

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 285**

21 Número de solicitud: 201531671

51 Int. Cl.:

A61H 3/00 (2006.01)

A61F 5/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

19.11.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.06.2017

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/000126

71 Solicitantes:

TECNIMUSA, S.L. (100.0%)
Pol. Ind. La Candelaria C/ Potasio, 3-º1º
30320 Fuente Alamo (Murcia) ES

72 Inventor/es:

GARCÍA LEGAZ, Juan y
BEJARANO HERRUZO, Bartolomé

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **SISTEMA PARA ASISTIR A CAMINAR**

57 Resumen:

Sistema para asistir a caminar a una persona, consistente en un exoesqueleto para adaptarse a la persona que comprende una pluralidad de estructuras articuladas para la flexión de las extremidades inferiores y una pluralidad de sensores. La pluralidad de sensores mide la flexión realizada en las articulaciones de las extremidades superiores y aplica un movimiento que se transmite a las extremidades inferiores por las estructuras articuladas en función de la flexión medida. Ventajosamente, el movimiento es generado por el propio individuo mientras camina y no precisa ser pre-programado.

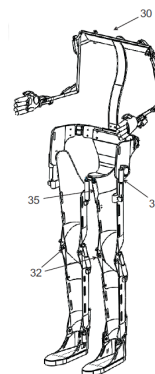


Fig. 16D

DESCRIPCIÓN

Sistema para asistir a caminar

Campo técnico de la invención

Esta invención se refiere a un sistema que permite una deambulación adecuada a
5 pacientes con imposibilidad para caminar sin ayuda.

Antecedentes de la invención o Estado de la Técnica

Una paraplejia o paraparesia denota una debilidad completa o parcial de ambos miembros inferiores, quedando sin funcionalidad para ponerse de pie o desplazarse.

Es ocasionada por una afectación de la médula espinal (generalmente en región
10 torácica o lumbar), de los nervios periféricos o de la musculatura (miopatías). Habitualmente, un patrón de debilidad distal, pérdida sensitiva, atrofia muscular y ausencia de reflejos suele acompañar a neuropatías periféricas. Por el contrario, la paraplejia espinal causa espasticidad, aumento exagerado de los reflejos y nivel de pérdida sensitiva. Lesiones de cono medular o cola de caballo, pueden producir un
15 cuadro complejo de signos tanto medulares como de afectación nerviosa periférica. Algunas alteraciones cerebrales pueden causar paraplejia/paraparesia, pudiendo llegar a afectar también a miembros superiores, como lesiones troncoencefálicas, lesiones intracraneales parasagitales (meningiomas) o isquemia de arterias cerebrales anteriores.

La paraplejia espinal suele darse como resultado de un trauma que ocasiona una
20 lesión medular grave con compresión o sección de la médula espinal, usualmente por fragmentos de hueso de una fractura vertebral o del hematoma asociado. La mayoría son cuadros agudos, como consecuencia de un traumatismo, dándose la mitad de los mismos en accidentes de tráfico. En ausencia de trauma, la compresión medular y la
25 mielitis son las causas principales de paraplejia de comienzo agudo o rápidamente progresivo.

Las lesiones pueden tener diversos grados en función de la gravedad y la ubicación de la lesión. Al principio, el paciente puede sufrir un shock medular, que produce pérdida o disminución en la sensibilidad, movimiento muscular y reflejos. A medida que
30 disminuye la inflamación pueden aparecer otros síntomas, que dependen de la ubicación de la lesión. Generalmente, los síntomas son más graves cuanta más alta sea la zona de la médula espinal en la que se produce la lesión. Algunos de los síntomas centrales que evidencian una lesión medular grave son: debilidad muscular; pérdida de los movimientos voluntarios de los músculos afectados; pérdida de la

sensibilidad en miembros inferiores, pérdida del control de la vejiga y el intestino, problemas para respirar, etc.

En el estado de la técnica existen propuestas basadas en dispositivos electro-mecánicos dirigidas a este tipo de pacientes. Se trata de exoesqueletos corporales que se han desarrollado tanto con propósitos médicos como militares y civiles. Actualmente, múltiples empresas y centros de investigación superior siguen tratando de desarrollarlos de forma comercial pero han encontrado varios obstáculos, fundamentalmente costos de comercialización y tiempos de operación. Se destacan como empresas que más cerca se encuentran de producir masivamente exoesqueletos Honda y Cyberdyne.

La primera cuenta con dos prototipos de exoesqueletos para la asistencia al caminar; una es un diseño de máquina llamada "BODYWEIGHT SUPPORT ASSIST", que se proyectó para reducir la carga en los músculos de las piernas y las articulaciones (cadera, rodillas y tobillos). Este es un equipo creado para la rehabilitación de ancianos y discapacitados.

El otro prototipo de esta empresa se llama "WALKING ASSIST DEVICE"; es un exoesqueleto que agiliza el caminar natural de una persona incorporando fuerza mecánica a su andar, los sensores incrustados permiten leer la intención de movilidad de la cadera, para ayudar al usuario a mantener una postura erguida, y usa motores para incrementar la fuerza de los pasos. Está destinado para la gente mayor y para quienes tengan piernas con músculos débiles.

Por su parte Cyberdyne cuenta con el traje robótico "HAL"; sus aplicaciones son: la rehabilitación, la formación física en el campo de la medicina, el apoyo para personas con discapacidad, empleo en trabajos pesados o en rescates en lugares de desastre. A diferencia de los anteriores este exoesqueleto es para miembros superiores e inferiores. El exoesqueleto "HAL" usa sensores adjuntos a la piel de quien lo usa para leer los impulsos eléctricos de los nervios. Según las señales obtenidas, la unidad es controlada para mover la unión junto al movimiento muscular de quien lo usa. Si no hay señales, "HAL" también tiene un sistema de control autónomo que ofrece movimientos similares a los humanos al exoesqueleto. Es necesaria la utilización de muletas.

El laboratorio de ingeniería humana de la universidad de California, Berkeley (Estados Unidos), ha realizado trabajos de investigación sobre los fundamentos de la potencia humana, arrojando varios resultados aplicativos, entre los que se encuentran los

siguientes exoesqueletos para miembro inferior: el Bleex, el Exohiker, el Exoclimber, el Hulc y los exoesqueletos para medicina; todos excepto estos últimos tienen como objetivo las aplicaciones militares. Sus diseños se centran en aumentar la fuerza y la resistencia de los soldados en el campo de batalla.

5 De forma breve, se describen los siguientes antecedentes:

- “EXOHIKER”: fue el primer exoesqueleto robótico creado por el equipo de Berkeley Bionics y la Universidad de California. Fue diseñado para llevar mochilas pesadas para las misiones de largas distancias con pequeños cambios en la altitud.

