

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 637**

51 Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)

B25J 9/08 (2006.01)

B25J 19/00 (2006.01)

A45F 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2016 PCT/EP2016/082597**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17109196**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2016 E 16825779 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3393730**

54 Título: **Estructura modular de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario**

30 Prioridad:

24.12.2015 FR 1563348
24.12.2015 FR 1563350

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2020

73 Titular/es:

SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE (50.0%)
18/20 Quai du Point du Jour
92100 Boulogne-Billancourt, FR y
B-TEMIA INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

GRENIER, JORDANE;
BEDARD, STÉPHANE;
THIEFFRY, ROLAND;
VAURE, ALEXANDRE y
BAPTISTA, JONATHAN

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 794 637 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura modular de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario.

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a una estructura modular de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario.

10 **Estado de la técnica**

Los exoesqueletos de asistencia al esfuerzo son unas estructuras mecánicas que duplican la estructura del esqueleto humano y que permiten mejorar las capacidades físicas del cuerpo humano.

Existen diferentes exoesqueletos para la asistencia al esfuerzo cuya forma y estructura dependen de las tareas que debe cumplir el usuario.

De manera general, cada exoesqueleto está concebido para asistir al usuario para cumplir una tarea muy específica.

Por ello, cada exoesqueleto constituye el objeto de una concepción y de un desarrollo específicos, y generalmente no es compatible para ser utilizado con otro exoesqueleto.

El documento US 2015/001269 describe una estructura de exoesqueleto destinada a asistir a un usuario a levantar unas cargas pesadas. La estructura descrita en este documento comprende un módulo de base, dos módulos de cadera ("leg portion 209") sujetos al módulo de base por unas juntas laterales ("hip joint 210") y un brazo mecánico ("support arm").

El documento WO 2015/153633 divulga el ensamblaje por engatillado de una estructura robotizada modular que comprende un conjunto de cadera ("hip assembly 10"), un módulo de cadera ("one hip assembly 110"), dos módulos de muslo ("two thigh assemblies 108R and 108L") y dos módulos de pierna ("two lower leg assemblies (modules) 106R and 106L").

El documento US 2010/0049102 describe un dispositivo de asistencia a la marcha ("motion assisting device 10") que comprende un cinturón sobre el cual están fijadas una batería y una unidad de mando.

35 **Sumario de la invención**

Un objetivo de la invención es proponer una estructura de exoesqueleto que pueda adaptarse a diferentes utilizaciones y que pueda ser alimentada con energía eléctrica sin impactar de manera significativa en el funcionamiento metabólico del cuerpo del usuario.

Este objetivo se alcanza en el marco de la presente invención gracias a una estructura modular de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario, que comprende:

- 45 - un módulo de base que comprende un cinturón lumbar apropiado para rodear la cintura del usuario, una primera batería y una unidad de mando fijadas al cinturón lumbar,
- 50 - un módulo de espalda apropiado para ser fijado sobre la espalda del usuario, comprendiendo el módulo de espalda una segunda batería,
- 55 - una primera pieza de fijación fijada al cinturón y apropiada para cooperar con una segunda pieza de fijación complementaria de un módulo de cadera para sujetar el módulo de cadera al módulo de base por engatillado de la segunda pieza de fijación en la primera pieza de fijación,
- una tercera pieza de fijación fijada al cinturón, y
- una cuarta pieza de fijación complementaria fijada al módulo de espalda,

60 en la que la tercera pieza de fijación es apropiada para cooperar con la cuarta pieza de fijación complementaria para sujetar el módulo de espalda al módulo de base, comprendiendo la tercera pieza de fijación y la cuarta pieza de fijación un zócalo y un enchufe apropiado para ser enchufado en el zócalo para conectar eléctricamente la segunda batería a la unidad de mando cuando la cuarta pieza de fijación coopera con la tercera pieza de fijación.

65 Gracias a las piezas de fijación, se puede fijar un módulo de cadera y/o un módulo de espalda de manera rápida y reversible al módulo de base.

Por otro lado, se pueden fijar otros módulos al módulo de base, tales como un segundo módulo de cadera con el fin de asistir a las dos extremidades inferiores del usuario o un módulo de soporte de mochila por ejemplo.

- 5 La estructura propuesta permite crear así, a partir de un juego de módulos preexistentes, diferentes ensamblajes en función de las utilizaciones deseadas, o completar un ensamblaje para adaptarlo a una nueva utilización.

Por otro lado, la estructura se puede utilizar según por lo menos dos configuraciones posibles:

- 10 Según una configuración posible, el módulo de espalda no está fijado al módulo de base. En esta configuración (sin el módulo de espalda), la primera batería es suficiente para alimentar los accionadores de la estructura, en particular los accionadores de los módulos de cadera cuando estos están conectados al módulo de base.

- 15 Según otra configuración, el módulo de espalda está fijado al módulo de base. En esta configuración, la adición del módulo de espalda aumenta el consumo de energía eléctrica de la estructura. La segunda batería permite completar por lo tanto la aportación de energía proporcionada por la primera batería.

- 20 Como la primera batería está fijada al cinturón lumbar, se encuentra cerca del centro de masa del usuario. Esto permite obtener una distribución de las masas de la estructura alrededor del cuerpo del usuario que tiene poco impacto en el funcionamiento metabólico del cuerpo (es decir, el coste energético para el cuerpo es mínimo).

Además, la primera batería puede ocupar un volumen ocupado reducido, lo cual evita en particular obstaculizar el balanceo natural de los brazos del usuario durante la marcha.

- 25 La segunda batería, por su parte, no está posicionada sobre el módulo de base con la primera batería, sino sobre el módulo de espalda. Esto permite evitar un aumento del volumen del módulo de base que tendría por efecto obstaculizar el balanceo natural de los brazos del usuario durante la marcha.

- 30 En efecto, cuando el volumen dispuesto alrededor de la cintura pasa a limitar el balanceo natural de los brazos, resulta entonces más ventajoso disponer la masa de la segunda batería sobre el módulo de espalda, dado el impacto positivo del balanceo de los brazos en la energía del centro de masa.

- 35 La disposición de la primera batería en el módulo de base y de la segunda batería en el módulo de espalda conduce así a una distribución de las masas de las baterías que minimiza el impacto de las masas en el funcionamiento metabólico del cuerpo.

La estructura modular propuesta puede presentar además las características siguientes:

- 40 - la estructura comprende además por lo menos un módulo de cadera apropiado para ser fijado sobre un muslo del usuario, comprendiendo cada módulo de cadera un accionador de cadera, comprendiendo el accionador de cadera un estator y un rotor apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator para accionar en rotación el módulo de cadera con respecto al módulo de base cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la cadera, estando la segunda pieza de fijación fijada al estator del accionador,

- 45 - la primera pieza de fijación y la segunda pieza de fijación forman un dispositivo de sujeción de bayoneta en el que una de entre la primera pieza y la segunda pieza comprende un pasador radial, y la otra de entre la primera pieza y la segunda pieza comprende una hendidura curvada en la que puede deslizarse el pasador radial, estando la hendidura curvada de tal manera que el deslizamiento del pasador en la hendidura desde una entrada de la hendidura hasta un extremo de la hendidura necesita un movimiento combinado de traslación y de rotación de la segunda pieza con respecto a la primera pieza, realizándose la traslación sucesivamente según una primera dirección, y después según una segunda dirección, opuesta a la primera dirección,

- 55 - el dispositivo de sujeción comprende además un elemento elástico de retorno apropiado para solicitar la segunda pieza en la segunda dirección con el fin de mantener la segunda pieza engatillada en la primera pieza,

- 60 - cuando el elemento elástico de retorno solicita la segunda pieza en la segunda dirección, el elemento elástico de retorno tiende a separar la segunda pieza de la primera pieza,

- 65 - el módulo de cadera comprende una parte femoral apropiada para ser fijada sobre el muslo del usuario, comprendiendo la estructura además por lo menos un módulo de rodilla que comprende una parte tibial apropiada para ser fijada sobre la pantorrilla del usuario, y una articulación de rodilla apropiada para unir la parte femoral a la parte tibial permitiendo una rotación de la parte tibial con respecto a la parte femoral cuando tiene lugar un movimiento de flexión y de extensión de la rodilla,

- el módulo de rodilla comprende una barra de conexión apropiada para ser insertada en un segmento femoral de la parte femoral para fijar el módulo de rodilla al módulo de cadera,
- 5 - la barra de conexión es apropiada para deslizarse en el interior del segmento femoral del módulo de cadera para permitir una regulación de la distancia entre la articulación de rodilla y la articulación de cadera,
- 10 - la estructura comprende además por lo menos un módulo de pie apropiado para ser fijado sobre el pie del usuario, comprendiendo el módulo de pie una barra de conexión apropiada para ser insertada en un segmento tibial de la parte tibial para fijar el módulo de pie al módulo de rodilla,
- 15 - la primera pieza y la segunda pieza comprenden cada una unos contactos eléctricos apropiados para conectar eléctricamente la primera batería y la unidad de mando al accionador cuando la segunda pieza está engatillada en la primera pieza,
- la estructura comprende por lo menos un módulo de codo apropiado para ser fijado a un brazo del usuario,
- 20 - la estructura comprende además un módulo de hombro apropiado para conectar el módulo de codo al módulo de espalda.

La invención se refiere asimismo a un módulo de espalda para una estructura de exoesqueleto, que comprende un segmento de columna vertebral destinado a extenderse a lo largo de una columna vertebral de un usuario, comprendiendo el segmento de columna vertebral una pluralidad de elementos de vértebra, apilados unos sobre otros, y un elemento flexible de conexión que une los elementos de vértebra entre sí, presentando el segmento de columna vertebral una posición de equilibrio estable en la que el elemento flexible de conexión mantiene los elementos de vértebra en contacto unos contra otros, y siendo el elemento flexible de conexión elástico de manera que, cuando tiene lugar un movimiento de la espalda del usuario, el elemento flexible de conexión permite el desplazamiento de los elementos de vértebra unos con respecto a otros, ejerciendo al mismo tiempo una fuerza de retorno que tiende a devolver el segmento de columna vertebral a la posición de equilibrio estable.

Dicho módulo de espalda permite asistir a la parte superior del cuerpo de un usuario para soportar unas cargas, confiriendo al mismo tiempo una mayor libertad de movimiento.

Como el segmento de columna vertebral está formado por una pluralidad de elementos de vértebras apoyados unos contra otros, permite transmitir una carga vertical que se ejerce sobre el módulo de espalda y acomodar los movimientos de la parte superior del cuerpo del usuario. En efecto, el elemento flexible permite un cierto grado de libertad de los elementos de vértebra unos con respecto a los otros, lo cual confiere una cierta libertad de movimiento de la columna vertebral.

Por otro lado, se puede ajustar el número de elementos de vértebra en función del tamaño del usuario, lo cual permite adaptar fácilmente la estructura de exoesqueleto a la morfología del usuario.

El módulo puede presentar asimismo las características siguientes:

- el elemento flexible de conexión ejerce una fuerza de compresión sobre los elementos de vértebra de manera que los elementos de vértebra se mantengan apoyados unos contra otros en la posición de equilibrio estable,
- 50 - el elemento flexible de conexión se extiende en el interior del segmento de columna vertebral a través de cada uno de los elementos de vértebras, manteniéndose tensado el elemento flexible de conexión de manera que ejerza una fuerza de compresión sobre los elementos de vértebra,
- 55 - cada elemento de vértebra presenta un rebaje y una protuberancia, siendo cada protuberancia apropiada para ser recibida en un rebaje de otro elemento de vértebra situado inmediatamente por encima o por debajo en el apilamiento,
- 60 - cada elemento de vértebra está unido a un elemento de vértebra siguiente mediante una unión que permite un movimiento de flexión y/o de rotación radial y/o de inclinación lateral de la espalda del usuario,
- cada elemento de vértebra presenta una forma arqueada, con una concavidad orientada hacia la parte inferior de la columna vertebral cuando el segmento de columna vertebral se extiende a lo largo de la columna vertebral del usuario,
- 65 - el módulo comprende además uno o varios cables de transmisión eléctrica o de transmisión de datos que

se extienden en el interior del segmento de columna vertebral a través de cada uno de los elementos de vértebras, para la conexión de una batería y/o de accionadores y/o de sensores a un módulo de mando de la estructura de exoesqueleto, o para la conexión de dos módulos de mando de la estructura de exoesqueleto,

5 - el o los cables de transmisión eléctrica o de transmisión de datos presentan una longitud superior a la longitud del segmento de columna vertebral de manera que permitan una deformación del segmento de columna sin sufrir ningún estiramiento,

10 - el módulo comprende un dispositivo de sujeción que comprende una pieza de sujeción fijada a un extremo inferior del segmento de columna vertebral, siendo la pieza de sujeción apropiada para ser fijada a una pieza de sujeción complementaria fijada a un cinturón lumbar de un módulo de base de la estructura de exoesqueleto para sujetar el módulo de espalda al módulo de base.

15 La invención se refiere además a una estructura de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario, que comprende:

20 - un módulo de base que comprende un cinturón lumbar apropiado para rodear la cintura del usuario, y una pieza de sujeción fijada al cinturón, y

25 - un módulo de espalda tal como el definido anteriormente, que comprende una pieza de sujeción fijada a un extremo inferior del segmento de columna vertebral, siendo la pieza de sujeción del módulo de espalda apropiada para ser fijada a la pieza de sujeción del cinturón para sujetar el módulo de espalda al módulo de base,

de manera que un peso aplicado al elemento de la columna vertebral sea transferido al módulo de base.

En un modo de realización de la invención, el módulo de base comprende una unidad de mando y una batería fijadas al cinturón, y el módulo de espalda comprende una batería adicional y/o unos accionadores, y las piezas de sujeción comprenden cada una unos contactos eléctricos apropiados para conectar eléctricamente la batería y la unidad de mando del módulo de base a la batería y/o a los accionadores del módulo de espalda cuando la pieza de sujeción del módulo de espalda está fijada a la pieza de sujeción del módulo de base.

