) de apoyo de la planta (11) del pie (1), una abrazadera (3) de sujeción sobre el tobillo (12), anclada sobre un bastidor (4) de apoyo sobre el empeine del pie (1), donde la plantilla (2) está unida a la abrazadera (3) por una primera unión (32) elástica, y al bastidor (4) por una segunda unión (42) elástica, donde el bastidor (4) comprende un

15 soporte (41) configurado para alojar una pluralidad de actuadores electromecánicos (5), y además comprende un primer actuador electromecánico (51) configurado para traccionar de un primer lateral (21) de la plantilla (2) de apoyo, y un segundo actuador electromecánico (52) configurado para traccionar de un segundo lateral (22) de la plantilla (2) de apoyo.

20 Más específicamente, tal y como se observa en las figuras 1 y 2A, el primer actuador electromecánico (51) tracciona de un primer lateral (21) de la plantilla (2) a través de un primer cable tirador (51a) y/o el segundo actuador electromecánico (52) tracciona de un segundo lateral (22) de la plantilla (2) a través de un segundo cable tirador (52a).

25 Cabe señalar que, tal y como se observa en la figura 3, la unión del primer lateral (21) y/o segundo lateral (22) de la plantilla (2) con el primer cable tirador (51a) y/o segundo cable tirador (52a) está a la altura del metatarso (13) del pie (1).

30 Preferentemente, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, la plantilla (2) comprende una sujeción (23) configurada para rodear el metatarso (13) del pie (1). Opcionalmente los anclajes a la sujeción (23) son mosquetones, y se pueden anclar en el punto del metatarso (13) si es la posición más cómoda y/o eficiente, pero si el pie (1) es más grande, se puede anclar a los cordones del propio calzado que porte el usuario, aunque no actúen de esta manera, directamente sobre la sujeción (23).

En una realización preferida de la invención, tal y como se observa en las figuras 1 y 5, la primera unión (32) elástica de unión entre la plantilla (2) y la abrazadera (3) es un muelle (32a) de precarga. Dicha primera unión (32) elástica está preferentemente en la parte trasera del dispositivo exoesqueleto.

5

Según otro aspecto de la invención, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, la abrazadera (3) comprende un tornillo de regulación (31) de la precarga del muelle (32a).

Más en detalle, tal y como se observa en las figuras 2A y 2B, la segunda unión (42) elástica 10 de unión entre plantilla (2) y el bastidor (4) es al menos una cinta (42a).

Complementariamente, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, la cinta (42a) comprende un tramo de velcro (42b) para una fijación regulada.

15 Adicionalmente, tal y como se observa en la figura 3, la plantilla (2) está configurada para alojar tanto un pie (1) izquierdo como un pie (1) derecho. Así, tal y como se observa también en la figura 1, la simetría del diseño del dispositivo exoesqueleto permite alojar tanto un pie (1) izquierdo como un pie (1) derecho.

20 Según otro aspecto de la invención, tal y como se observa en la figura 4, el material de la plantilla (2), de la abrazadera (3) y/o del bastidor (4) es plástico o resina.

Según otra realización preferente de la invención, tal y como se observa en la figura 5, al menos un actuador electromecánico (5) es un servomotor.

25

Por otra parte, tal y como se observa en la figura 5, el dispositivo exoesqueleto comprende al menos una batería (6) de alimentación eléctrica de la pluralidad de actuadores electromecánicos (5).

30 En concreto la potencia eléctrica viene suministrada al dispositivo exoesqueleto por dos baterías (6) de Ion Litio que proporcionan 7.4 V para alimentar los medios de control (71) y los dos actuadores electromecánicos (51, 52), opcionalmente dos servomotores de 12 kg/cm o superior. Alternativamente, el dispositivo exoesqueleto puede ser utilizado sin batería (6), directamente alimentado de la red eléctrica, por ejemplo, si se utiliza cuando el usuario está 35 sentado.

Adicionalmente, tal y como se observa en la figura 5, el dispositivo exoesqueleto comprende unos medios de control (71) del movimiento de la pluralidad de actuadores electromecánicos (5).

5

Por otro lado, tal y como se observa en la figura 5, el dispositivo exoesqueleto comprende unos medios de comunicación inalámbrica (72). Alternativamente, los medios de control (71) y los dos actuadores electromecánicos (51, 52), pueden ser controlados de forma cableada, caso de que el usuario no camine, sino que se encuentre sentado.