10 - “EXOCLIMBER”: se trata de un exoesqueleto robótico que está diseñado para permitir el rápido ascenso de escaleras y pendientes pronunciadas mientras que proporciona la misma capacidad de transporte de ExoHiker

- XOS: el exoesqueleto robótico de cuerpo entero para fines militares presentado por Raytheon Sarcos fue Sarcos XOS, que busca aumentar la fuerza y la resistencia de los soldados. Su aplicación son las tareas de carga para elementos explosivos como
15 los misiles. Permite a quien lo vistiera levantar un peso de cien kilos como si se tratara de uno. Además, es flexible, y permite correr o saltar con gran facilidad, pero este exoesqueleto necesita alimentación externa. El nuevo XOS 2 es una estructura robótica accionada por un sistema hidráulico de alta tensión y más resistente que
20 gasta la mitad de energía, pero su principal innovación es que tiene más autonomía ya que no requiere de un cable que conecte el traje a una fuente de energía.

- “REWALK”: es un exoesqueleto electrónico capaz de ayudar a caminar a las personas parapléjicas, de la empresa Argo Medical Technologies. Aunque el paciente necesita muletas para mantener el equilibrio, el sistema cuenta con un mando a distancia que se ajusta a la muñeca y que pone en funcionamiento una serie de
25 sensores corporales gracias a los cuales se motorizan las piernas, permitiendo seleccionar el tipo de movimiento. A través del mando a distancia los pacientes pueden elegir: sentarse, andar, bajar o subir escaleras.

- “BLEEX”: es un exoesqueleto robótico para extremidades inferiores. Se compone de dos patas accionadas antropomorfas, una unidad de potencia y un marco de mochila
30 en la que se puede añadir carga pesada. Este sistema proporciona al usuario la capacidad para soportar cargas significativas sobre ella con un esfuerzo mínimo sobre cualquier tipo de terreno. Permite ponerse en cuclillas con comodidad, doblarse, saltar de un lado para otro, girarse y caminar en pendientes ascendentes y descendentes,

mientras que también ofrece la capacidad de pasar sobre obstáculos y por debajo de ellos.

Breve descripción de la invención

A la vista de los antecedentes, la mayoría de exoesqueletos de extremidades inferiores han sido diseñados para individuos sanos, fundamentalmente destinados a usos militares, y los exoesqueletos de asistencia a discapacitados necesitan de una segunda persona o muletas y con movimientos pre-programados impidiendo la autonomía del individuo.

En el ámbito militar, los exoesqueletos (neumáticos, hidráulicos, etc...) tienen un comportamiento programado de acompañamiento para aliviar el peso portado por el usuario o dotarle de mayor resistencia; sin embargo, carecen de autonomía de movimiento, por lo que el movimiento ha de ser generado por las extremidades del propio individuo.

En cambio, la presente invención propone un exoesqueleto para devolver la capacidad motora del individuo. Para ello se refuerzan las articulaciones, como el tobillo, donde no solo se motoriza el movimiento del tendón de Aquiles (flexión y extensión) sino también el movimiento de lateralización del pie (abducción y aducción). Respecto a los exoesqueletos existentes diseñados para parapléjicos, se observa que no contemplan el movimiento (abducción y aducción) del tobillo.

Por el contrario, la presente propuesta considera esta función imprescindible para un control exhaustivo de la movilidad. En todos los casos el exoesqueleto objeto de la presente invención implementa estos dos movimientos del tobillo.

Por otra parte, los exoesqueletos existentes en general sólo tienen mecanizado el movimiento de flexión-extensión en la cadera, permitiéndose los movimientos de abducción-aducción y rotación externa-interna sólo en los modelos militares, y quedando fijos los dos últimos para los modelos de parapléjicos. Se ha comprobado que para una marcha correcta son necesarios los tres movimientos; de ahí que la presente invención implementa estos tres movimientos motorizados.

La transmisión sensorial propuesta por la presente invención se basa en trasladar una flexión de una articulación del miembro superior en una actuación sobre el exoesqueleto correspondiente a otra articulación del miembro inferior aquejada de parálisis.

De ahora en adelante, por claridad en la exposición se ha de entender sin pérdida de generalidad que el término flexión se refiere al movimiento de la articulación, ya sea extensión o flexión, abducción o aducción.

- 5 Adicionalmente, una suela para el pie será capaz de transmitir las zonas de presión a otras zonas del cuerpo con sensibilidad, como la mano, mediante un guante.

Breve descripción de las figuras

FIG. 1: Módulo exoesqueleto con sensor para muñeca ilustrado sin flexionar (o abducir) y con flexión de 10°.

FIG. 2: Módulo exoesqueleto con actuador para tobillo sin y con flexión.

- 10 FIG. 3: Módulo exoesqueleto con sensor para codo ilustrado sin flexionar y con flexión de 15°.

FIG. 4: Módulo exoesqueleto con actuador para rodilla sin y con flexión.

FIG. 5: Módulo exoesqueleto con sensor para hombro ilustrado sin flexionar y con flexión de 12°.

- 15 FIG. 6: Módulo exoesqueleto con actuador para cadera sin y con flexión.

FIG. 7: Módulo exoesqueleto con sensor para muñeca ilustrado sin y con abducción-aducción de 10°.

FIG. 8: Módulo exoesqueleto con actuador para tobillo sin y con abducción.

- 20 FIG. 9: Módulo exoesqueleto con sensor para cadera ilustrado sin y con abducción 15°.

FIG. 10: Módulo exoesqueleto con actuador para cadera sin y con abducción.

FIG. 11: Módulo exoesqueleto con sensor en parte superior de la columna y actuador en parte inferior de la columna, ilustrado sin y con basculación de 10°.

FIG. 12: Módulo exoesqueleto con sensor para hombro sin y con rotación de 10°.

- 25 FIG. 13: Módulo exoesqueleto con actuador para cadera sin y con rotación de 10°.

FIG. 14: Módulo exoesqueleto con sensores en planta del pie.

FIG. 15: Módulo exoesqueleto con actuadores en las palmas de las manos.

FIG. 16: Vistas completas lateral, frontal y perspectivas del exoesqueleto.

Descripción detallada de la invención

Se ilustra una realización sin carácter limitativo con referencia a las figuras. La realización permite una deambulación adecuada a pacientes con una paraplejia/paraparesia.

5 Para restaurar esta funcionalidad se han desarrollado dos partes:

1º.- Consiste en una estructura metálica y mecánica que realiza cada uno de los movimientos necesarios para mantenerse de pie y caminar de forma natural y controlada en todo momento por el sujeto afectado en tiempo real. Para ello se ha desarrollado un exoesqueleto 30 que consta de los siguientes elementos (exopie, 10 exotibia, exofémur, exocadera y exocolumna) unidos por tres articulaciones en cada lado y una central (exocolumna):

- Articulación exotobillo 31: unión del exopie con la exotibia. Esta articulación consta de dos actuadores que permite los movimientos de flexo-extensión y abducción-aducción del tobillo, ambos controlados por dos sensores ubicados en la muñeca.

15 - Articulación exorrodilla 32: unión de la exotibia con el exofémur. Esta articulación permite el movimiento de flexo-extensión a través de un actuador controlado por un sensor en el codo.

- Articulación exocadera 33: unión del exofémur y la exocadera. Esta articulación consta de los tres movimientos (flexo-extensión, abducción-aducción y rotación), por lo 20 que necesitamos tres actuadores a cada lado. El movimiento de flexo-extensión lo realizamos a través de dos actuadores situados entre el exofémur y la exocadera por la parte anterior. El movimiento de abducción-aducción lo tendremos a través de dos actuadores situados en la caras internas de la cadera en la unión de la exocadera con el exofémur; los sensores que mueven estos actuadores están situados en la parte 25 superior de los hombros. El movimiento rotacional lo tendremos a través de dos actuadores situados en las caras externas de la cadera; los sensores respectivos están situados también en la parte superior del hombro.