Presentación de los dibujos

Otras características y ventajas se desprenderán también de la descripción siguiente, que es puramente ilustrativa y no limitativa y debe ser leída con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

40 - la figura 1 representa de manera esquemática, en vista frontal, un usuario equipado con una estructura de exoesqueleto de acuerdo con un modo de realización posible de la invención,

45 - las figuras 2 y 3 representan de manera esquemática, en vista posterior y en vista de perfil, el usuario equipado con la estructura de exoesqueleto, de acuerdo con una primera configuración posible de la invención,

50 - las figuras 4 y 5 representan de manera esquemática, en vista posterior y en vista de perfil, el usuario equipado con la estructura de exoesqueleto, de acuerdo con una segunda configuración posible de la invención,

55 - las figuras 6 y 7 representan de manera esquemática, en vista posterior y en vista de perfil, el usuario equipado con la estructura de exoesqueleto, de acuerdo con una tercera configuración posible de la invención,

60 - las figuras 8A y 8B representan de manera esquemática una articulación de cadera que une un módulo de cadera al módulo de base,

65 - la figura 9 representa de manera esquemática un dispositivo de sujeción para sujetar el módulo de cadera al módulo de base,

70 - las figuras 10A y 10B representan de manera esquemática el dispositivo de sujeción en configuración desenclavada y en configuración enclavada respectivamente,

75 - la figura 11 representa de manera esquemática unos módulos inferiores de la estructura de exoesqueleto,

80 - las figuras 12A a 12E representan de manera esquemática un calzado equipado con un módulo de pie, durante diferentes fases de marcha del usuario,

- la figura 13 representa de manera esquemática, en vista ampliada, unos módulos superiores de la estructura de exoesqueleto,
- 5 - la figura 14 representa de manera esquemática un segmento de la columna vertebral que forma parte del módulo de espalda,
- la figura 15 representa de manera esquemática un elemento de vértebra del segmento de columna vertebral,
- 10 - las figuras 16 a 18 representan de manera esquemática un módulo de hombro,
- la figura 19 representa de manera esquemática un dispositivo de sujeción para sujetar el módulo de hombro al módulo de codo,
- 15 - las figuras 20 y 21 representan de manera esquemática un módulo de soporte de mochila,
- la figura 22 muestra de manera esquemática un dispositivo de sujeción para sujetar el módulo de soporte de mochila a cada módulo de cadera.
- 20

Descripción detallada de un modo de realización

Estructura modular

25 En las figuras 1 a 7, la estructura de exoesqueleto representada comprende un módulo de base 1, un módulo de espalda 2, dos módulos de hombro 3, dos módulos de codo 4, dos módulos de cadera 5, dos módulos de rodilla 6, dos módulos de pie 7 y un módulo de soporte de mochila 14.

30 La estructura de exoesqueleto ilustrada en estas figuras puede ser utilizada en diferentes configuraciones, con el fin de obtener diferentes exoesqueletos adaptados a diferentes utilizaciones.

35 En una primera configuración ilustrada en las figuras 1 a 3, el exoesqueleto está formado mediante el ensamblaje del módulo de base 1, del módulo de espalda 2, de los dos módulos de hombro 3, de los dos módulos de codo 4, de los dos módulos de cadera 5, de los dos módulos de rodilla 6 y de los dos módulos de pie 7.

En una segunda configuración ilustrada en las figuras 4 y 5, el exoesqueleto está formado mediante el ensamblaje del módulo de base 1, del módulo de espalda 2, de los dos módulos de hombro 3 y de los dos módulos de codo 4 únicamente.

40 En una tercera configuración ilustrada en las figuras 6 y 7, el exoesqueleto está formado mediante el ensamblaje del módulo de base 1, de los dos módulos de cadera 5, de los dos módulos de rodilla 6, de los dos módulos de pie 7 y del módulo de soporte de mochila 14 únicamente.

45 Los tres ejemplos de configuraciones ilustrados en estas figuras se obtienen a partir de tres ensamblajes diferentes de la estructura modular de exoesqueleto. Sin embargo, otras configuraciones serían posibles evidentemente. En estas diferentes configuraciones, el exoesqueleto está formado a partir de uno o de varios módulos ensamblados entre sí.

50 Como se ilustra en las figuras 1 a 3, el módulo de base 1 comprende un cinturón lumbar 11 apropiado para rodear la parte inferior del tronco del usuario. El cinturón lumbar 11 está dispuesto alrededor de la cintura del usuario, apoyado sobre las caderas del usuario. El módulo de base 1 comprende asimismo una primera batería 12 que permite alimentar con energía eléctrica los diferentes accionadores de la estructura, y una unidad de mando 13 programada para mandar los diferentes accionadores. La primera batería 12 y la unidad de mando 13 están fijadas al cinturón lumbar 11.

55 El módulo de espalda 2 está adaptado para ser fijado en la parte superior del cuerpo del usuario, por encima del módulo de base 1, a lo largo de la espalda del usuario.

60 Los módulos de codo 4 están adaptados para ser fijados sobre los brazos del usuario, respectivamente en el brazo derecho y en el brazo izquierdo.

Cada módulo de hombro 5 está adaptado para unir el módulo de espalda 2 a un módulo de codo 4 respectivo.

65 El módulo de espalda 2, los módulos de hombro 3 y los módulos de codo 4 forman un conjunto de módulos superiores que tienen la función de asistir al usuario en los esfuerzos que produce con la parte superior de su cuerpo, por ejemplo cuando efectúa unas tareas repetitivas con la parte superior de su cuerpo.

Los módulos de cadera 5 están adaptados para ser fijados sobre los muslos del usuario, respectivamente en el muslo derecho y en el muslo izquierdo del usuario.

5 Los módulos de rodilla 6 están adaptados para ser fijados sobre las pantorrillas del usuario, respectivamente en la pantorrilla de la pierna derecha y en la pantorrilla de la pierna izquierda del usuario.

Los módulos de pie 7 están adaptados para ser fijados sobre los pies del usuario, respectivamente en el pie derecho y en el pie izquierdo.

10 Los módulos de cadera 5, los módulos de rodilla 6 y los módulos de pie 7 forman un conjunto de módulos inferiores que tienen la función de asistir al usuario en los esfuerzos que produce con la parte inferior de su cuerpo, en particular cuando camina o cuando lleva o desplaza cargas.

15 Se observará que los módulos de cadera 5 son simétricos uno con respecto al otro. Los módulos de cadera 5 comprenden por lo tanto unas partes idénticas o similares.

Asimismo, los módulos de rodilla 6 son simétricos uno con respecto al otro y comprenden unas partes idénticas o similares.

20 Ocurre lo mismo para los módulos de pies 7, los módulos de hombro 3 y los módulos de codo 4.

Módulo de cadera

25 Como se ilustra en las figuras 1 a 3, cada módulo de cadera 5 comprende una parte femoral 51 apropiada para ser fijada sobre el muslo del usuario y una articulación de cadera 52.

30 La parte femoral 51 comprende un segmento femoral 511 previsto para extenderse a lo largo del muslo del usuario y unas correas de fijación 512 apropiadas para rodear el muslo del usuario para fijar el segmento femoral 511 al muslo.

35 Cada módulo de cadera 5 está unido al módulo de base 1 por medio de una articulación de cadera respectiva 52. Más precisamente, la articulación de cadera 52 permite unir la parte femoral 51 del módulo de cadera 5 al cinturón 11 del módulo de base 1.

Articulación de cadera

40 Como se ilustra en las figuras 8A y 8B, la articulación de cadera 52 comprende un accionador de cadera 521 que permite asistir al usuario cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la cadera del usuario. El accionador 521 comprende un estator 522 y un rotor 523 apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator 522 cuando el estator 522 es alimentado con energía eléctrica para accionar en rotación el módulo de cadera 5 con respecto al módulo de base 1 cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la cadera.

45 La articulación de cadera 52 comprende además un elemento elástico 524 de retorno dispuesto para ejercer una fuerza elástica de retorno que asiste al rotor 523 cuando el usuario se levanta a partir de una posición sentada o en cuclillas. El elemento elástico de retorno 524 puede comprender un resorte pretensado, dispuesto entre el estator 522 y el rotor 523, en una garganta de guiado 525 realizada entre el estator 522 y el rotor 523.

Más precisamente, el elemento elástico 524 de retorno está dispuesto de modo que:

- 50
- en un primer intervalo angular α_1 de desplazamiento del rotor 523 con respecto al estator 522, que corresponde a un intervalo angular en el que se encuentra el rotor 523 cuando el usuario camina o corre (figura 8A), el elemento elástico de retorno 524 no ejerce ninguna fuerza de retorno sobre el rotor 523, y
 - 55 - en un segundo intervalo angular α_2 de desplazamiento del rotor 523 con respecto al estator 522, que corresponde a un intervalo angular en el que se encuentra el rotor 523 cuando el usuario se sienta o se acucilla (figura 8B), el elemento elástico de retorno 524 ejerce una fuerza de retorno sobre el rotor 523.

60 Con este fin, la articulación de cadera 52 comprende un taco 526 montado fijo sobre el rotor 523, siendo el taco 526 apropiado para solicitar el elemento elástico 525 en compresión únicamente cuando el rotor 523 se encuentra en el segundo intervalo angular α_2 .

65 En este segundo intervalo, la fuerza de retorno ejercida por el elemento elástico 524 tiende a oponerse a una rotación del rotor 523 con respecto al estator 522 en un primer sentido de rotación (flecha A) y para asistir a una rotación del rotor 523 con respecto al estator 522 en un segundo sentido de rotación (flecha B), opuesto al primer sentido de rotación.

El primer sentido de rotación (flecha A) es el sentido de rotación del rotor 523 con respecto al estator 522 cuando el usuario flexiona el muslo con respecto a la parte superior del cuerpo (cuando el usuario se sienta o se acucilla).

5

El segundo sentido de rotación (flecha B) es el sentido de rotación del rotor 523 con respecto al estator 522 cuando el usuario extiende el muslo con respecto a la parte superior del cuerpo (cuando el usuario se levanta tras haberse sentado o acucillado).

10

Dicho de otra manera, cuando el rotor 523 se encuentra en el segundo intervalo angular α_2 , el elemento elástico 524 ejerce sobre el rotor 523 una fuerza de retorno que tiende a oponerse a una rotación del módulo de cadera 5 con respecto al módulo de base 1 cuando tiene lugar un movimiento de flexión de la cadera y a asistir a una rotación del módulo de cadera 5 con respecto al módulo de base 1 cuando tiene lugar un movimiento de extensión de la cadera.

15

El primer intervalo angular α_1 corresponde a un desplazamiento en flexión o en extensión de la cadera comprendido por ejemplo entre +60 grados y -15 grados con respecto a un plano frontal PF del usuario.

20

El segundo intervalo angular α_2 corresponde a un desplazamiento en flexión o en extensión de la cadera superior a +90 grados con respecto al plano frontal PF del usuario.

25

En el primer intervalo angular α_1 de desplazamiento del rotor del accionador, el usuario se beneficia así de una asistencia activa a través del accionador 521, mientras que en el segundo intervalo angular α_2 de desplazamiento del rotor del accionador, el usuario se beneficia en su totalidad o como suplemento de una asistencia pasiva a través del elemento elástico de retorno 524.

30

De esta manera, la potencia suministrada por el accionador 521 está limitada en el segundo intervalo angular de desplazamiento.

35

El elemento elástico 524 puede pasar a apoyarse contra un tope que permite mantener pretensado el resorte. La posición del tope con respecto al estator puede ser ajustable, por ejemplo, con la ayuda de tornillos, de manera que se puedan modificar los intervalos angulares definidos anteriormente.

40

Dispositivo de sujeción del módulo de cadera al módulo de base

45

La estructura de exoesqueleto comprende además un dispositivo de sujeción 8 que permite sujetar el módulo de cadera 5 al módulo de base 1.

50

Las figuras 9, 10A y 10B representan de manera esquemática el dispositivo de sujeción 8. En el modo de realización ilustrado en estas figuras, el dispositivo de sujeción 8 es un dispositivo de sujeción denominado "de bayoneta". El dispositivo de sujeción 8 es apropiado para pasar de una configuración desenclavada (ilustrada en la figura 10A) en la que el módulo de cadera 5 está soltado del módulo de base 1, a una configuración enclavada (ilustrada en la figura 10B) en la que el módulo de cadera 5 está sujeto al módulo de base 1.

55

El dispositivo de sujeción 8 comprende una primera pieza 81 montada fija en el módulo de base 1 y una segunda pieza 82 montada fija en el módulo de cadera 5. Más precisamente, la primera pieza 81 está fijada al cinturón 11. La segunda pieza 82 está fijada al estator 522 del accionador 521.

60

La segunda pieza 82 es apropiada para ser engatillada en la primera pieza 81, con el fin de permitir sujetar el módulo de cadera 5 al módulo de base 1 de manera reversible.

65

La primera pieza 81 comprende un cuerpo 811 que presenta una abertura de inserción 812, y que tiene una superficie interna de guiado 813, de forma cilíndrica de revolución. El cuerpo 811 presenta un borde libre 814 de forma circular que delimita la abertura de inserción 812. La primera pieza 81 comprende dos hendiduras 815 formadas en el cuerpo 812 en unas posiciones diametralmente opuestas. Cada hendidura 815 se extiende a partir del borde libre 814 de la primera pieza 81 y presenta un extremo 816. Además, cada hendidura 815 presenta una forma de U (o de horquilla del pelo) y comprende dos partes rectas 817, 819 y una parte curvada 818. La primera parte recta 817 se extiende a partir del borde libre desde la entrada de la hendidura 815 hasta la parte curvada 818, según una dirección paralela al eje X de la superficie interna de guiado 813. La parte curvada 818 se extiende a partir de la primera parte recta 817 hasta la segunda parte recta 819 formando un codo. La segunda parte recta 819 se extiende a partir de la parte curvada hasta el extremo 816. Las partes delimitan así un resalte 831 en el cuerpo 811 de la primera pieza 81.

70

La segunda pieza 82 comprende un cuerpo 821 que tiene una superficie externa de guiado 823, de forma cilíndrica de revolución. La segunda pieza 82 es apropiada para ser insertada en la primera pieza 81 a través de la abertura 812. La inserción de la segunda pieza 82 en la primera pieza 81 es guiada por las superficies

cilíndricas 813 y 823 en contacto una con la otra. La segunda pieza 82 comprende dos pasadores radiales 825 situados en unas posiciones diametralmente opuestas, y que se extienden sobresaliendo de la superficie externa 823. Los pasadores radiales 825 son aptos para ser acoplados en las hendiduras 815 de la primera pieza 81 cuando la segunda pieza 82 está insertada en la primera pieza 81.