10

Cabe señalar que, tal y como se observa en la figura 5, los medios de control (71) y los medios de comunicación inalámbrica (72) están integrados en una placa electrónica (7) Arduino.

Los detalles, las formas, las dimensiones y demás elementos accesorios, así como los 15 componentes empleados en la implementación del dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), podrán ser convenientemente sustituidos por otros que sean técnicamente equivalentes, y no se aparten de la esencialidad de la invención ni del ámbito definido por las reivindicaciones que se incluyen a continuación de la siguiente lista.

20 **Lista referencias numéricas:**

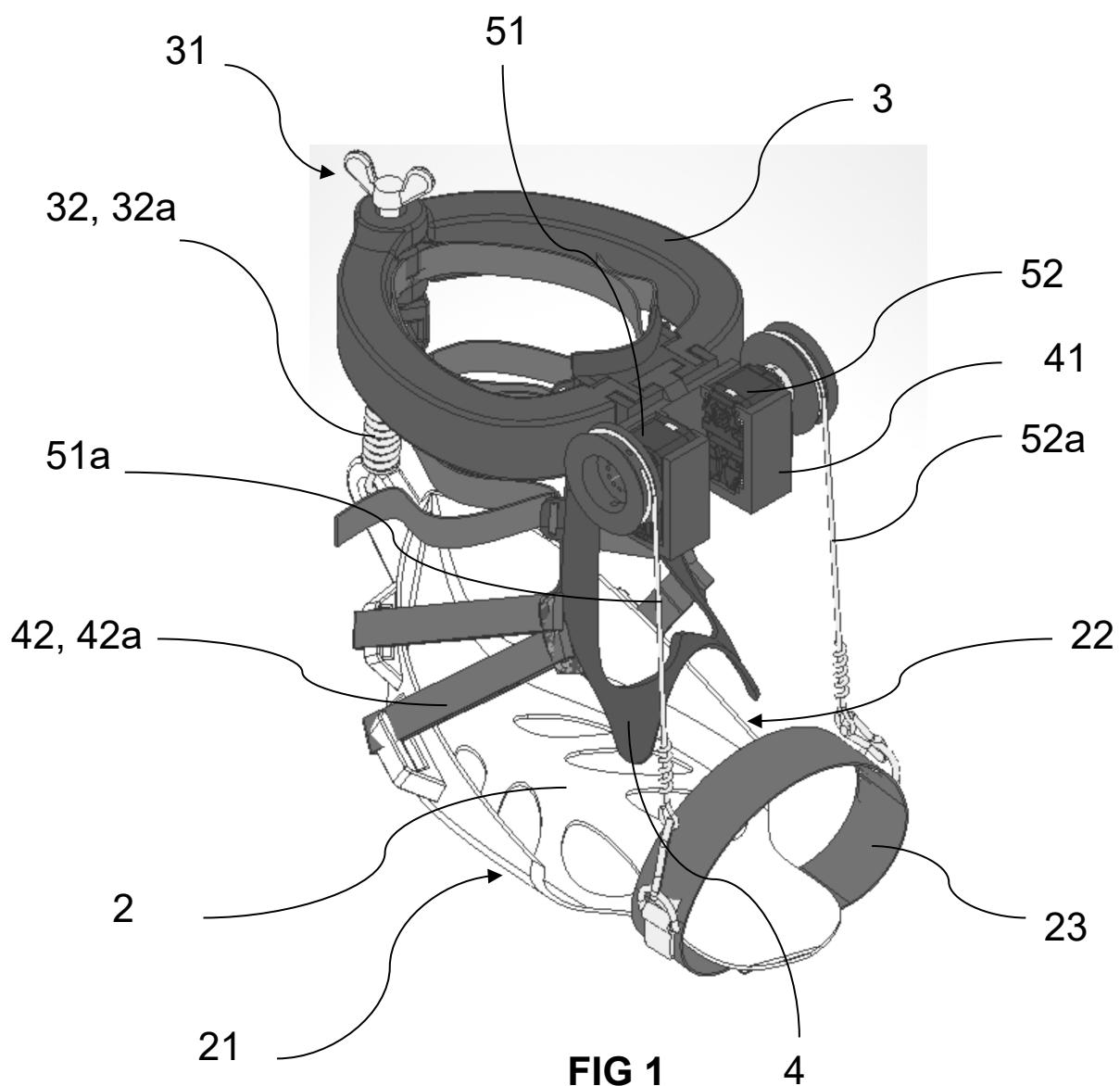
- | | |
|----|---------------------------|
| 1 | pie |
| 11 | planta |
| 12 | tobillo |
| 25 | 13 metatarso |
| | 2 plantilla |
| | 21 primer lateral |
| | 22 segundo lateral |
| | 23 sujeción |
| 30 | 3 abrazadera |
| | 31 tornillo de regulación |
| | 32 primera unión |
| | 32a muelle |
| | 4 bastidor |
| 35 | 41 soporte |