- Articulación exocolumna 34: unión de la exocadera y la exocolumna. Contempla el movimiento de basculación a través de un actuador situado entre la parte posterior de 30 la exocadera y la exocolumna, ya que gracias a la basculación de la pelvis podemos realizar este movimiento. El sensor que facilita este movimiento está situado en la zona cervical-torácica.

2°.- Para mantener el necesario equilibrio del sujeto se ha desarrollado una suela 19 para el apoyo del exoesqueleto 30 en el suelo que consta de varias cavidades necesarias para transmitir las distintas presiones que la suela 19 recibe a una zona sensible del sujeto como es la mano. Cada una de estas cavidades tiene asociada un sensor de presión 18a, 18b, 18c. Uno para la zona delantera del pie 18a, otro para la zona lateral externa 18b y un tercero para la zona del talón 18c. Dichas zonas del pie están conectadas a través de un guante 29 con la zona anterior 28a de la palma de la mano (seno palmar proximal), zona lateral 28b (eminencia hipotenar y seno palmar distal) y zona del seno distal 28c de la muñeca.

La transmisión de la presión es directamente proporcional, se emplea un guante 29 con las mismas cavidades para recibir en todo momento los estados de presión y poder corregir la posición de forma natural como si fuera nuestro propio pie en el suelo.

Grados de movilidad

Muñeca – Tobillo: El movimiento de flexo-extensión del tobillo es controlado por un primer sensor de muñeca 11, que mueve un actuador de tobillo 21 situado en la parte posterior del tendón de Aquiles. Al adquirir un determinado grado de flexión en la muñeca (considerando que el estado inicial es el correspondiente a situar la palma de la mano paralela al antebrazo), este mismo grado de flexión será transmitido al tobillo (partiendo de que el estado inicial es el correspondiente a situar la planta del pie horizontalmente).

El movimiento de abducción-aducción del tobillo es controlado también por un segundo sensor de muñeca 12, que mueve un segundo actuador de tobillo 22 situado en el lateral externo del tobillo. La rotación de la muñeca permite este movimiento.

Codo – Rodilla: El movimiento de flexo-extensión de la rodilla es controlado por un sensor de codo 12, que mueve un actuador de rodilla 22 situado en la parte exterior de la rodilla, y otro situado en la parte interna de ésta (cuyo movimiento es idéntico y simultáneo). Al adquirir un determinado grado de flexión en el codo (partiendo de que el estado inicial es el equivalente a situar el brazo extendido), este mismo grado de flexión será transmitido a la rodilla (considerando que el estado inicial es el correspondiente a mantener la pierna extendida).

Hombro – Cadera: El movimiento flexión-extensión de la cadera es controlado por un sensor de hombro 13, que mueve un segundo actuador de cadera 33. Al adquirir un determinado grado de flexión en el hombro (considerando que el estado inicial, es el

correspondiente a situar el brazo verticalmente; es decir, pegado al cuerpo), este mismo grado de flexión es transmitido a la cadera (cuyo estado inicial, es el correspondiente a situar la pierna verticalmente).

El movimiento de abducción-aducción de la cadera es controlado por un tercer sensor
 5 de hombro 17 situado en el hombro, que mueve un tercer actuador de cadera 27
 situado en la parte interna de la cadera. Al adquirir un determinado grado de
 abducción-aducción en el hombro (considerando que el estado inicial es el
 correspondiente a situar el brazo verticalmente, pegado al cuerpo), este mismo grado
 de abducción-aducción es transmitido a la cadera (cuyo estado inicial es el
 10 correspondiente a mantener la pierna recta, con la planta del pie en el suelo).

El movimiento de rotación de la cadera es controlado por un sensor de hombro 13
 situado en el hombro, que mueve un primer actuador de cadera 23 situado en la parte
 externa de la cadera. Al adquirir un determinado grado de rotación en el hombro
 (considerando que el estado inicial es el correspondiente a mantener el codo hacia la
 15 parte posterior), este mismo grado de rotación es transmitido a la cadera (cuyo estado
 inicial es el correspondiente a mantener las puntas de los pies hacia delante).

Columna – Cadera: El movimiento de basculación de la cadera es controlado por un
 sensor de columna 16 situado en la zona cervical-torácica, que mueve un segundo
 actuador de cadera 26 situado en la parte inferior de la columna, en la articulación que
 20 une la exocolumna con la exocadera. Al adquirir un determinado grado de basculación
 en la parte superior de la espalda-hombros (considerando que el estado inicial es el
 correspondiente a mantener los hombros a la misma altura), este grado de
 basculación es transmitido de forma invertida a la exocadera (considerando que el
 estado inicial es el correspondiente a mantener la exocadera y la exocolumna
 25 perpendicularmente entre sí).

Tipos de sensores y actuadores empleados

Los tipos de sensores empleados en el exoesqueleto son encoders de tipo rotativo y
 lineal, sensores de presión - cámaras de fluido - cámaras de aire, giroscopios,
 acelerómetros.

30 Los tipos de actuadores empleados son motores, servomotores (rotativos y lineales) y
 motores de vibración.

Medios de procesamiento

Para el procesamiento de la información se emplean preferiblemente sistemas electrónicos empotrados. Estos medios de procesamiento se diseñan dedicada y específicamente para gestionar el funcionamiento de los dispositivos anteriores. Así se evita el uso de sistemas operativos de propósito general que ralenticen la generación de movimientos.

Existen dos niveles de actuación de estos medios de procesamiento:

El primer nivel es cuando el usuario está utilizando el exoesqueleto para caminar; esto requiere de un procesamiento mínimo de señales para obtener la mayor rapidez, ya que la respuesta por parte del exoesqueleto a los movimientos del usuario debe ser instantánea, es decir, *al mismo tiempo* que el usuario mueve una parte de su cuerpo que actúa como emisor de señal, se mueve la parte correspondiente del exoesqueleto con los grados y la rapidez que el usuario haya indicado. *En este nivel, los movimientos no están pre-programados*, es decir, el usuario tiene libertad para decidir cómo se mueve cada parte del exoesqueleto en tiempo real, pudiendo crear su propia forma de caminar. No obstante, existen unos límites de seguridad para proteger al usuario de movimientos que pudieran dañarle.

El segundo nivel se activa cuando el usuario se detiene en posición erguida y desconecta el movimiento del exoesqueleto para poder usar sus brazos libremente. En este caso, los medios de procesamiento se hacen cargo del equilibrio del exoesqueleto, por lo que requiere de un procesamiento de señales más complejo y *movimientos pre-programados*, aquí el exoesqueleto no tiene que caminar, únicamente mantenerse erguido y realizar aquellos movimientos para compensar los cambios de peso generados por la parte superior del usuario.