5

La primera pieza 81 es apropiada para ser insertada en la segunda pieza 82 según una primera dirección (flecha C), paralelamente al eje X, que corresponde a una dirección de inserción.

10

El dispositivo de sujeción 8 comprende asimismo un elemento elástico de retorno 83, en forma de un resorte, apropiado para solicitar la segunda pieza 82 en una segunda dirección (flecha D), opuesta a la primera dirección. El elemento elástico 83 tiende así a oponerse a la inserción de la segunda pieza 82 en la primera pieza 81.

En configuración desenclavada (figura 10A), la segunda pieza 82 está desacoplada de la primera pieza 81.

15

En configuración enclavada (figura 10B), la segunda pieza 82 está acoplada en la primera pieza 81.

20

El enclavamiento del dispositivo de sujeción 8 se realiza insertando la segunda pieza 82 en la primera pieza 81 por la abertura de inserción 812. En esta inserción, cada pasador 825 es introducido en una hendidura 815 respectiva.

25

Después, la segunda pieza 82 es desplazada con respecto a la primera pieza 81 de manera que cada pasador 825 se deslice en la hendidura 815 en la que es recibido. Debido a la forma de la hendidura 815, el deslizamiento del pasador 825 desde la entrada de la hendidura 815 hasta el extremo 816 de la hendidura 815 necesita un movimiento combinado de traslación, paralelamente al eje X, y de rotación, alrededor del eje X, de la segunda pieza 82 con respecto a la primera pieza 81. La segunda pieza 82 es trasladada en primer lugar con respecto a la primera pieza 81 según la primera dirección (dirección de inserción) contra la fuerza de retorno ejercida por el elemento elástico 83. Después, la segunda pieza 82 es trasladada según la segunda dirección, opuesta a la primera dirección, experimentando al mismo tiempo una rotación con respecto a la primera pieza 81 alrededor del eje X.

30

Una vez posicionado el pasador 825 en el extremo 816 de la hendidura 815, la segunda pieza 82 es bloqueada en rotación con respecto a la primera pieza 81 por el resalte 831. Además, el elemento elástico 83 solicita la segunda pieza 82 en la segunda dirección, lo cual tiene por efecto mantener el pasador 825 a tope contra el extremo 816 de la hendidura 815. El elemento elástico 83 y el resalte 831 bloquean el pasador 825 en la hendidura 815 e impiden el desacoplamiento del pasador 815 de la hendidura 825.

35

De esta manera, la segunda pieza 82 es mantenida engatillada en la primera pieza 81.

40

El desengatillado de la segunda pieza 82 se obtiene realizando la operación inversa, es decir haciendo deslizar cada pasador 815 según el camino inverso desde el extremo 816 de la hendidura 815 hasta la entrada de la hendidura 815. El deslizamiento del pasador 815 desde el extremo 816 de la hendidura 815 hasta la entrada de la hendidura 815 necesita de nuevo un movimiento combinado de traslación y de rotación de la segunda pieza 82 con respecto a la primera pieza 81. La segunda pieza 82 es trasladada en primer lugar con respecto a la primera pieza 81 según la primera dirección (dirección de inserción) contra la fuerza de retorno ejercida por el elemento elástico 83 experimentando al mismo tiempo una rotación inversa con respecto a la primera pieza 81. Después, la segunda pieza 82 es trasladada con respecto a la primera pieza 81 según la segunda dirección.

45

Por otro lado, la primera pieza 81 y la segunda pieza 82 comprenden cada una unos contactos eléctricos apropiados para conectar eléctricamente la primera batería 12 y la unidad de mando 13 del módulo de base 1 al accionador cuando la segunda pieza 82 está en configuración enclavada en la primera pieza 81.

50

Módulo de rodilla

55

Como se ilustra en la figura 3, cada módulo de rodilla 6 comprende una barra de conexión 61, una articulación de rodilla 62 y una parte tibial 63 apropiada para ser fijada sobre la pantorrilla del usuario.

60

La barra de conexión 61 es apropiada para deslizarse en el interior del segmento femoral 511 del módulo de cadera 5 de manera que el módulo de rodilla 6 se fije al módulo de cadera 5, permitiendo al mismo tiempo una regulación de la distancia entre la articulación de cadera 52 y la articulación de la rodilla 62. Un tornillo de fijación permite inmovilizar la barra de conexión 61 con respecto al segmento femoral 511.

65

La parte tibial 63 comprende un segmento tibial 631 previsto para extenderse a lo largo de la pantorrilla del usuario y unas correas de fijación 632 apropiadas para rodear la pantorrilla del usuario para fijar el segmento 631 a la pantorrilla.

70

Una vez fijado el módulo de rodilla 6 al módulo de cadera 5, la parte tibial 51 está unida a la parte femoral 63 por

medio de la articulación de la rodilla 62. La articulación de rodilla 62 permite una rotación de la parte tibial 63 con respecto a la parte femoral 51 en un plano paralelo al plano sagital del usuario (que corresponde a una flexión o extensión de la rodilla del usuario).

5 La articulación de rodilla 62 puede comprender un accionador que permite asistir al usuario cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la rodilla.

10 El accionador de la articulación de rodilla 62 puede ser idéntico al accionador 521 de la articulación de la cadera ilustrado en las figuras 8A y 8B. En particular, el accionador puede comprender un estator, un rotor apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator para accionar en rotación el módulo de rodilla con respecto al módulo de cadera cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la rodilla, y un elemento elástico de retorno dispuesto para ejercer una fuerza elástica de retorno que asiste al accionador cuando el usuario se levanta a partir de una posición sentada o en cuclillas. El elemento elástico de retorno puede comprender un resorte pretensado, dispuesto entre el estator y el rotor, en una garganta de guiado realizada entre el estator y el rotor.

15 Sin embargo, en el caso de un accionador de articulación de rodilla, los intervalos angulares son diferentes. El primer intervalo angular α_1 corresponde a un desplazamiento en flexión o en extensión de la rodilla comprendido por ejemplo entre +15 grados y -60 grados con respecto a un plano frontal PF del usuario. El segundo intervalo angular α_2 corresponde a un desplazamiento en flexión o en extensión de la rodilla inferior a -60 grados con respecto al plano frontal PF del usuario.

20 La regulación de los intervalos angulares se puede obtener modificando la posición del tope sobre el cual se aplica el resorte, con respecto al estator.

25 Módulo de pie

Como se ilustra en la figura 3, el módulo de pie 7 está unido al módulo de rodilla 6.

30 El módulo de pie 7 comprende una barra de conexión 71, una articulación de tobillo 72 y una parte de pie 73 apropiada para ser fijada sobre el pie del usuario.

35 La barra de conexión 71 es apropiada para deslizar en el interior del segmento tibial 631 del módulo de rodilla 6 de manera que el módulo de pie 7 se fije al módulo de rodilla 6, permitiendo al mismo tiempo una regulación de la distancia entre la articulación de rodilla 62 y la articulación de tobillo 72. Un tornillo de fijación permite inmovilizar la barra de conexión 71 con respecto al segmento tibial 631.

40 Como se ilustra en la figura 11, la parte de pie 73 comprende un primer segmento 731, una primera placa de apoyo 732, un segundo segmento 733, un tercer segmento 734 y una segunda placa de apoyo 735.

La articulación de tobillo 72 permite una rotación del módulo de pie 7 con respecto al módulo de rodilla 6 cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión, cuando tiene lugar un movimiento de pronación o de supinación y cuando tiene lugar un movimiento de eversión o de inversión del tobillo del usuario.

45 La articulación de tobillo 72 comprende una primera armadura 721, una segunda armadura 722 apropiada para girar con respecto a la primera armadura 721 cuando tiene lugar un movimiento de rotación del pie del usuario con respecto a la pantorrilla, y un elemento elástico 723 dispuesto entre las armaduras 721 y 722.

50 La primera armadura 721 está montada fija sobre la barra de conexión 71 del módulo de pie 7 y la segunda armadura 722 está montada fija sobre el primer segmento 731 de la parte de pie 73.

55 El elemento elástico 723 comprende un anillo formado en un material elastómero, precomprimido entre la primera armadura 721 y la segunda armadura 722. El elemento elástico 723 es apropiado para ejercer una fuerza de retorno que tiende a oponerse a la rotación relativa de la segunda armadura 722 con respecto a la primera armadura 721.

60 El primer segmento 731 une la articulación de tobillo 72 a la primera placa de apoyo 732. Más precisamente, el primer segmento 731 presenta un primer extremo fijado a la segunda armadura 722 y un segundo extremo fijado a la primera placa de apoyo 732.

El segundo segmento 733 y el tercer segmento 734 unen la primera placa de apoyo 732 a la segunda placa de apoyo 735 formando un ángulo entre ellos.

65 La segunda placa de apoyo 735 puede presentar sobre su superficie inferior, destinada a estar en contacto con el suelo, un revestimiento antideslizante, por ejemplo de goma ranurada.

En las figuras 12A a 12D, el módulo de pie 7 se utiliza con un calzado 9, del tipo "ranger" o "calzado de combate", por ejemplo. El calzado 9 está concebido para soportar una carga que se aplica sobre la parte superior del calzado 9 que puede alcanzar hasta 40 kilogramos. El calzado 9 puede comprender además una coquilla de protección de la parte delantera del pie y/o unos elementos de refuerzo de metal.

5

Como se ilustra en la figura 12A, la primera placa de apoyo 732 está prevista para pasar a apoyarse sobre la parte superior del calzado 9 del usuario.

10

La segunda placa de apoyo 735 está prevista para pasar a apoyarse sobre el suelo S cuando el usuario está de pie sobre el suelo. La segunda placa de apoyo 735 está dispuesta de modo que está dispuesta bajo la suela 91 del calzado 9 del usuario, en un hueco 92 formado en la suela entre el talón 93 y la parte delantera del pie 94.

15

El primer segmento 731 y el segundo segmento 733 forman un resorte en forma de V. El resorte es apropiado para ser comprimido cuando la suela 91 del calzado 9 está en contacto con el suelo (los segmentos 731 y 733 están cerca uno del otro) y para relajarse cuando la suela 91 del calzado 9 no está en contacto con el suelo S (los segmentos 731 y 733 están alejados uno del otro).

20

El segundo segmento 733 y el tercer segmento 734 están unidos entre sí por un ángulo situado bajo la articulación de tobillo 72. Más precisamente, el eje vertical V que pasa por el centro de rotación de la articulación de tobillo 72 corta los dos segmentos 733 y 734, cuando el usuario está en posición de pie. Esta posición de los segmentos 733 y 734 con respecto a la articulación de tobillo 72 permite crear una deformación de la parte de pie 73 hacia abajo, y asegura por lo tanto que la parte de pie 73 tienda a presionar sobre la parte delantera del calzado 9, y no a levantar la parte delantera del calzado.

25

Las figuras 12A a 12E ilustran diferentes fases del ciclo de marcha del usuario.

30

En la figura 12A, la suela 91 del calzado 9 está en contacto con el suelo S. Durante esta fase, la segunda placa de apoyo 735 está en contacto con el suelo S. El resorte formado por los segmentos 731 y 733 está comprimido de modo que el peso que se ejerce sobre el módulo de pie 7 es transferido al suelo S a través de la segunda placa de apoyo 735.

35

En la figura 12B, el talón 93 del calzado 9 se separa del suelo S. Durante esta fase, el resorte formado por los segmentos 731 y 733 se relaja. Al relajarse, el resorte ejerce sobre el módulo de pie 7 una fuerza de retorno F hacia arriba que asiste al usuario a levantar el pie.

40

En la figura 12C, solo la parte delantera 94 de la suela 91 del calzado 9 está en contacto con el suelo S. El resorte formado por los segmentos 731 y 733 está relajado. El peso que se ejerce sobre el módulo de pie 7 es transferido entonces al calzado 9 a través de la primera placa de apoyo 732. Mientras el calzado 9 esté en contacto con el suelo, el peso es transferido al suelo a través del calzado 9.

45

En la figura 12D, una vez levantado el pie del suelo S, el peso se ejerce principalmente sobre el otro módulo de pie 7 de la estructura de exoesqueleto.

50

En la figura 12E, el usuario posa de nuevo el talón 93 sobre el suelo S. Durante esta fase, la segunda placa de apoyo 735 está de nuevo en contacto con el suelo S, lo cual tiene por efecto comprimir el resorte formado por los segmentos 731 y 733. El resorte formado por los segmentos 731 y 733 se comprime hasta que el peso que se ejerce sobre el módulo de pie sea transferido al suelo S a través de la segunda placa de apoyo 735.

55

El módulo de pie 7 permite transferir la carga que se ejerce sobre el exoesqueleto hacia el suelo S: durante la marcha, la carga es transferida hacia el suelo sucesivamente a través de la segunda placa de apoyo 735, y después a través de la primera placa de apoyo 732 y del calzado 9 del usuario.

60

El módulo de pie 7 permite adaptarse al calzado utilizado habitualmente por los militares, sin necesitar modificar el calzado. El módulo de pie 7 puede ser utilizado con un calzado estándar y no necesita modificar o adaptar el calzado.

El módulo de pie 7 permite además transferir al suelo la carga llevada por el usuario, incluso durante las fases de marcha, y esto en cualquier tipo de terreno.

65

Módulo de espalda

La figura 13 representa de manera esquemática, en vista ampliada, el módulo de espalda 2.

El módulo de espalda 2 comprende un segmento de columna vertebral 21, una espaldera 22 y unas correas 23 que permiten fijar la espaldera 22 a la espalda del usuario.

El segmento de columna vertebral 21 se extiende a lo largo de la columna vertebral del usuario cuando el módulo de espalda 2 está fijado sobre la espalda del usuario. Más precisamente, el segmento de columna vertebral 21 se extiende entre el cinturón 11 del módulo de base 1 y la espaldera 22.

5 La espaldera 22 comprende una envuelta 221 y una segunda batería 222 alojada en la envuelta 221.

Cada módulo de hombro 3 es apropiado para ser conectado al módulo de espalda 2.

10 La estructura de exoesqueleto comprende además un dispositivo de sujeción 24 que permite sujetar el módulo de espalda 2 al módulo de base 1.