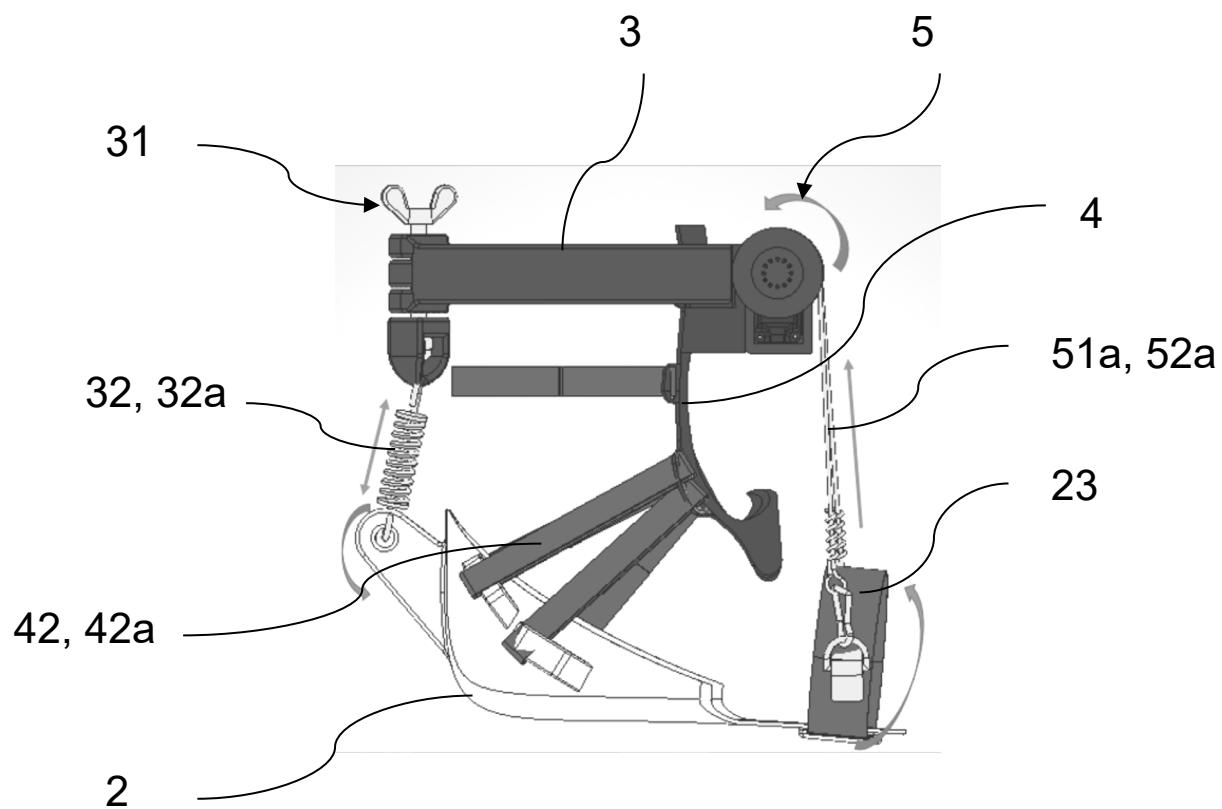
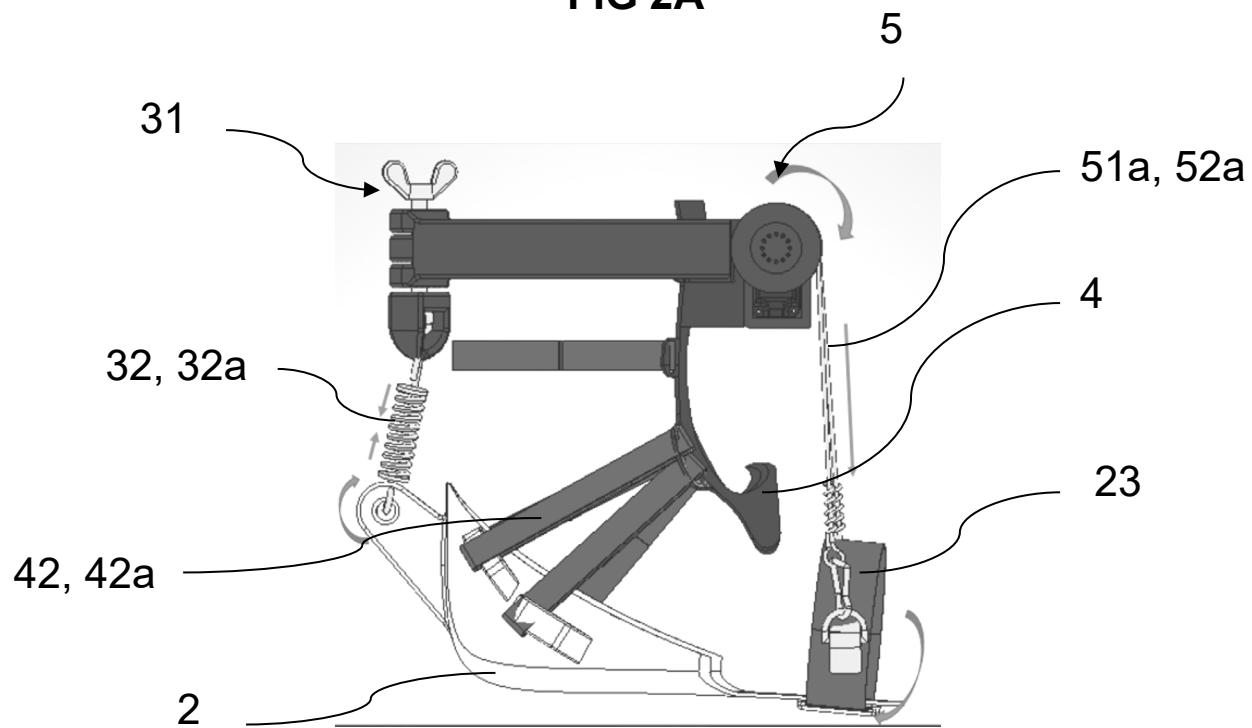
- 42 segunda unión
- 42a cinta
- 42b velcro
- 5 actuador electromecánico
- 5 51 primer actuador electromecánico
- 51a primer cable tirador
- 52 segundo actuador electromecánico
- 52a segundo cable tirador
- 6 batería
- 10 7 placa electrónica
- 71 medios de control
- 72 medios de comunicación inalámbrica