Aunque en las figuras se ilustra una realización en la que el ángulo de flexión medido es el mismo que el actuador correspondiente aplica a la estructura articulada del exoesqueleto, otras configuraciones son posibles en las que la correspondencia sea más compleja.

Referencias numéricas

11 Primer sensor de muñeca

21 Primer actuador de tobillo

12 Sensor de codo

22 Actuador de rodilla

13 Primer sensor de hombro

- 23 Primer actuador de cadera
- 14 Segundo sensor de muñeca
- 24 Segundo actuador de tobillo
- 15 Segundo sensor de hombro
- 5 25 Segundo actuador de cadera
- 16 Sensor de columna
- 26 Primer actuador de cadera
- 17 Tercer sensor de hombro
- 27 Segundo actuador de cadera
- 10 18a, 18b, 18c Sensores de presión de suela
- 28a, 28b, 28c Transductores de presión de mano
- 19 Suela
- 29 Guante
- 30 Exoesqueleto
- 15 31 Articulación exotobillo
- 32 Articulación exorrodilla
- 33 Articulación exocadera
- 34 Articulación exocolumna

REIVINDICACIONES

1. Sistema para asistir a caminar a una persona, y comprende:

- un exoesqueleto (30) para adaptarse a la persona que comprende una pluralidad de estructuras articuladas (31-34) para aplicar un movimiento de flexión en las extremidades inferiores;
- una pluralidad de sensores (11-17);
- una pluralidad de actuadores (21-27);

caracterizado por que comprende unos medios de procesamiento configurados para controlar las estructuras articuladas (31-34) con los actuadores (21-27) en función de los sensores (11-17), donde cada estructura articulada tiene al menos una pareja asociada de actuador (21-27) y sensor (11-17) correspondiente, de forma que en funcionamiento, cuando el sensor (11-17) mide un valor de flexión realizado en la articulación correspondiente superior, el actuador (21-27) flexiona la estructura articulada (31-34) en tiempo real y de forma coordinada según dicho valor de flexión.

2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la velocidad de flexión aplicada por el actuador (21-27) en la estructura articulada (31-34) depende de la velocidad de flexión de la articulación superior medida por el sensor (11-17).

3. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la flexión de la rodilla está controlada por al menos un sensor asociado al codo (12).

4. Sistema de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que la flexión de la cadera está controlada por al menos un sensor asociado al hombro (13,15).

5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la flexión del tobillo está controlada por al menos un sensor asociado a la muñeca (11,14).

6. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la basculación de la cadera está controlada por al menos un sensor asociado a la zona cervical-torácica de la espalda (16).

7. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende al menos un sensor de presión (18a,18b,18c) asociado a la planta del pie que transmite la presión medida para que un transductor (28a,28b,28c) actúe sobre la mano.

8. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que comprende una suela (19) para alojar los sensores de presión (18a,18b,18c) asociados a la planta del pie.

9. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7 o 8, caracterizado por que comprende un guante (29) para alojar los transductores de la mano (28a,28b,28c).

10. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, para caminar, el grado de flexión aplicado por al menos un actuador (21-27) es proporcional al grado de flexión medido por su sensor (11-17) asociado correspondiente.

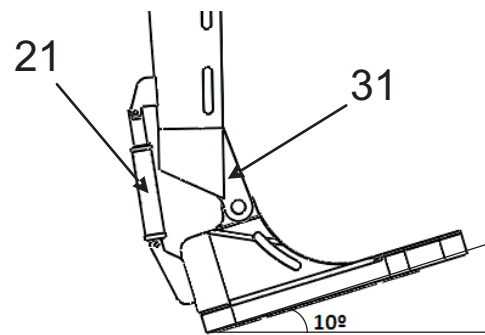
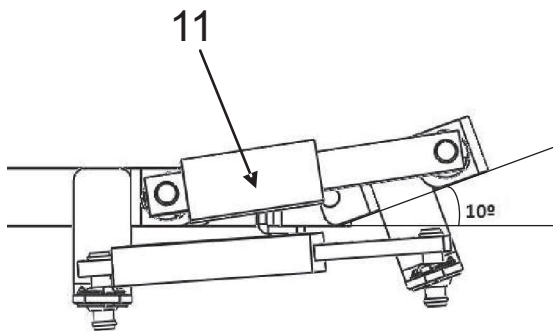
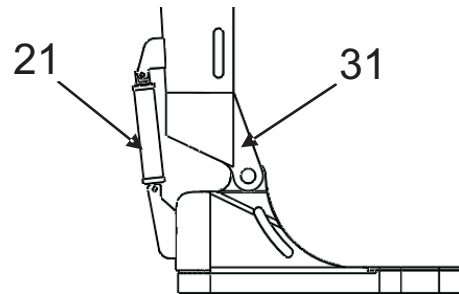
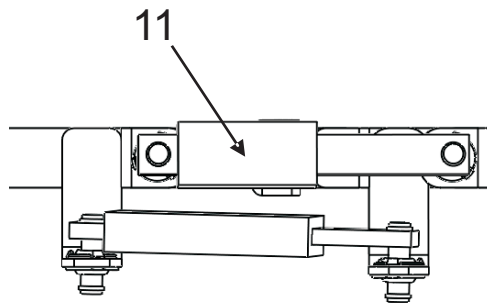


Fig. 1

Fig. 2

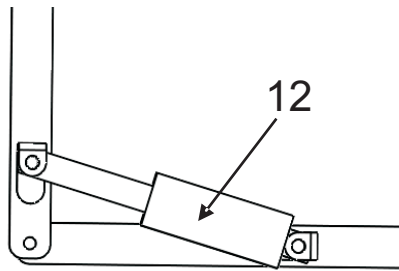


Fig. 3

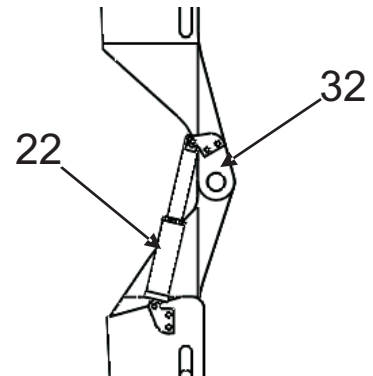
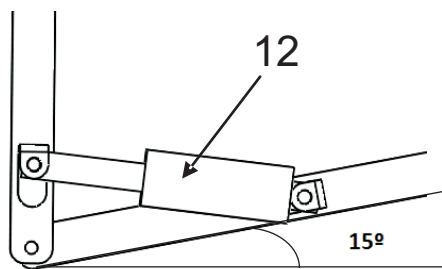
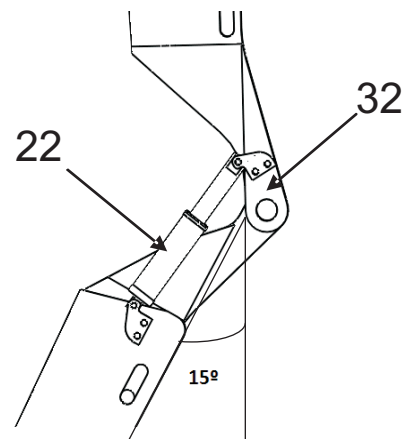