15 El dispositivo de sujeción 24 comprende una tercera pieza 241 montada fija sobre el módulo de base 1 y una cuarta pieza 242 montada fija sobre el módulo de espalda 2. Más precisamente, la tercera pieza 241 está fijada al cinturón 11. La cuarta pieza 242 está fijada en un extremo inferior del segmento de columna vertebral 21.

La cuarta pieza 242 es apropiada para ser fijada a la tercera parte 241, por ejemplo con la ayuda de tornillos, para sujetar el módulo de espalda 2 al módulo de base 1.

20 Además, la tercera pieza 241 y la cuarta pieza 242 comprenden un zócalo y un enchufe apropiado para ser enchufado en el zócalo para conectar eléctricamente la segunda batería 222 del módulo de espalda 2 a la unidad de mando 13 del módulo de base 1 cuando la cuarta pieza 242 está fijada a la tercera pieza 241.

Segmento de columna vertebral

25 La figura 14 ilustra más precisamente el segmento de columna vertebral 21. El segmento de columna vertebral 21 comprende una pluralidad de elementos de vértebra 211 apilados unos sobre otros.

30 El número de elementos de vértebra 211 se puede ajustar en función del tamaño del usuario, lo cual permite adaptar fácilmente la estructura de exoesqueleto a la morfología del usuario.

Alternativamente o como complemento, la espaldera 22 puede ser montada deslizante a lo largo del segmento de columna vertebral 21 con el fin de permitir la regulación del módulo de espalda 2.

35 Los elementos de vértebra 211 pueden estar formados en un material rígido y ligero, tal como un material compuesto a base de poliepóxido cargado con fibras de carbono por ejemplo.

El segmento de columna vertebral 21 comprende además uno o varios elementos flexibles de conexión 212 que permiten conectar los elementos de vértebras 211 unos a otros.

40 En el ejemplo ilustrado en la figura 14, cada elemento flexible de conexión 212 se extiende en el interior del apilamiento, pasando a través de cada uno de los elementos de vértebras 211. Sin embargo, como variante, el segmento de columna vertebral 21 podría comprender un elemento flexible de conexión en forma de una funda tubular flexible que recubre los elementos de vértebra 211.

45 En el ejemplo ilustrado en la figura 14, cada elemento flexible de conexión 212 es un elemento alargado, tal como un cable o un cordón elástico.

50 Cada elemento flexible de conexión 212 presenta un primer extremo conectado a la envuelta 221 de la espaldera 22 y un segundo extremo conectado a la cuarta pieza de fijación 242.

Cada elemento flexible de conexión 212 es mantenido tensado en el interior de los elementos de vértebras 211 de manera que ejerza una fuerza de compresión longitudinal sobre los elementos de vértebra 211. La fuerza de compresión tiene por efecto mantener apretados los elementos de vértebra 211 apoyados unos contra otros.

55 De esta manera, el segmento de columna vertebral 21 presenta una posición de equilibrio estable.

60 Sin embargo, debido a su elasticidad, los elementos flexibles de conexión 211 permiten una deformación del segmento de columna vertebral 21 cuando tienen lugar los movimientos de la espalda del usuario (movimientos de flexión y/o de rotación radial y/o de inclinación lateral de la espalda), ejerciendo al mismo tiempo sobre los elementos de vértebras 211 una fuerza de retorno que tiende a devolver el segmento de columna vertebral 21 a su posición de equilibrio estable.

65 Como se ilustra en la figura 15, cada elemento de vértebra 211 comprende un cuerpo 213 que presenta una forma arqueada, con una concavidad orientada hacia la parte inferior de la columna vertebral cuando el segmento de columna vertebral 21 se extiende a lo largo de la columna vertebral del usuario y el usuario está de pie.

Cada elemento de vértebra 211 presenta un hueco 214 y una protuberancia 215, siendo cada protuberancia 215 apropiada para ser recibida en un hueco 214 de otro elemento de vértebra 211 situado inmediatamente por encima o por debajo del apilamiento.

5

Cada elemento de vértebra 211 está unido así al elemento de vértebra siguiente por encajado de una protuberancia 215 en un hueco 214. El hueco 214 y la protuberancia 215 presentan unas formas tales que permiten un movimiento l de inclinación lateral del elemento de vértebra 211 con respecto al siguiente. El hueco 214 y la protuberancia 215 forman un vínculo entre dos elementos de vértebras 211 que permite una inclinación lateral del tronco del usuario.

10

Por otro lado, cada elemento de vértebra 211 presenta unos canales 221 a 223 realizados en el interior del cuerpo 213 para el paso de los elementos flexibles de conexión 212 y para el paso de cables de transmisión eléctrica 224.

15

El módulo de espalda 2 comprende además uno o varios cables 224 de transmisión eléctrica o de transmisión de datos que se extienden en el interior del segmento de columna vertebral 21 a través de cada uno de los elementos de vértebras 211, para la conexión de la segunda batería 222 y unos accionadores o sensores del módulo de espalda 2 a la unidad de mando 13 del módulo de base 1.

20

Se debe observar que el o los cables de transmisión eléctrica 224 presentan una longitud superior a la longitud del segmento de columna vertebral 21 de modo que permitan una deformación del segmento de columna vertebral 21, sin riesgo de dañar el o los cables.

25

El segmento de columna vertebral 21 permite transmitir al mismo tiempo una carga vertical que se ejerce sobre el módulo de espalda 2 permitiendo al mismo tiempo una cierta libertad de movimiento de la columna vertebral del usuario.

Módulo de codo

30

Como se ilustra en las figuras 1 a 5 y 13, cada módulo de codo 4 comprende una parte humeral 41 apropiada para ser fijada sobre el brazo del usuario, una articulación de codo 42 y una parte radial 43 apropiada para ser fijada sobre el antebrazo del usuario.

35

La parte humeral 41 comprende un segmento humeral 411 apropiado para extenderse a lo largo del brazo del usuario y unas correas de fijación 412 apropiadas para rodear el brazo del usuario para fijar el segmento humeral 411 al brazo.

40

La parte radial 43 comprende un segmento radial 431 apropiado para extenderse a lo largo del antebrazo del usuario y unas correas de fijación 432 apropiadas para rodear el antebrazo del usuario para fijar el segmento radial 431 al antebrazo.

45

La parte radial 43 está unida a la parte humeral 41 por medio de la articulación de codo 42. La articulación de codo 42 permite una rotación de la parte radial 43 con respecto a la parte humeral 41 que corresponde a un movimiento de flexión o de extensión del codo del usuario. La articulación de codo 42 puede comprender además un accionador de codo para asistir al usuario cuando tiene lugar el movimiento de flexión o de extensión del codo.

Módulo de hombro

50

Las figuras 16 a 18 representan de manera esquemática un módulo de hombro 3.

Cada módulo de hombro 3 es apropiado para unir un módulo de codo 4 al módulo de espalda 2.

55

El módulo de hombro 3 permite un movimiento del módulo de codo 4 con respecto al módulo de espalda 2 según tres grados de libertad, a saber:

- una rotación del módulo de codo 4 alrededor de un primer eje paralelo a un eje de abducción o de aducción del hombro,
- una rotación del módulo de codo alrededor de un segundo eje paralelo a un eje de rotación externo o interno del hombro,
- una rotación del módulo de codo alrededor de un tercer eje paralelo a un eje de flexión o de extensión del hombro.

60

65

El módulo de hombro 3 comprende un primer pivote 31, un mecanismo de cuatro barras 32, un segundo pivote 33, una primera pieza de unión 34, un tercer pivote 35, una segunda pieza de unión 36, un cuarto pivote 37, una tercera pieza de unión 38, un quinto pivote 39 y una tercera pieza de unión 310.

5 El mecanismo de cuatro barras 32 comprende una primera barra 321, una segunda barra 322, una primera articulación 325 que une la segunda barra 322 a la primera barra 321, una tercera barra 323, una segunda articulación 326 que une la tercera barra 323 a la segunda barra 322, una cuarta barra 324, una tercera articulación 327 que une la cuarta barra 324 a la tercera barra 323 y una cuarta articulación 328 que une la cuarta barra 324 a la primera barra 321.

10 Las cuatro barras 321 a 324 están unidas entre sí por las cuatro articulaciones 325 a 328 de manera que formen un paralelogramo deformable en un plano paralelo al plano coronal del usuario. El mecanismo de cuatro barras 32 comprende además un elemento elástico 329, que se extiende según una diagonal del paralelogramo y que une la primera articulación 325 a la tercera articulación 327 de manera que creen, en las cuatro barras 321 a 324, una fuerza de retorno que tiende a oponerse a una deformación del paralelogramo debida a la fuerza de gravedad que se ejerce sobre el módulo de hombro 3. El elemento elástico de retorno 329 es un resorte de tracción del cual uno de los extremos está unido a la primera articulación 325 y el otro de los extremos está unido a la tercera articulación 327.

20 La primera barra 321 está montada rotativa con respecto a la envuelta 221 de la espaldera 22 por medio de la primera unión de pivote 31, alrededor de un eje sustancialmente vertical.

Asimismo, la tercera barra 323 está montada rotativa con respecto a la primera pieza de unión 34 por medio del segundo pivote 33, alrededor de un eje sustancialmente vertical.

25 La segunda pieza de unión 36 está montada rotativa con respecto a la primera pieza de unión 34 por medio del tercer pivote 35. El tercer pivote 35 comprende un accionador.

30 El accionador comprende un estator y un rotor apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator alrededor del primer eje de rotación, siendo el primer eje de rotación perpendicular al eje del segundo pivote 33. El accionador permite asistir al usuario cuando tiene lugar un movimiento de abducción o de aducción del hombro. Con este fin, el primer eje de rotación X_1 es paralelo al eje de abducción o de aducción del hombro.

35 La tercera pieza de unión 38 está unida a la segunda pieza de unión 36 por medio del cuarto pivote 37. El cuarto pivote 37 permite una rotación de la tercera pieza de unión 38 con respecto a la segunda pieza de unión 36 alrededor de un segundo eje de rotación X_2 que corresponde a un movimiento de rotación externo o interno del brazo del usuario.

40 La cuarta pieza de unión 310 está montada rotativa con respecto a la tercera pieza de unión por medio del quinto pivote 39. El quinto pivote 39 permite una rotación de la cuarta pieza de unión 310 con respecto a la tercera pieza de unión 38 alrededor un tercer eje de rotación X_3 . El quinto pivote 39 incluye un accionador.

45 El accionador comprende un estator y un rotor apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator alrededor del tercer eje de rotación X_3 , siendo el tercer eje de rotación X_3 perpendicular al eje del cuarto pivote 37. El accionador permite asistir al usuario cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión del hombro. Con este fin, el tercer eje de rotación X_3 es paralelo al eje de flexión y de extensión del hombro.

50 El primer eje de rotación X_1 del tercer pivote 35 corta el segundo eje de rotación X_2 del cuarto pivote 37, perpendicularmente a este. Asimismo, el tercer eje de rotación X_3 del quinto pivote 39 corta el segundo eje de rotación X_2 del cuarto pivote 37, perpendicularmente a este. Sin embargo, el primer eje de rotación X_1 y el tercer eje de rotación X_3 cortan el segundo eje de rotación X_2 en unos puntos separados.

55 Cuando el brazo del usuario está en reposo (es decir que el brazo se extiende a lo largo del cuerpo del usuario en posición de pie), el segundo eje de rotación X_2 del cuarto pivote 37 es paralelo al eje de rotación del segundo pivote 33. Además, el tercer eje de rotación X_3 es perpendicular al primer eje de rotación X_1 del tercer pivote 35 y al segundo eje de rotación X_2 del cuarto pivote 37.

60 Como se ilustra en la figura 17, la tercera pieza de unión 38 comprende dos piezas 381 y 382 montadas deslizantes una con respecto a la otra por medio de una primera deslizadera 383. El deslizamiento de las piezas 381 y 382 una con respecto a la otra permite un acortamiento o un alargamiento de la tercera pieza de unión 38 cuando tienen lugar los movimientos de abducción o de aducción del hombro del usuario. La primera deslizadera 383 comprende un primer elemento elástico de retorno 384 que tiende a oponerse a la separación de las piezas 381 y 382 una con respecto a la otra, y por lo tanto a un alargamiento de la tercera pieza de unión 38. El primer elemento elástico de retorno 384 es un resorte de tracción.

65 Como se ilustra en la figura 18, la cuarta pieza de unión 310 comprende dos piezas 3101 y 3102 montadas

5 deslizantes una con respecto a la otra por medio de una segunda deslizadera 3103. El deslizamiento de las piezas 3101 y 3102 una con respecto a la otra permite un acortamiento y un alargamiento de la cuarta pieza de unión 310 cuando tiene lugar una rotación del antebrazo del usuario con respecto al brazo que provoca una flexión o una extensión del codo. La segunda deslizadera 3103 comprende un segundo elemento elástico de retorno 3104 que tiende a oponerse a la separación de las piezas 3101 y 3102 una con respecto a la otra, y por lo tanto a un alargamiento de la cuarta pieza de unión 310. El segundo elemento elástico de retorno 3104 es un resorte de tracción.

10 Como los ejes de rotación X_1 , X_2 y X_3 del módulo de hombro 3 no coinciden con los ejes de rotación reales del complejo articular del hombro del usuario, las dos deslizaderas 383 y 3103 permiten que varíe la longitud de la tercera pieza de unión 38 y la longitud de la cuarta pieza de unión 310 con el fin de compensar el desplazamiento de los ejes de rotación.

15 La cuarta pieza de unión 310 está unida a la articulación de codo 42 del módulo de codo por medio de un dispositivo de sujeción 10.

Dispositivo de sujeción del módulo de hombro al módulo de codo

20 La estructura de exoesqueleto comprende dos dispositivos de sujeción 10, permitiendo cada dispositivo de sujeción 10 sujetar un módulo de hombro 3 a un módulo de codo 4.

25 La figura 19 representa de manera esquemática el dispositivo de fijación 10. En el modo de realización ilustrado en esta figura, el dispositivo de sujeción 10 es un dispositivo de sujeción denominado "de bayoneta", similar al dispositivo de sujeción 8 del módulo de cadera 5 al módulo de base 1 ilustrado en las figuras 9, 10A y 10B.

El dispositivo de sujeción 10 es apropiado para pasar de una configuración desenclavada en la que el módulo de hombro 3 está soltado del módulo de codo 4, a una configuración enclavada en la que el módulo de hombro 3 está sujeto al módulo de codo 4.