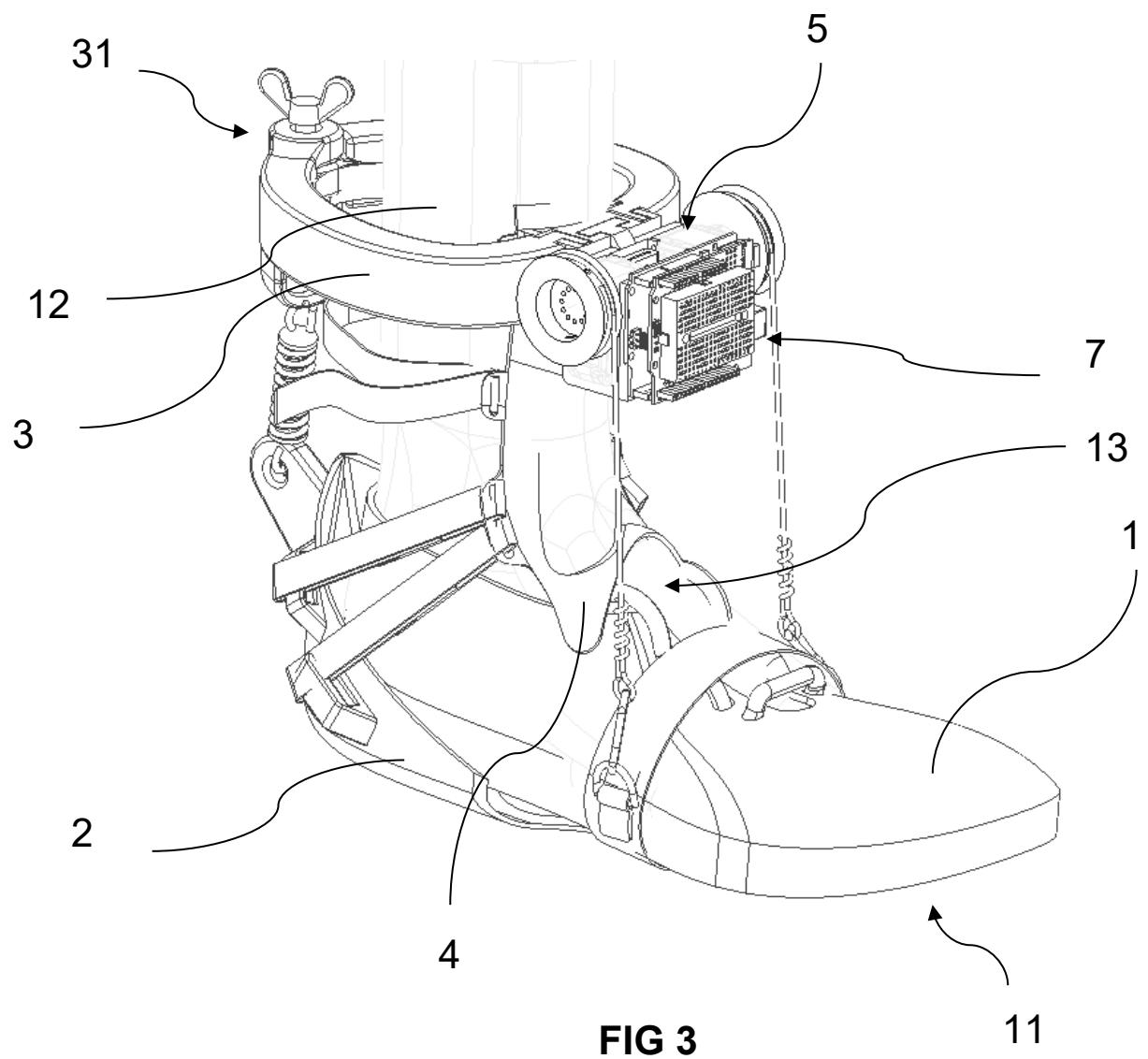
REIVINDICACIONES

- 1- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12) que comprende una plantilla (2) de apoyo de la planta (11) del pie (1), una abrazadera (3) de sujeción sobre el tobillo (12), anclada sobre un bastidor (4) de apoyo sobre el empeine del pie (1), donde la plantilla (2) está unida a la abrazadera (3) por una primera unión (32) elástica, y al bastidor (4) por una segunda unión (42) elástica, donde el bastidor (4) comprende un soporte (41) configurado para alojar una pluralidad de actuadores electromecánicos (5), y comprende una batería (6) de alimentación eléctrica de la pluralidad de actuadores electromecánicos (5), caracterizado por que comprende un primer actuador electromecánico (51) configurado para traccionar de un primer lateral (21) de la plantilla (2) de apoyo, y un segundo actuador electromecánico (52) configurado para traccionar de un segundo lateral (22) de la plantilla (2) de apoyo, y por que el primer actuador electromecánico (51) tracciona de un primer lateral (21) de la plantilla (2) a través de un primer cable tirador (51a) y/o el segundo actuador electromecánico (52) tracciona de un segundo lateral (22) de la plantilla (2) a través de un segundo cable tirador (52a).
- 2- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según la reivindicación 1, caracterizado por que la unión del primer lateral (21) y/o segundo lateral (22) de la plantilla (2) con el primer cable tirador (51a) y/o segundo cable tirador (52a) está a la altura del metatarso (13) del pie (1).
- 3- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la plantilla (2) comprende una sujeción (23) configurada para rodear el metatarso (13) del pie (1).
- 4- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la primera unión (32) elástica de unión entre la plantilla (2) y la abrazadera (3) es un muelle (32a) de precarga.
- 5- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según la reivindicación 4, caracterizado por que la abrazadera (3) comprende un tornillo de regulación (31) de la precarga del muelle (32a).
- 6- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la segunda unión (42) elástica de unión entre plantilla (2) y el bastidor (4) es al menos una cinta (42a).