Fig. 4



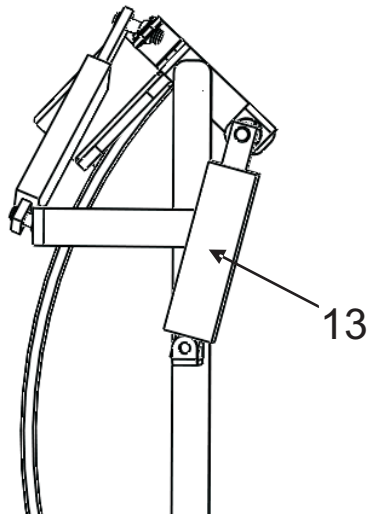


Fig. 5

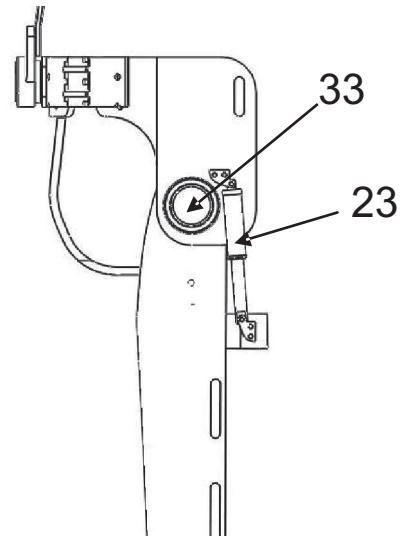
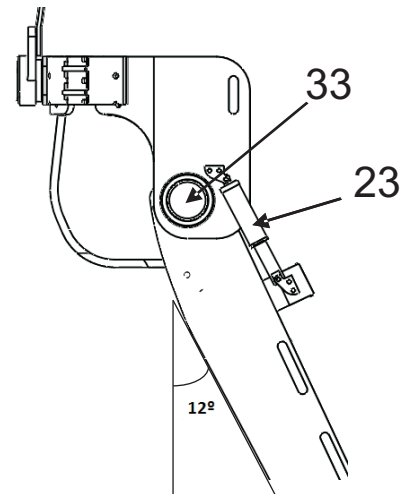
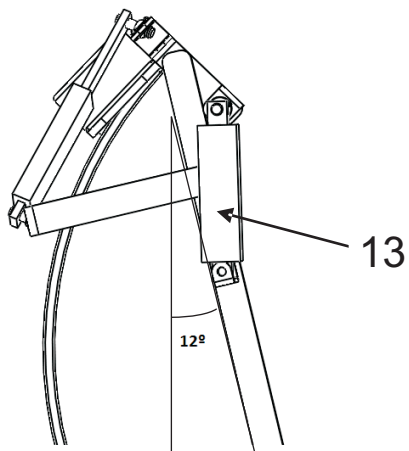


Fig. 6



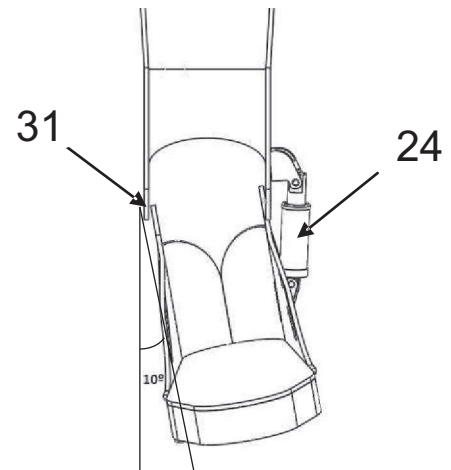
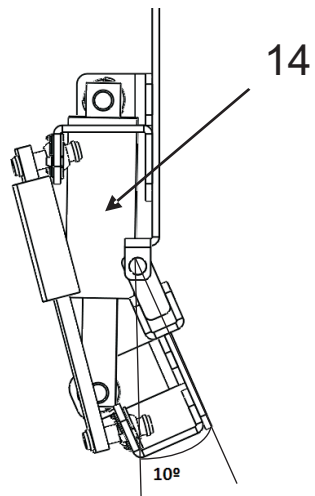
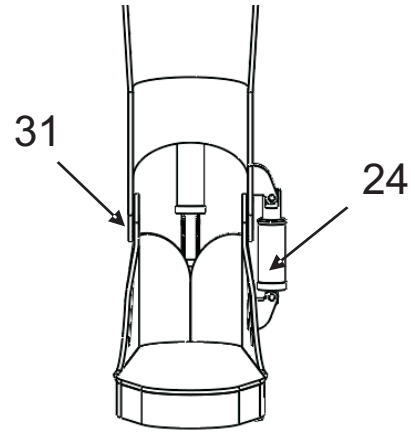
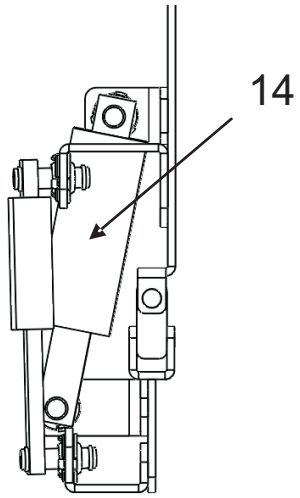


Fig. 7

Fig. 8

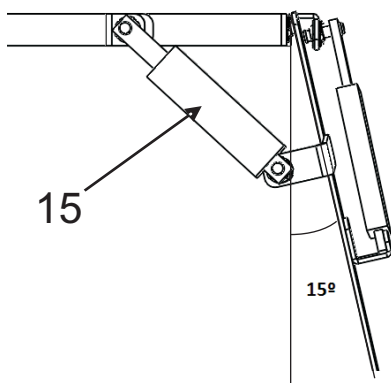
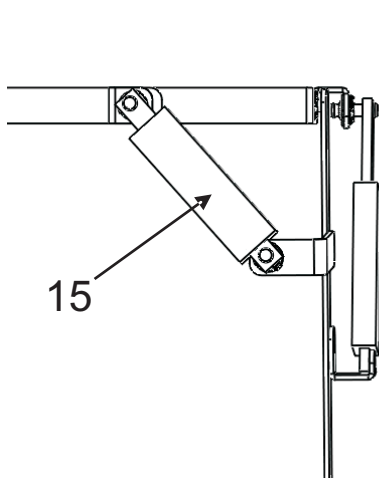


Fig. 9

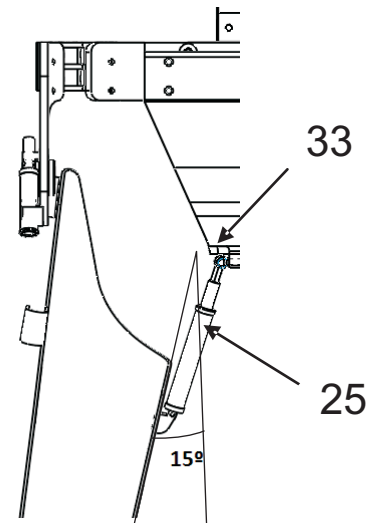
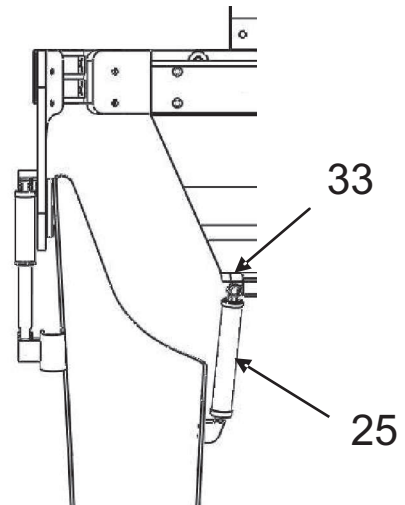