30 El dispositivo de sujeción 10 comprende una primera pieza 101 montada fija sobre el módulo de codo 4 y una segunda pieza 102 montada móvil en rotación sobre el módulo de hombro 3.

35 Más precisamente, la primera pieza 101 está fijada al estator del accionador de la articulación de codo 42. La segunda pieza 102 está montada rotativa sobre la cuarta pieza de unión 310 del módulo de hombro 3 alrededor de un eje X paralelo a la dirección de inserción de la segunda pieza 102 en la primera pieza 101.

La segunda pieza 102 es apropiada para ser engatillada en la primera pieza 101, con el fin de permitir sujetar el módulo de hombro 3 al módulo de codo 4 de manera reversible.

40 La primera pieza 101 y la segunda pieza 102 son idénticas a la primera pieza 81 y a la segunda pieza 82 del dispositivo de sujeción 8 del módulo de cadera 5 al módulo de base 1. El dispositivo de sujeción 10 comprende asimismo un elemento elástico de retorno 103, en forma de un resorte, apropiado para solicitar la segunda pieza 102 en una dirección opuesta a la dirección de inserción de la segunda pieza 102 en la primera pieza 101.

45 Por otro lado, la primera pieza 101 y la segunda pieza 102 comprenden cada una unos contactos eléctricos apropiados para conectar eléctricamente la primera batería 12 y la unidad de mando 13 del módulo de base 1 al accionador de la articulación de codo 42 cuando la segunda pieza 102 está en configuración enclavada en la primera pieza 101.

50 Módulo de soporte de mochila

Como se ilustra en las figuras 20 y 21, el módulo de soporte de mochila 14 comprende un arco 141 y un vástago de soporte 142.

55 El arco 141 está destinado a estar unido al módulo de base 1. El arco presenta dos extremos opuestos 143.

El módulo de soporte de mochila 14 comprende asimismo dos rótulas 145 y dos dispositivos de sujeción 16 que permiten conectar el arco a los módulos de cadera 5.

60 De esta manera, el peso de la mochila es transferido a los módulos inferiores, a saber los módulos de cadera 5, los módulos de rodilla 6 y los módulos de pie 7, lo cual permite que el usuario aligere la carga que se aplica sobre la espalda.

65 El vástago de soporte 142 está destinado a extenderse a lo largo de la espalda del usuario, paralelamente a la columna vertebral del usuario. El vástago 142 es apropiado para ser acoplado en un bolsillo 171 de una mochila 17 para suspender la mochila 17 al módulo de soporte de mochila 14.

El vástago 142 comprende un primer elemento de vástago 1421, un segundo elemento de vástago 1422 y un amortiguador 1423.

5 El primer elemento de vástago 1421 está conectado al arco 141 por un pivote 144 que permite una rotación del vástago 142 con respecto al arco 141. El pivote 144 permite una rotación del vástago 142 con respecto al arco 141 alrededor de un eje anteroposterior del usuario. El pivote 144 permite que el módulo de soporte de mochila 14 se adapte a los movimientos de la pelvis del usuario cuando camina o corre.

10 El segundo elemento de vástago 1422 es apropiado para deslizarse con respecto al primer elemento de vástago 1421 de manera que varíe una longitud del vástago 142.

El primer elemento de vástago 1421 y el segundo elemento de vástago 1422 pueden estar realizados en un material sintético (por ejemplo un material compuesto a base de poliepóxido) reforzado con fibras de carbono. Además, el segundo elemento de vástago 1422 puede comprender una parte extrema realizada en metal.

15 El primer elemento de vástago 1422 puede ser telescópico de manera que permita una regulación de la longitud del vástago 142.

20 El amortiguador 1423 está adaptado para amortiguar el desplazamiento del segundo elemento de vástago 1422 con respecto al primer elemento de vástago 1421 causado por la marcha del usuario.

El amortiguador 1423 permite así reducir las sacudidas provocadas por los movimientos de la mochila 17 sobre la estructura de exoesqueleto cuando el usuario camina, corre o salta.

25 Con este fin, el amortiguador 1423 comprende un cilindro 1424 fijado al primer elemento de vástago 1421, un pistón 1425 fijado al segundo elemento de vástago 1422 y apropiado para deslizarse en el interior del cilindro 1424, y un elemento elástico 1426 dispuesto entre el primer elemento de vástago 1421 y el segundo elemento de vástago 1422.

30 El pistón 1425 delimita en el interior del cilindro 1424 dos cámaras 1427 y 1428 que contienen un fluido, provocando el deslizamiento del pistón 1425 en el interior del cilindro 1424 una compresión del fluido contenido en una de las cámaras 1427, y una transferencia del fluido hacia la otra cámara 1428.

35 El elemento elástico 1426 presenta preferentemente una rigidez superior o igual a 2000 Newton por metro. Esta rigidez permite eliminar los fenómenos de amplificación de las oscilaciones de la mochila que se pudieran producir en el caso de que el sistema masa-resorte formado por la mochila 17 y el elemento elástico 1426 entrara en resonancia cuando el usuario camina o corre.

40 Por otro lado, el amortiguador 1423 puede presentar una tasa de amortiguación regulable, lo cual permite adaptar la amortiguación a la masa de la mochila. En efecto, la masa de la mochila puede variar en función del tipo de misión realizada por el usuario. La regulación de la tasa de amortiguación se puede obtener modificando el volumen total de las cámaras 1427 y 1428 (por ejemplo con la ayuda de un tornillo) de manera que ajuste una tasa de amortiguación del amortiguador.

45 El módulo de soporte de mochila 14 comprende además una junta de protección de fuelles 1429 que une el primer elemento de vástago 1421 al segundo elemento de vástago 1422. La junta de protección de fuelles 1429 permite un alargamiento del vástago 142 impidiendo al mismo tiempo la penetración de líquido o de residuos en el interior del vástago 142 y del amortiguador 1423.

50 Por otro lado, el módulo de soporte de mochila 14 puede comprender un sensor de fuerza para evaluar la masa de la mochila 17 puesta. El sensor de fuerza puede ser un sensor de fuerza con galga extensométrica, en compresión. El sensor puede estar dispuesto en la parte inferior del vástago 142 por encima del amortiguador 1423.

55 Dispositivo de sujeción del módulo de soporte de mochila al módulo de cadera

La figura 22 representa de manera esquemática un dispositivo de sujeción 16 que permite conectar un extremo 143 del arco 141 a los módulos de cadera 5.

60 En el modo de realización ilustrado en esta figura, el dispositivo de sujeción 16 es un dispositivo de sujeción denominado "de bayoneta", similar al dispositivo de sujeción 8 del módulo de cadera 5 al módulo de base 1 ilustrado en las figuras 9, 10A y 10B.

65 El dispositivo de sujeción 16 es apropiado para pasar de una configuración desenclavada en la que el módulo de mochila 14 está soltado del módulo de cadera 5, a una configuración enclavada en la que el módulo de mochila 14 está sujeto al módulo de cadera 5.

ES 2 794 637 T3

El dispositivo de sujeción 16 comprende una primera pieza 161 montada fija sobre el módulo de cadera 5, y una segunda pieza 162 montada móvil en rotación y en traslación sobre el módulo de soporte de mochila 14.

5 Más precisamente, la primera pieza 161 está fijada al estator 522 del accionador 521 de la articulación de la cadera 52. La segunda pieza 102 está montada rotativa sobre el arco 141 por medio de la rótula 145. La segunda pieza 162 está montada asimismo deslizante con respecto a la rótula 145 según el eje X.

10 La segunda pieza 162 es apropiada para ser engatillada en la primera pieza 161, con el fin de permitir sujetar el módulo de soporte de mochila 14 al módulo de cadera 5 de manera reversible y por consiguiente, al módulo de base 1.

15 La primera pieza 161 y la segunda pieza 162 son idénticas a la primera pieza 81 y a la segunda pieza 82 del dispositivo de sujeción 8 del módulo de cadera 5 al módulo de base 1. El dispositivo de sujeción 16 comprende asimismo un elemento elástico de retorno 163, en forma de un resorte, apropiado para solicitar la segunda pieza 162 en una dirección opuesta a la dirección de inserción de la segunda pieza 162 en la primera pieza 161.

20 De esta manera, el arco 141 está arrimado por cada uno de sus extremos 143 a las articulaciones de cadera 52 de los módulos de cadera 4. El peso de la mochila 17 es transferido así al suelo por medio de los módulos inferiores, a saber los módulos de cadera 5, los módulos de rodilla 6 y los módulos de pie 7.

REIVINDICACIONES

1. Estructura modular de exoesqueleto para la asistencia al esfuerzo de un usuario, que comprende:

- 5 - un módulo de base (1) que comprende un cinturón lumbar (11) apropiado para rodear la cintura del usuario, una primera batería (12) y una unidad de mando (13) fijadas al cinturón lumbar (11),
- un módulo de espalda (2) apropiado para ser fijado sobre la espalda del usuario, comprendiendo el módulo de espalda (2) una segunda batería (222),
- 10 - una primera pieza de fijación (81) fijada al cinturón (11) y apropiada para cooperar con una segunda pieza de fijación (82) complementaria de un módulo de cadera (5) para sujetar el módulo de cadera (5) al módulo de base (1) por engatillado de la segunda pieza de fijación (82) en la primera pieza de fijación (81),
- 15 - una tercera pieza de fijación (241) fijada al cinturón (11), y
- una cuarta pieza (242) de fijación complementaria fijada al módulo de espalda (2),

20 en la que la tercera pieza de fijación (241) es apropiada para cooperar con la cuarta pieza de fijación (242) complementaria para sujetar el módulo de espalda (2) al módulo de base (1), comprendiendo la tercera pieza de fijación (241) y la cuarta pieza de fijación (242) un zócalo y un enchufe apropiado para ser enchufado en el zócalo para conectar eléctricamente la segunda batería (222) a la unidad de mando (13) cuando la cuarta pieza de fijación (242) coopera con la tercera pieza de fijación (241).

25 2. Estructura según la reivindicación 1, que comprende además por lo menos un módulo de cadera (5) apropiado para ser fijado sobre un muslo del usuario, comprendiendo cada módulo de cadera (5) un accionador de cadera (521), comprendiendo el accionador de cadera (521) un estator (522) y un rotor (523) apropiado para ser accionado en rotación con respecto al estator (522) para accionar en rotación el módulo de cadera (5) con respecto al módulo de base (1) cuando tiene lugar un movimiento de flexión o de extensión de la cadera, estando la segunda pieza de fijación (82) fijada al estator (522) del accionador.

35 3. Estructura según la reivindicación 2, en la que la primera pieza de fijación (81) y la segunda pieza de fijación (82) forman un dispositivo de fijación de bayoneta (8) en el que una de entre la primera pieza (81) y la segunda pieza (82) comprende un pasador radial (825), y la otra de entre la primera pieza (81) y la segunda pieza (82) comprende una hendidura curvada (815) en la que puede deslizarse el pasador radial (825), estando la hendidura (815) curvada de tal manera que el deslizamiento del pasador (825) en la hendidura (815) desde una entrada de la hendidura (815) hasta un extremo (816) de la hendidura (815) necesita un movimiento combinado de traslación y de rotación de la segunda pieza (82) con respecto a la primera pieza (81), realizándose la traslación sucesivamente según una primera dirección (C), y después según una segunda dirección (D), opuesta a la primera dirección.

45 4. Estructura según la reivindicación 3, en la que el dispositivo de sujeción (8) comprende además un elemento elástico de retorno (83) apropiado para solicitar la segunda pieza (82) en la segunda dirección (D) con el fin de mantener la segunda pieza (82) engatillada en la primera pieza (81).

50 5. Estructura según la reivindicación 4, en la que cuando el elemento elástico de retorno (83) solicita la segunda pieza (82) en la segunda dirección (D), el elemento elástico de retorno (83) tiende a separar la segunda pieza (82) de la primera pieza (81).

55 6. Estructura según una de las reivindicaciones 2 a 4, en la que el módulo de cadera (5) comprende una parte femoral (51) apropiada para ser fijada sobre el muslo del usuario, comprendiendo además la estructura por lo menos un módulo de rodilla (6) que comprende una parte tibial (63) apropiada para ser fijada sobre la pantorrilla del usuario, y una articulación de rodilla (62) apropiada para unir la parte femoral (51) a la parte tibial (63) permitiendo una rotación de la parte tibial (63) con respecto a la parte femoral (51) cuando tiene lugar un movimiento de flexión y de extensión de la rodilla.

60 7. Estructura según la reivindicación 6, en la que el módulo de rodilla (6) comprende una barra de conexión (61) apropiada para ser insertada en un segmento femoral (511) de la parte femoral (51) para fijar el módulo de rodilla (6) al módulo de cadera (5).

65 8. Estructura según la reivindicación 7, en la que la barra de conexión (61) es apropiada para deslizarse en el interior del segmento femoral (51) del módulo de cadera (5) para permitir una regulación de la distancia entre la articulación de rodilla (62) y la articulación de cadera (52).

9. Estructura según una de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende además por lo menos un módulo de pie

(7) apropiado para ser fijado sobre el pie del usuario, comprendiendo el módulo de pie (7) una barra de conexión (71) apropiada para ser insertada en un segmento tibial (631) de la parte tibial (63) para fijar el módulo de pie (7) al módulo de rodilla (6).