- 7- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según la reivindicación 6, caracterizado por que la cinta (42a) comprende un tramo de velcro (42b) para una fijación regulada.
- 8- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones 5 anteriores, caracterizado por que la plantilla (2) está configurada geométricamente para alojar tanto un pie (1) izquierdo como un pie (1) derecho.
- 9- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones 10 anteriores, caracterizado por que el material de la plantilla (2), de la abrazadera (3) y/o del bastidor (4) es plástico o resina.
- 10- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones 15 anteriores, caracterizado por que al menos un actuador electromecánico (5) es un servomotor.
- 11- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según cualquiera de las reivindicaciones 20 anteriores, caracterizado por que comprende unos medios de control (71) del movimiento de la pluralidad de actuadores electromecánicos (5).
- 12- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según la reivindicación 11, caracterizado por que comprende unos medios de comunicación inalámbrica (72).
- 13- Dispositivo exoesqueleto para tobillo (12), según la reivindicación 12, caracterizado por que los medios de control (71) y los medios de comunicación inalámbrica (72) están integrados en una placa electrónica (7) Arduino.



**FIG 2A****FIG 2B**



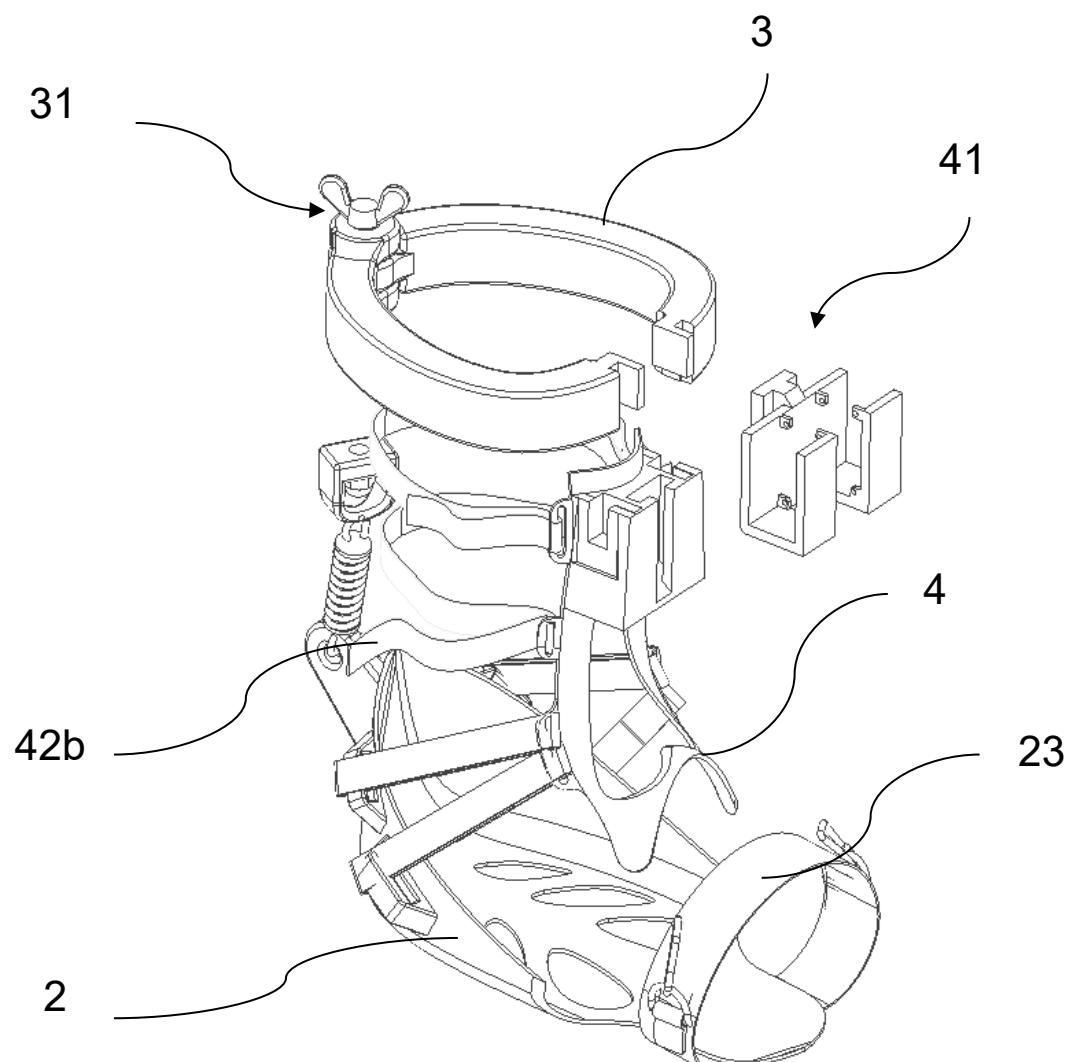


FIG 4

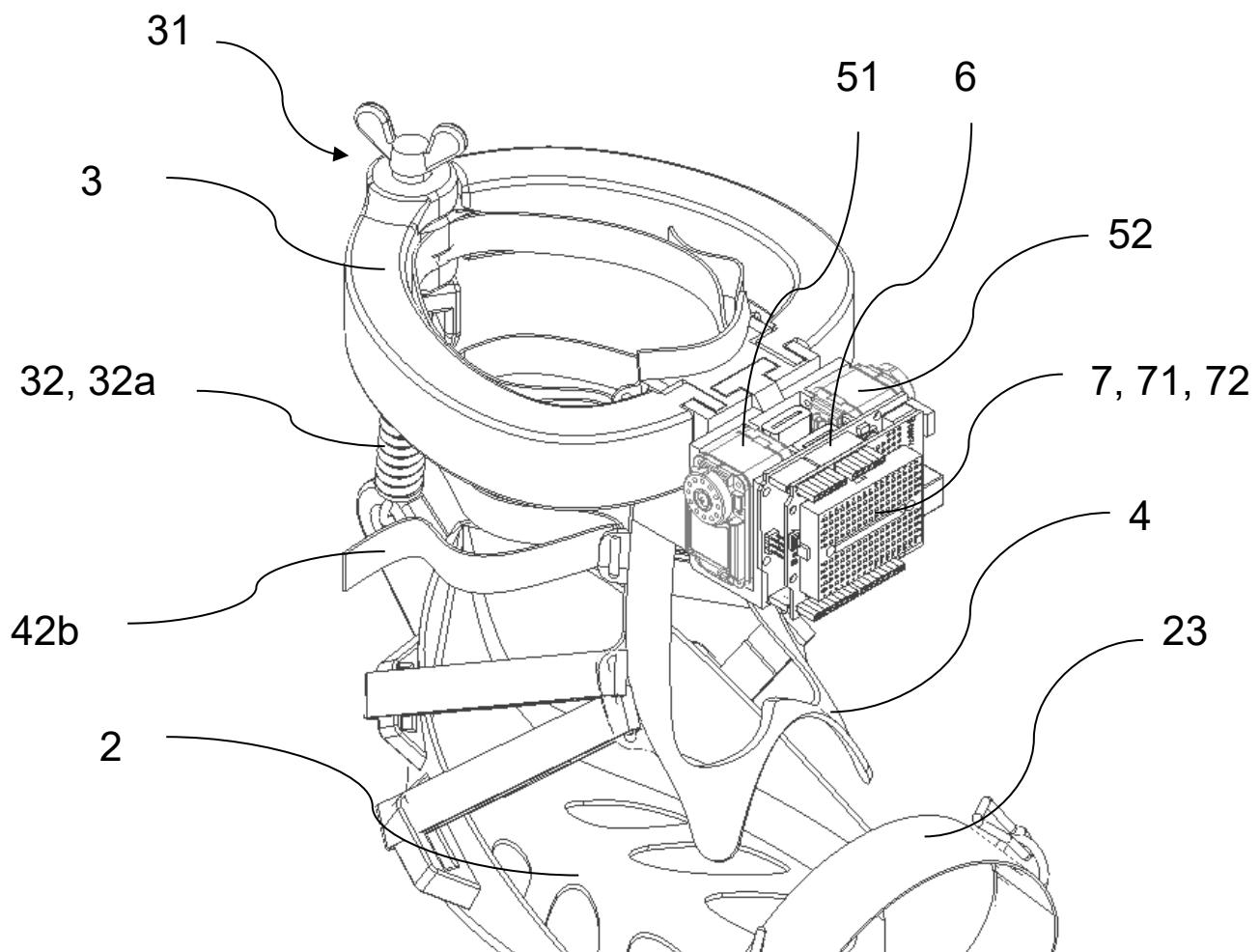


FIG 5