Fig. 10

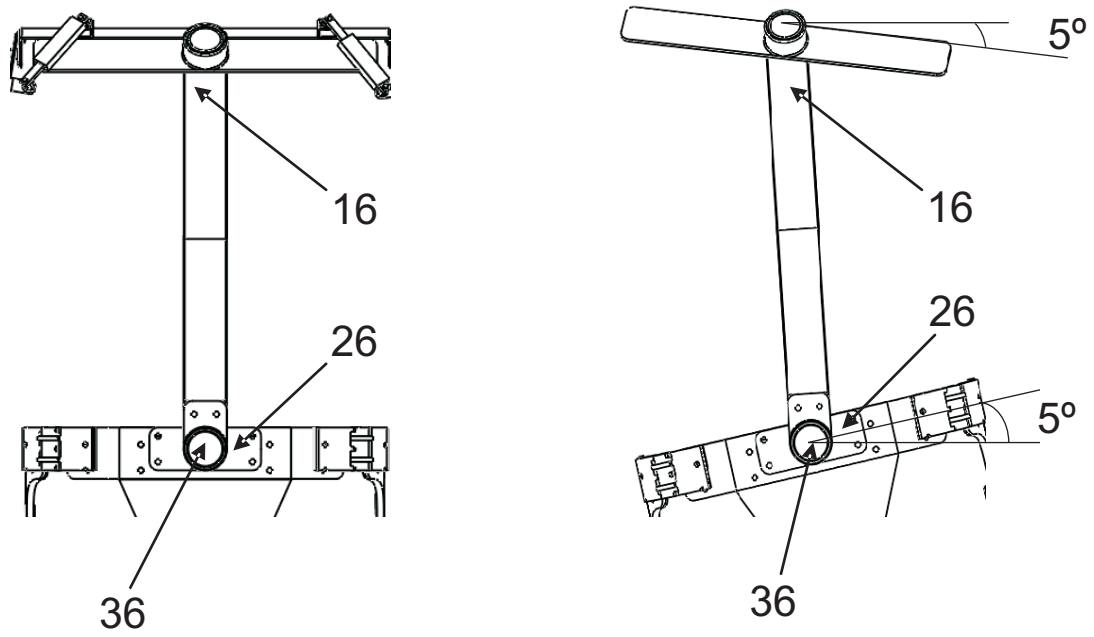


Fig. 11

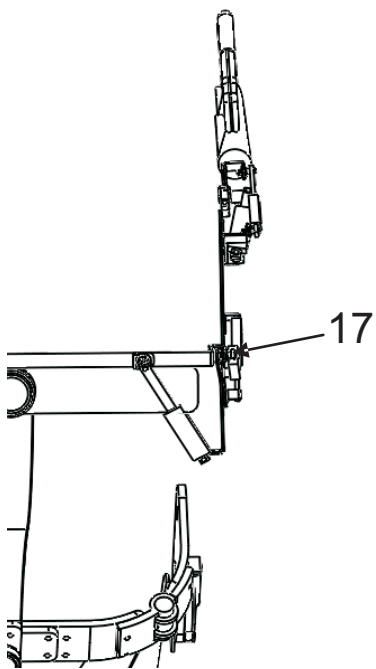


Fig. 12

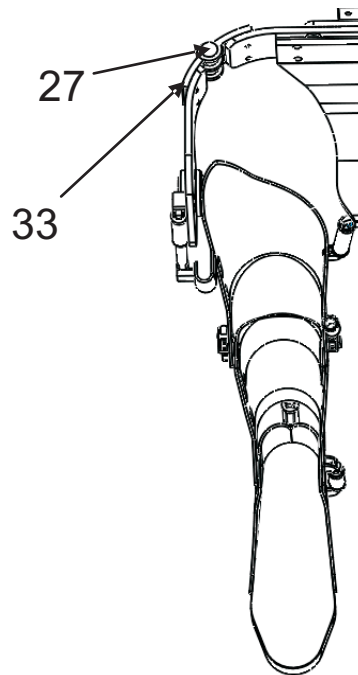
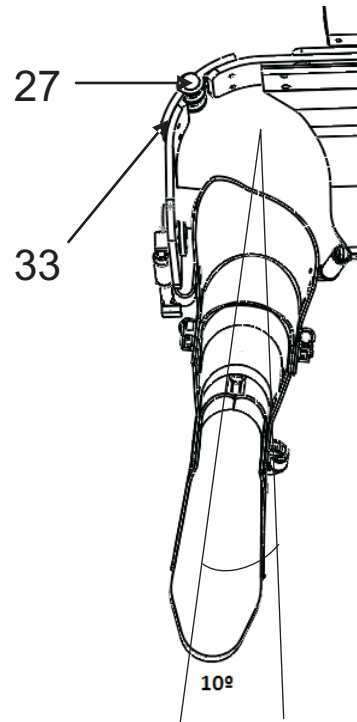
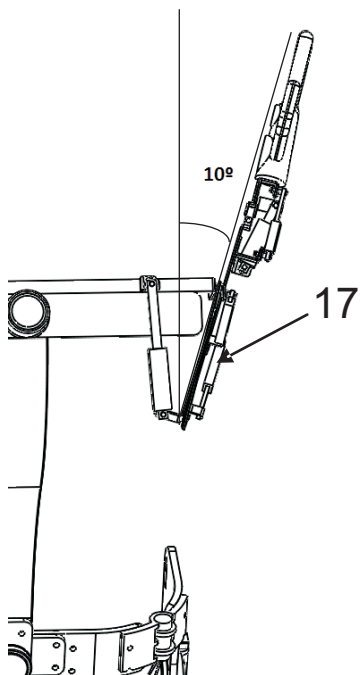