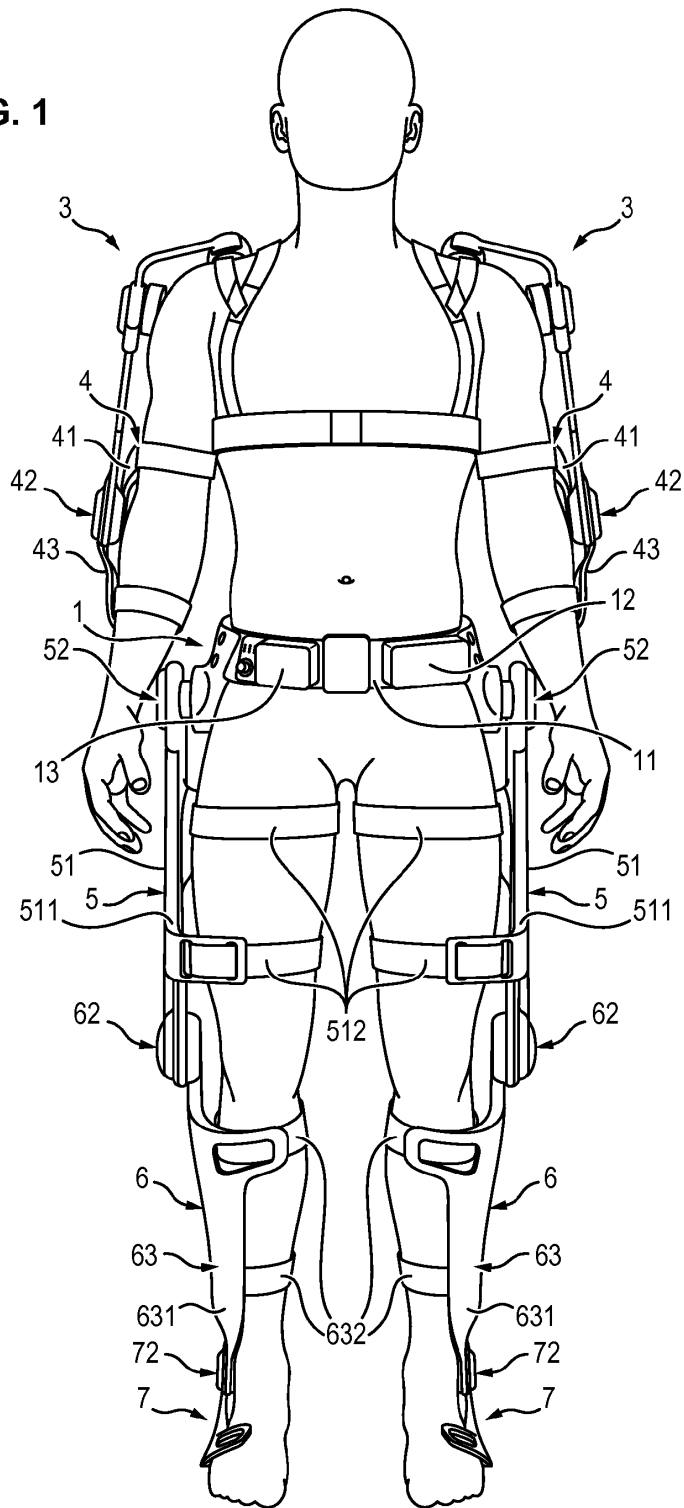
5 10. Estructura según una de las reivindicaciones 2 a 9, en la que la primera pieza (81) y la segunda pieza (82) comprenden cada una unos contactos eléctricos apropiados para conectar eléctricamente la primera batería (12) y la unidad de mando (13) al accionador (521) cuando la segunda pieza (82) está engatillada en la primera pieza (81).

10 11. Estructura según una de las reivindicaciones 9 y 10, que comprende por lo menos un módulo de codo (4) apropiado para ser fijado a un brazo del usuario.

12. Estructura según la reivindicación 11, que comprende además un módulo de hombro (3) apropiado para conectar el módulo de codo (4) al módulo de espalda (2).

15

FIG. 1



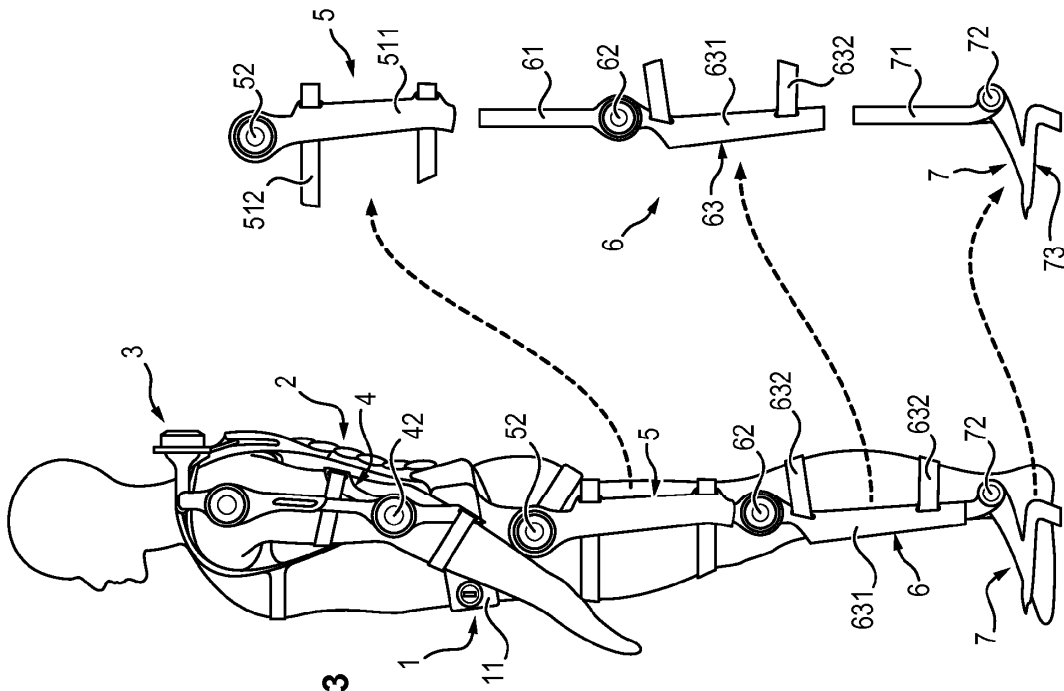


FIG. 3

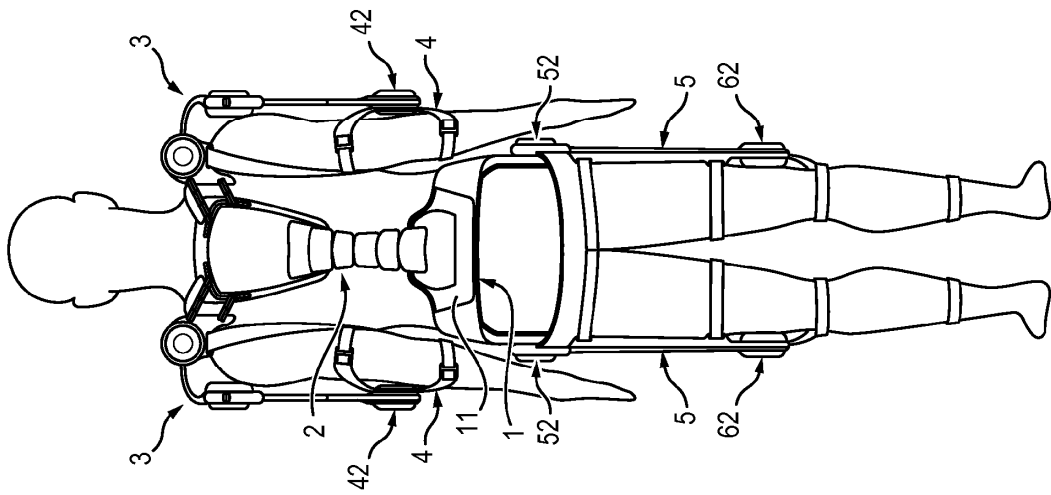


FIG. 2

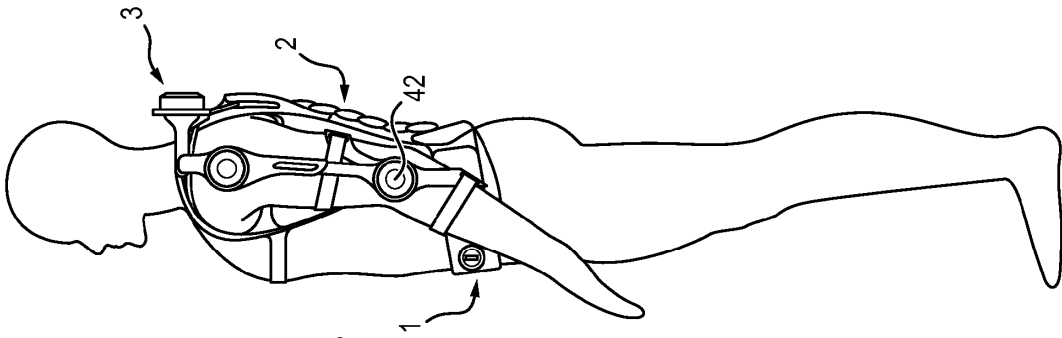


FIG. 5

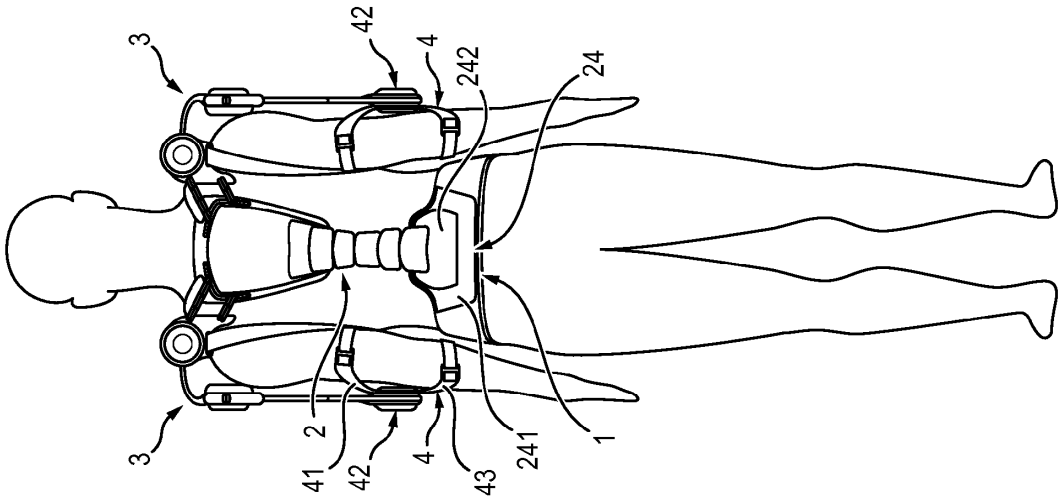


FIG. 4

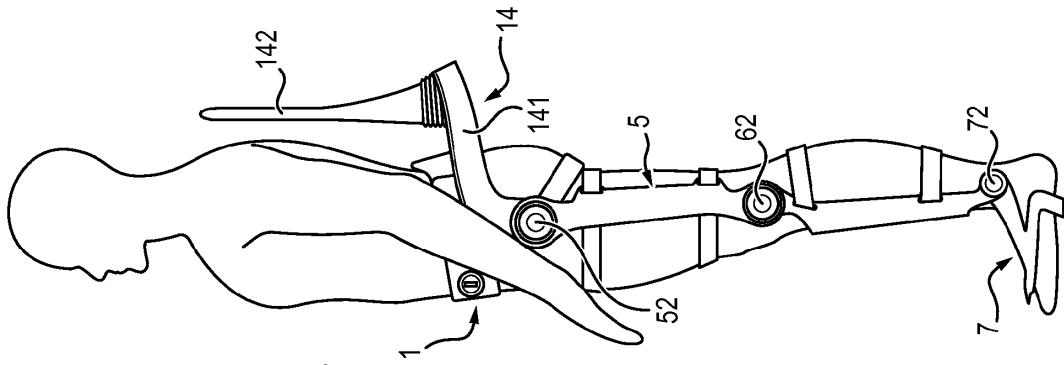


FIG. 7

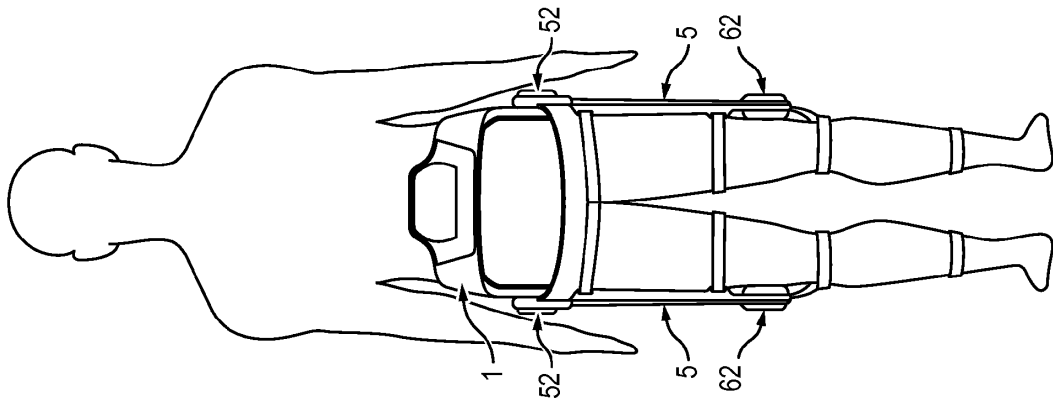
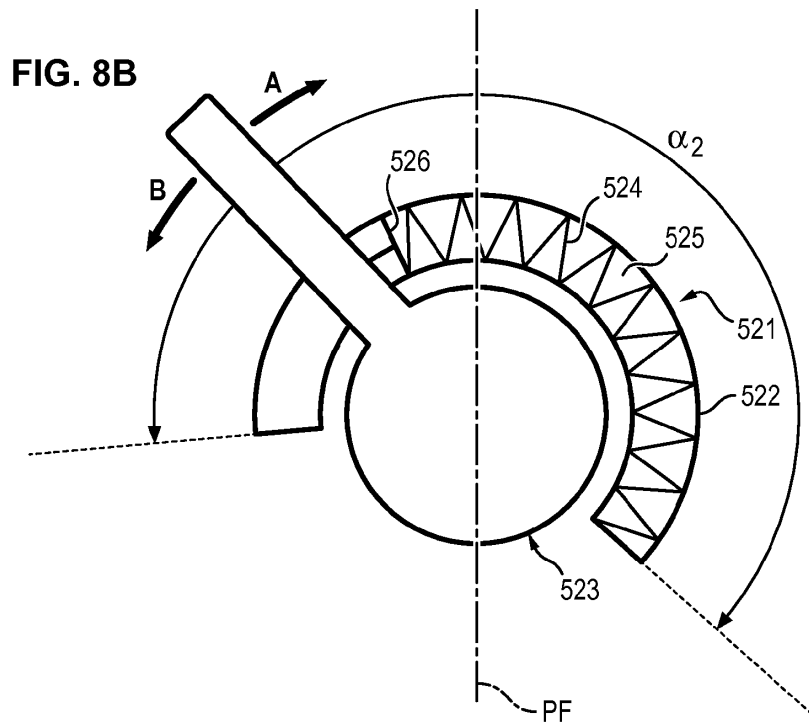
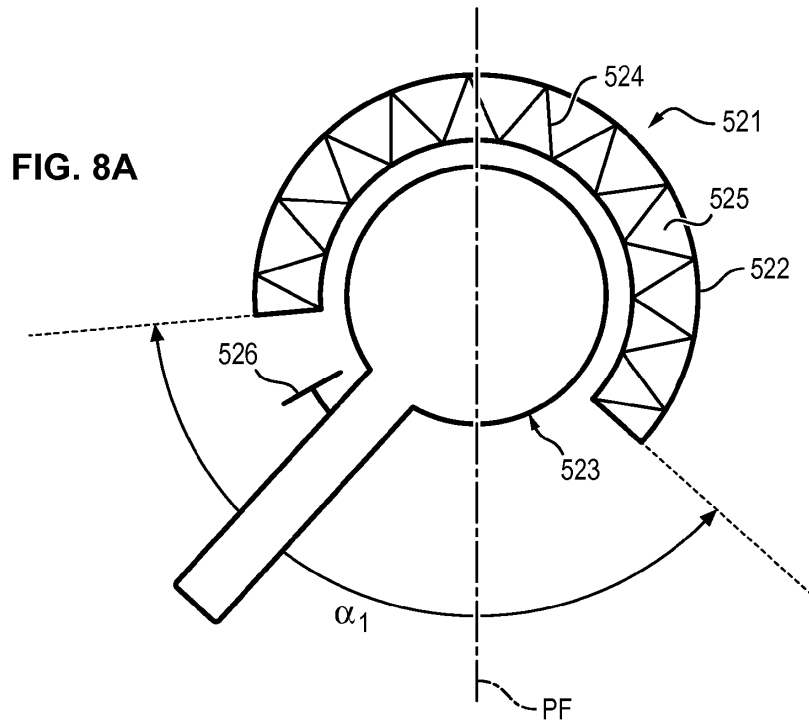
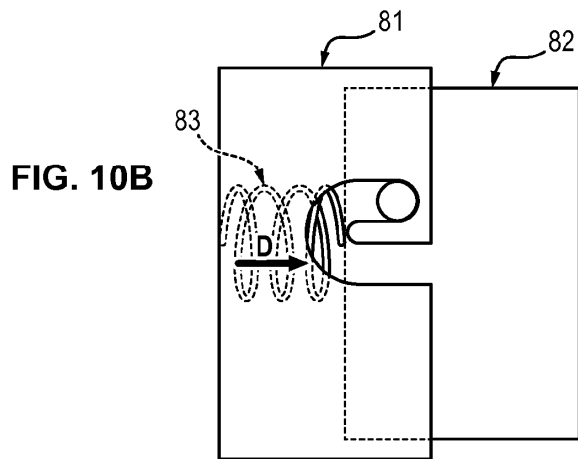
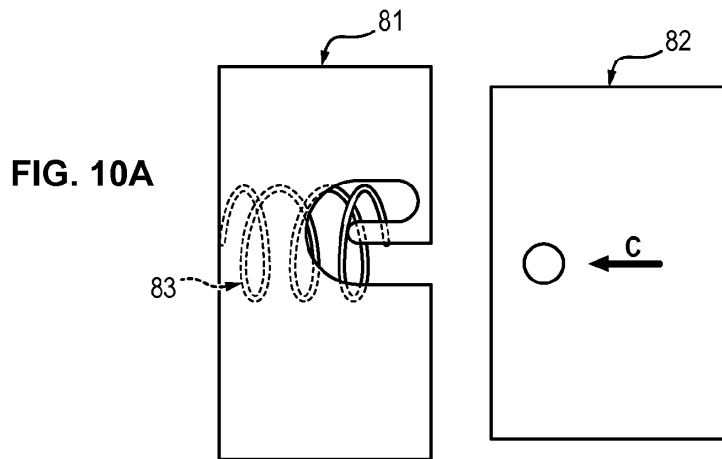
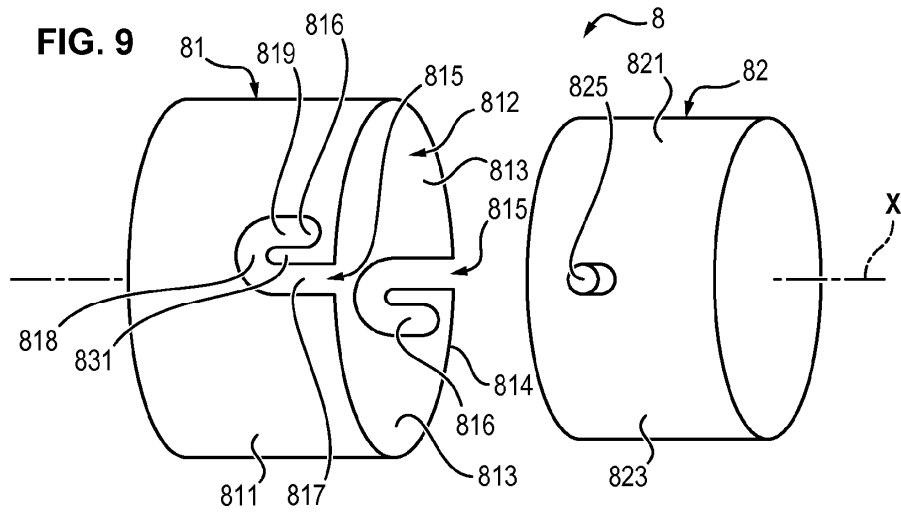


FIG. 6





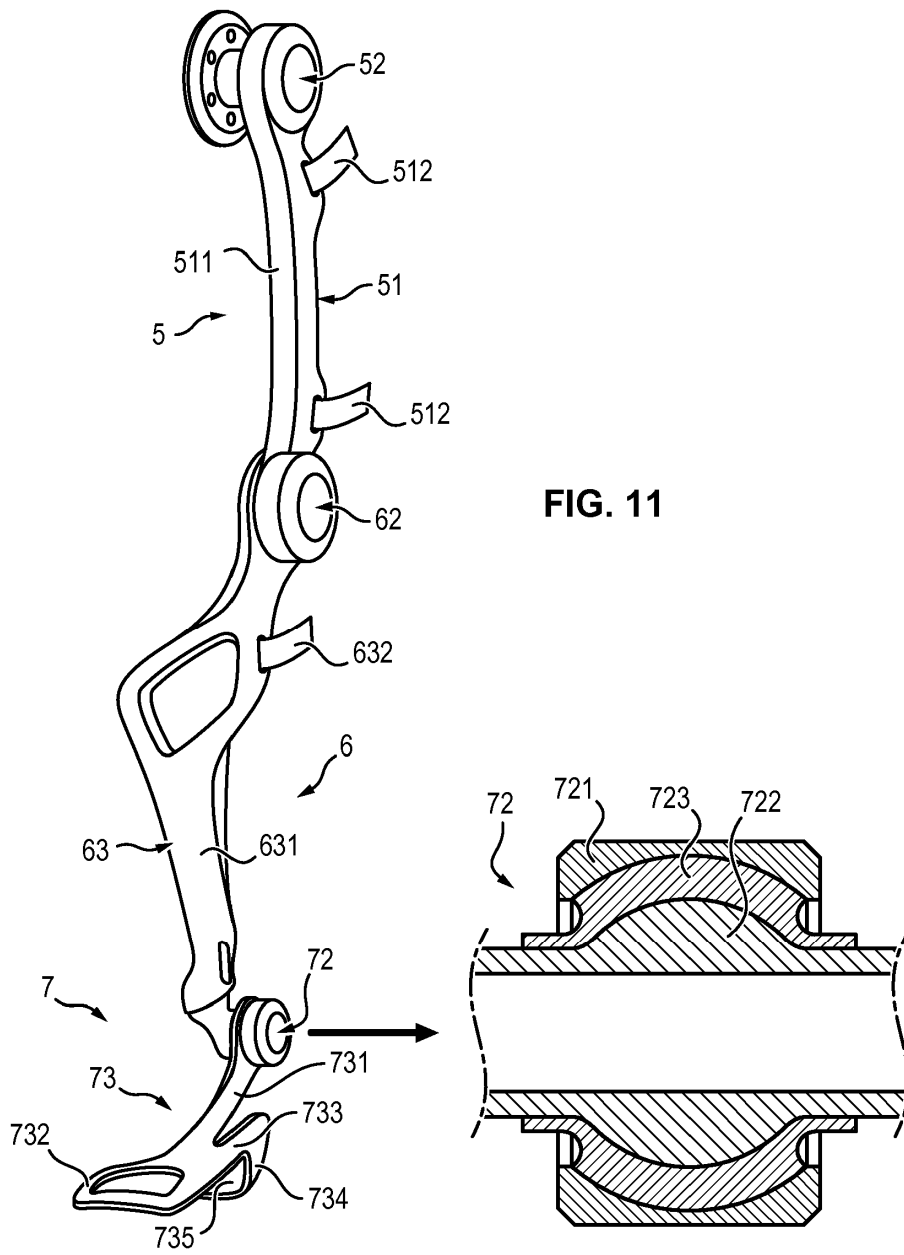


FIG. 12A

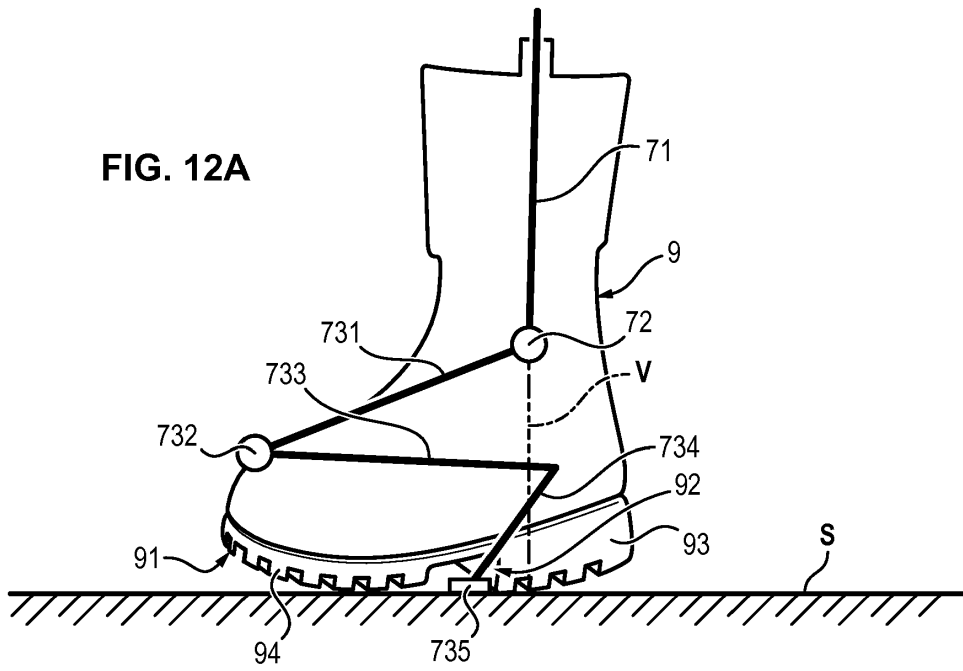
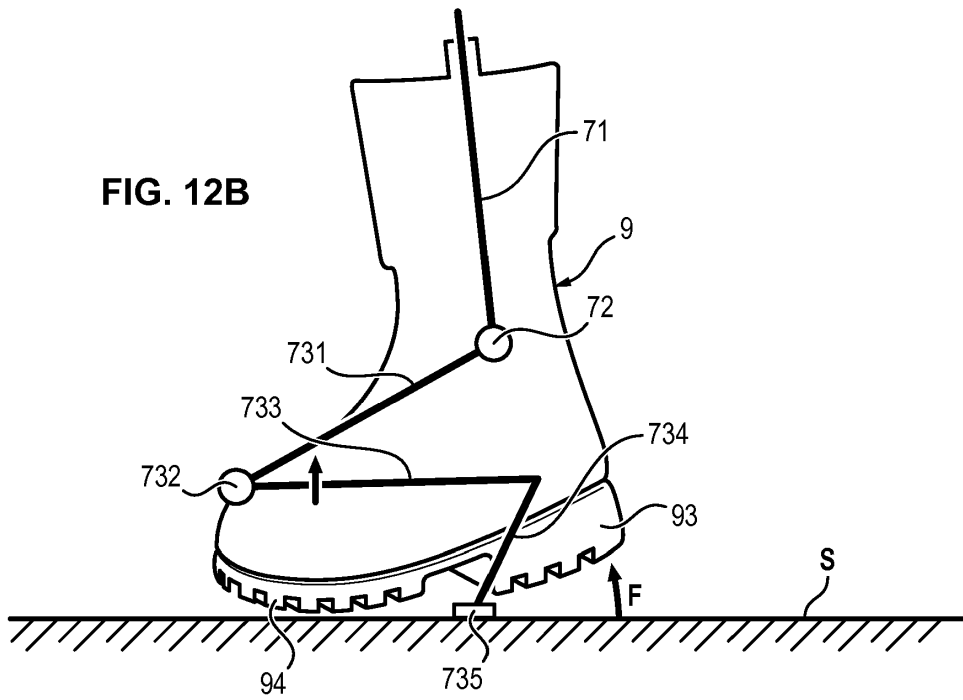