Fig. 13



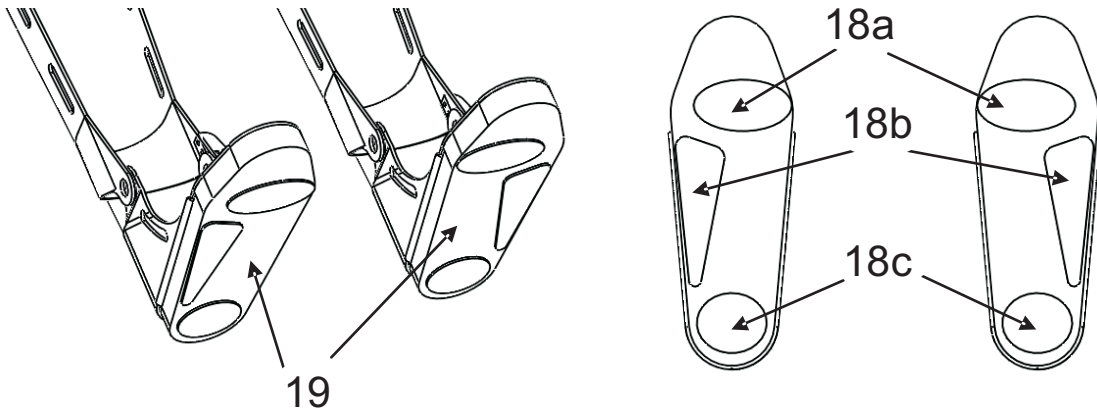


Fig. 14

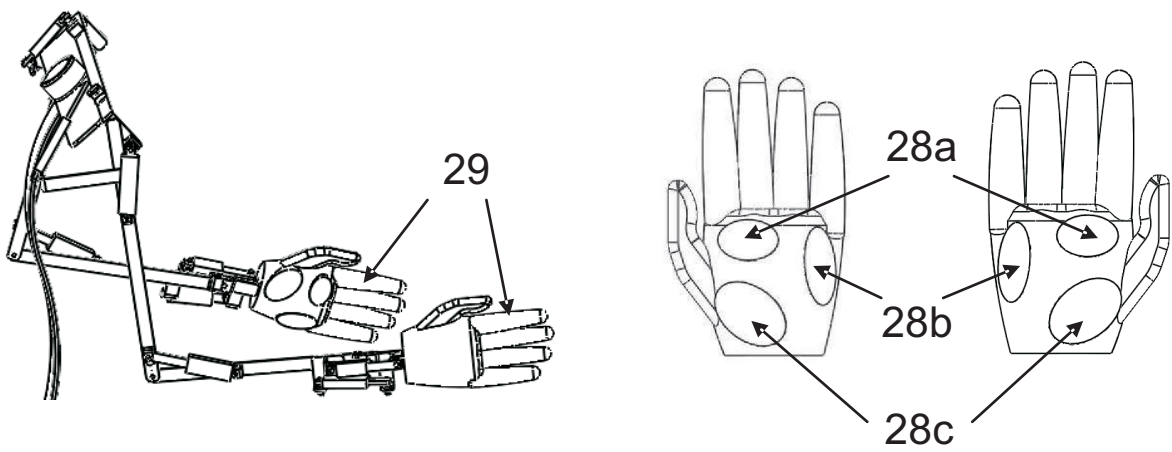


Fig. 15

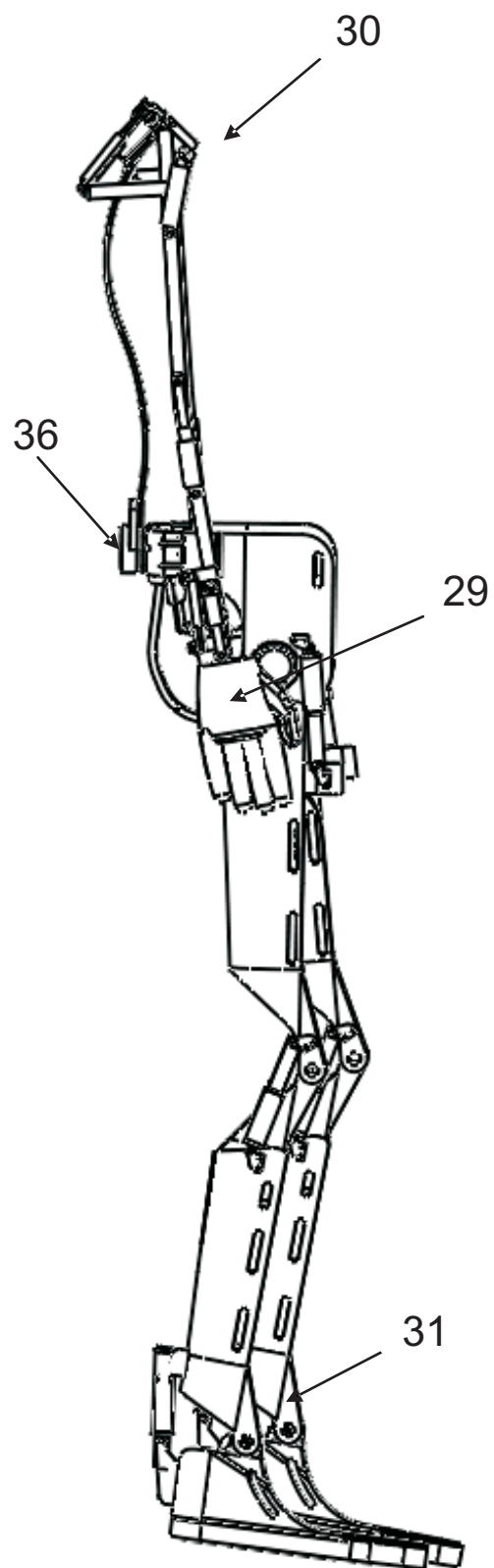


Fig. 16A

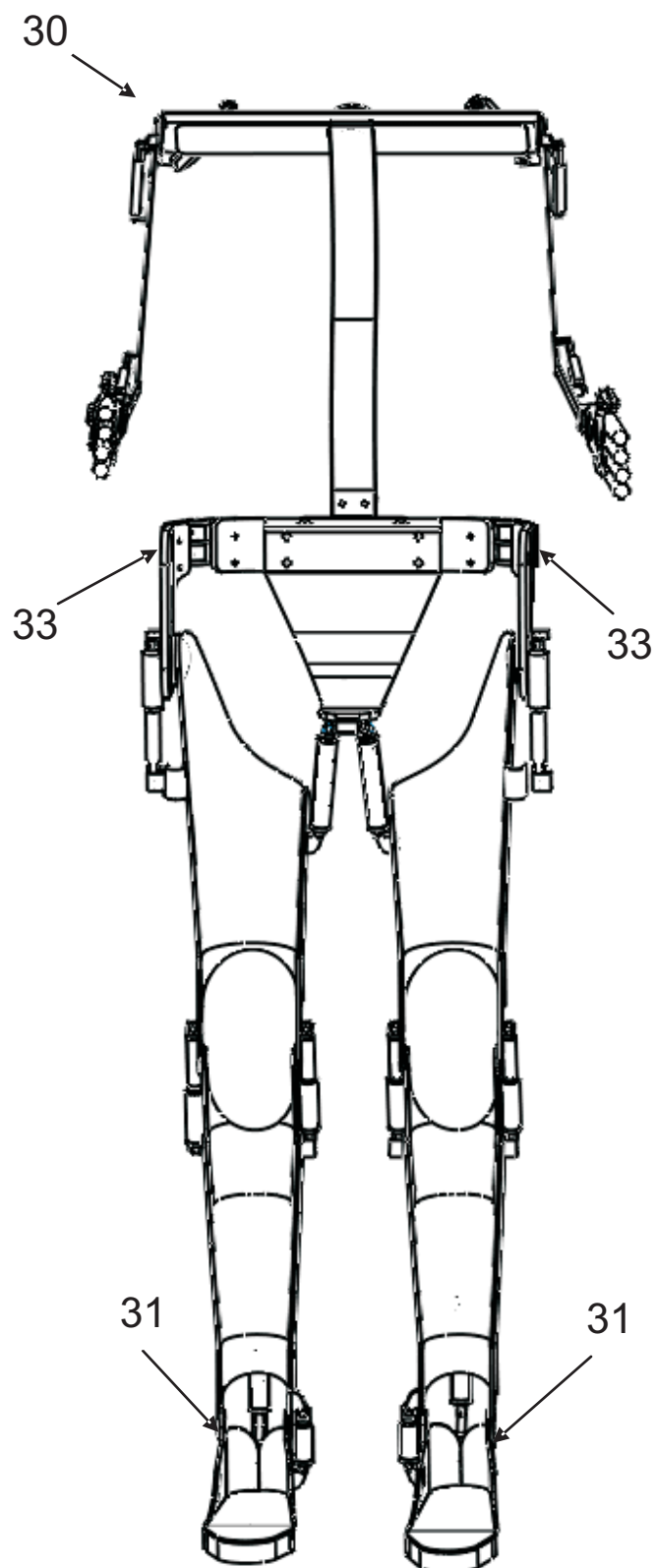


Fig. 16B

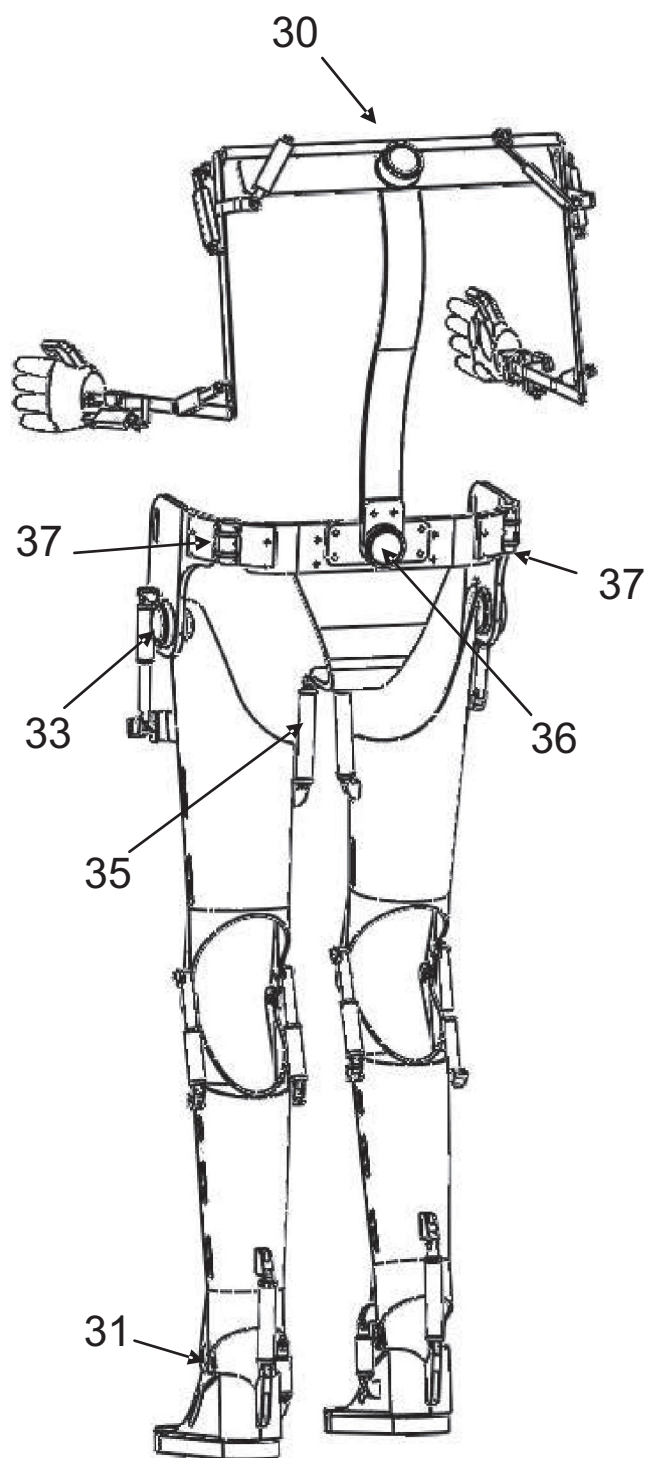


Fig. 16C

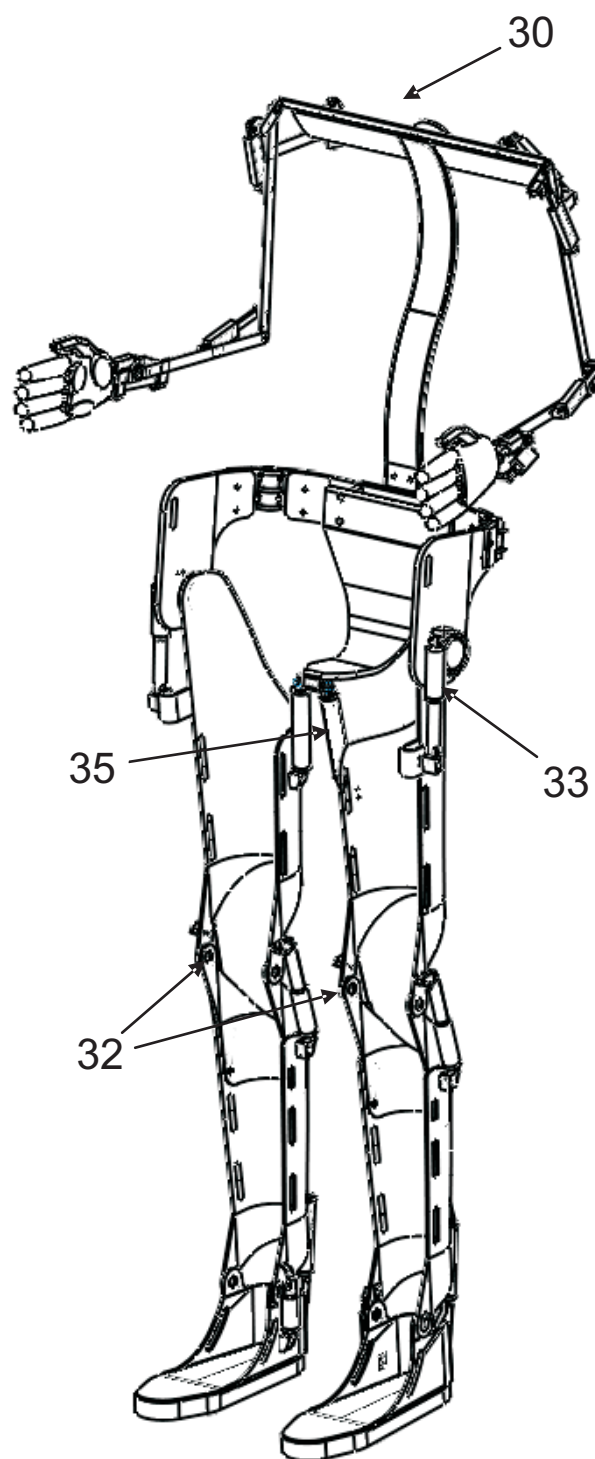


Fig. 16D