FIG. 12B



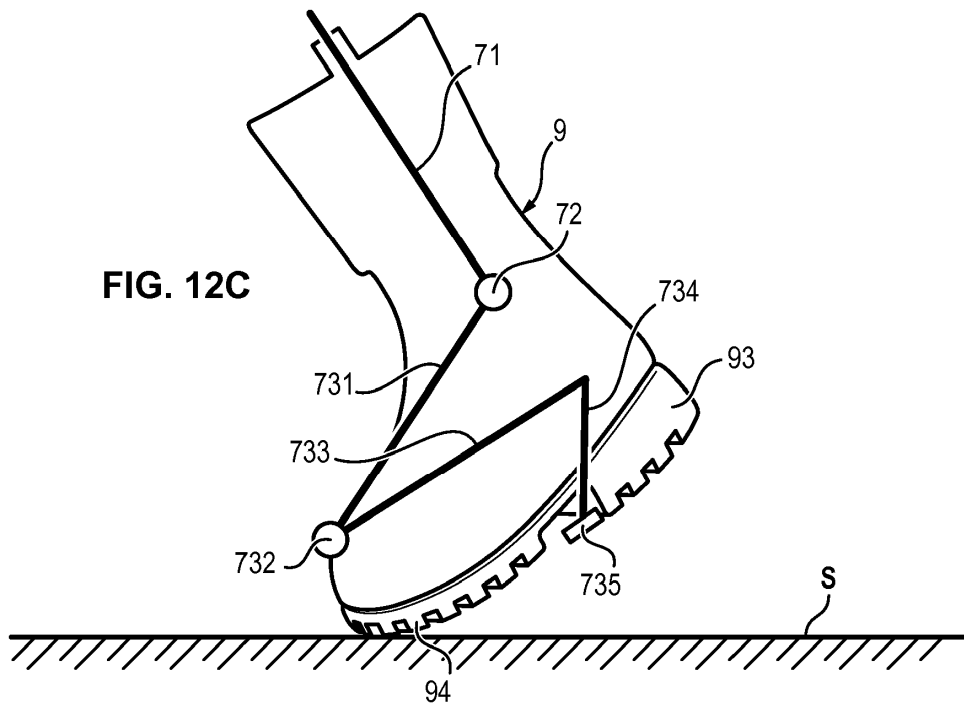


FIG. 12D

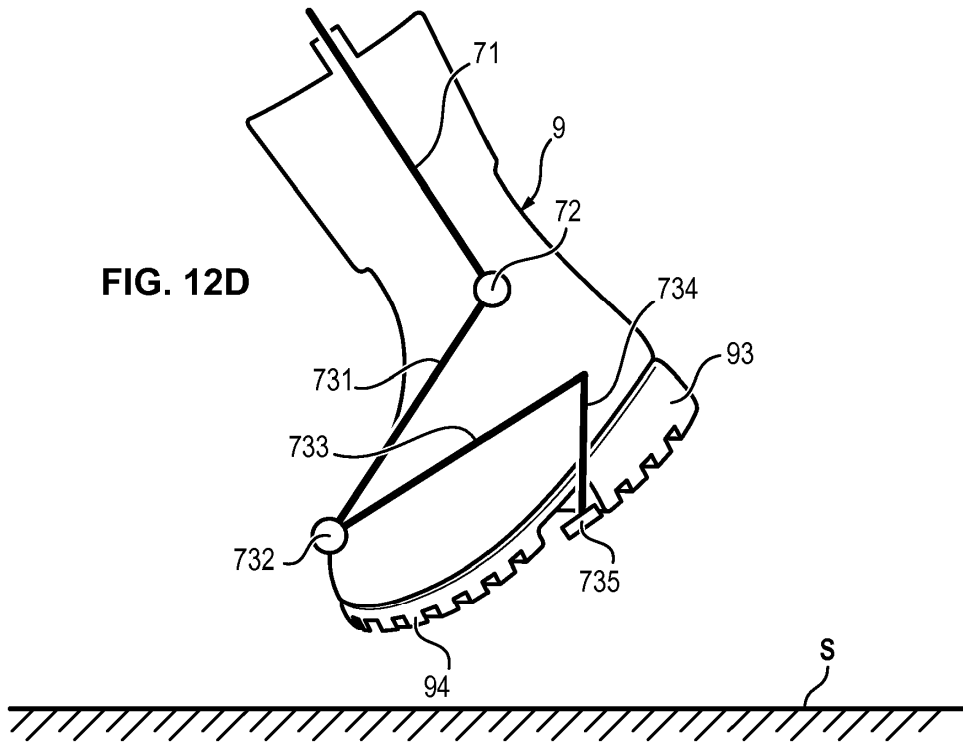


FIG. 12E

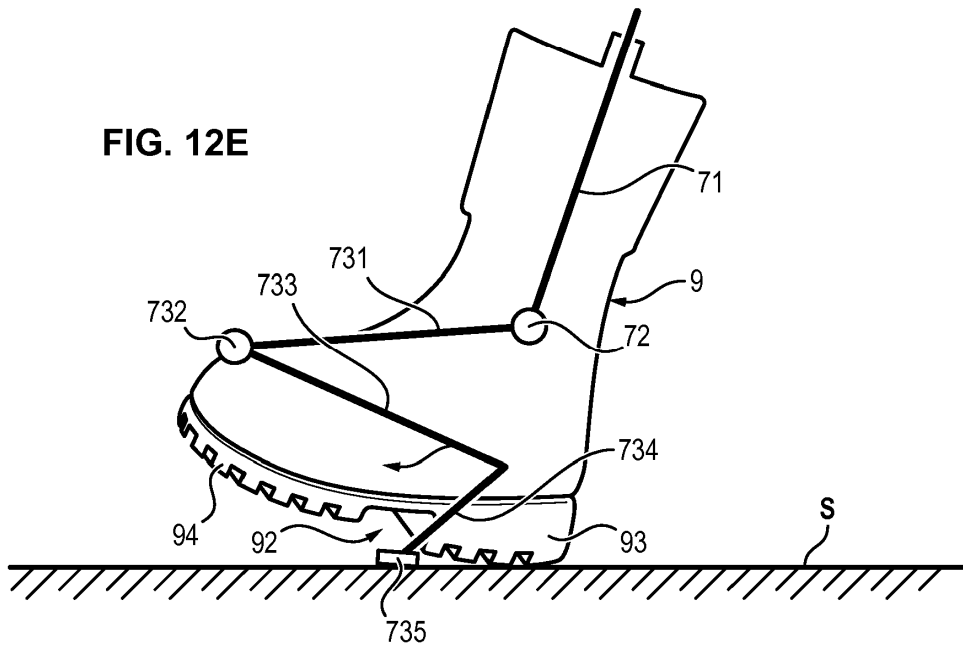
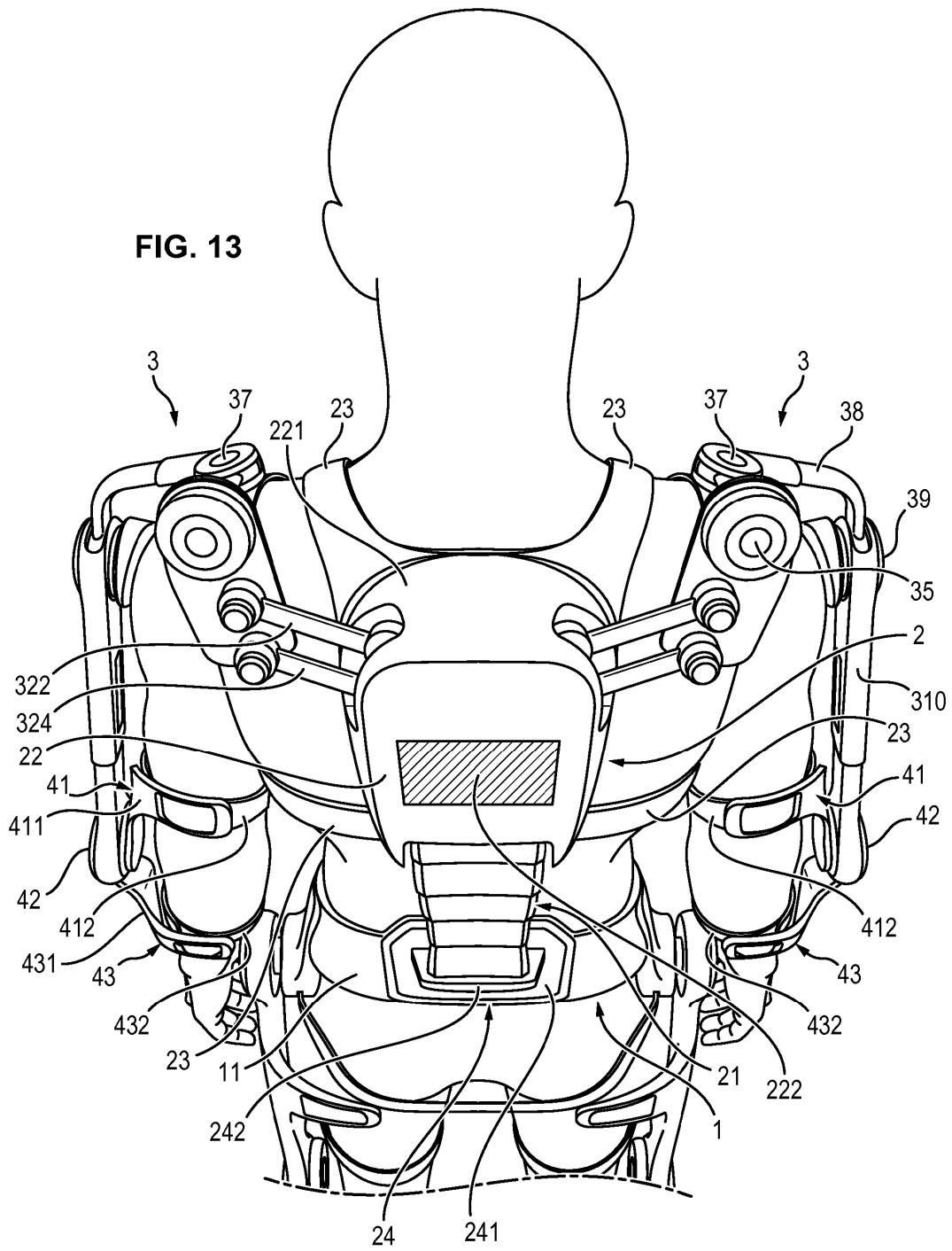


FIG. 13



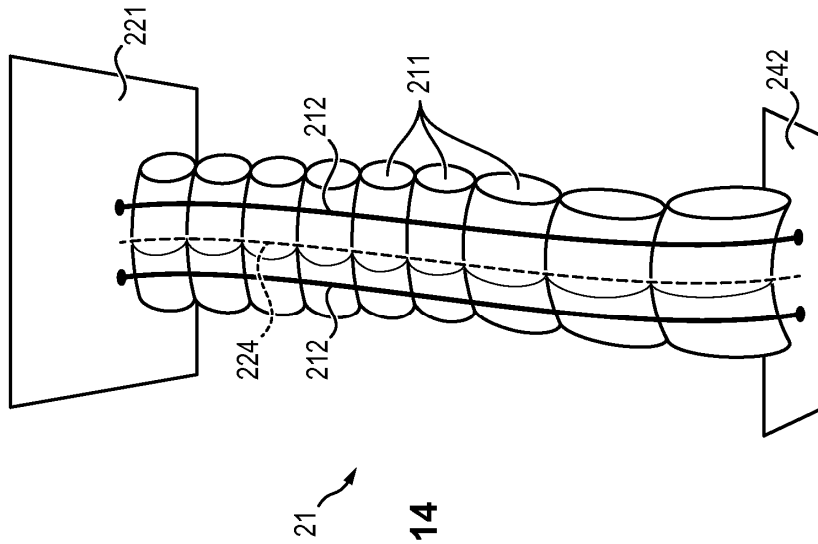


FIG. 14

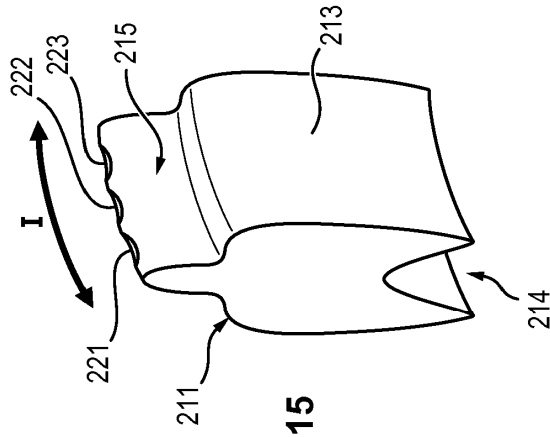


FIG. 15

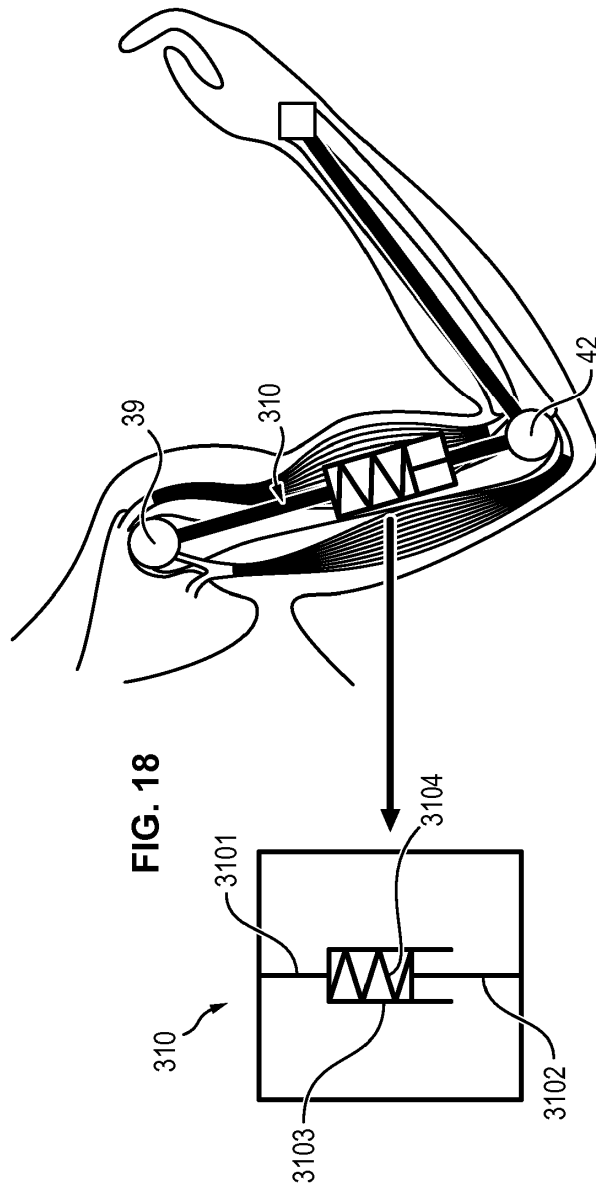
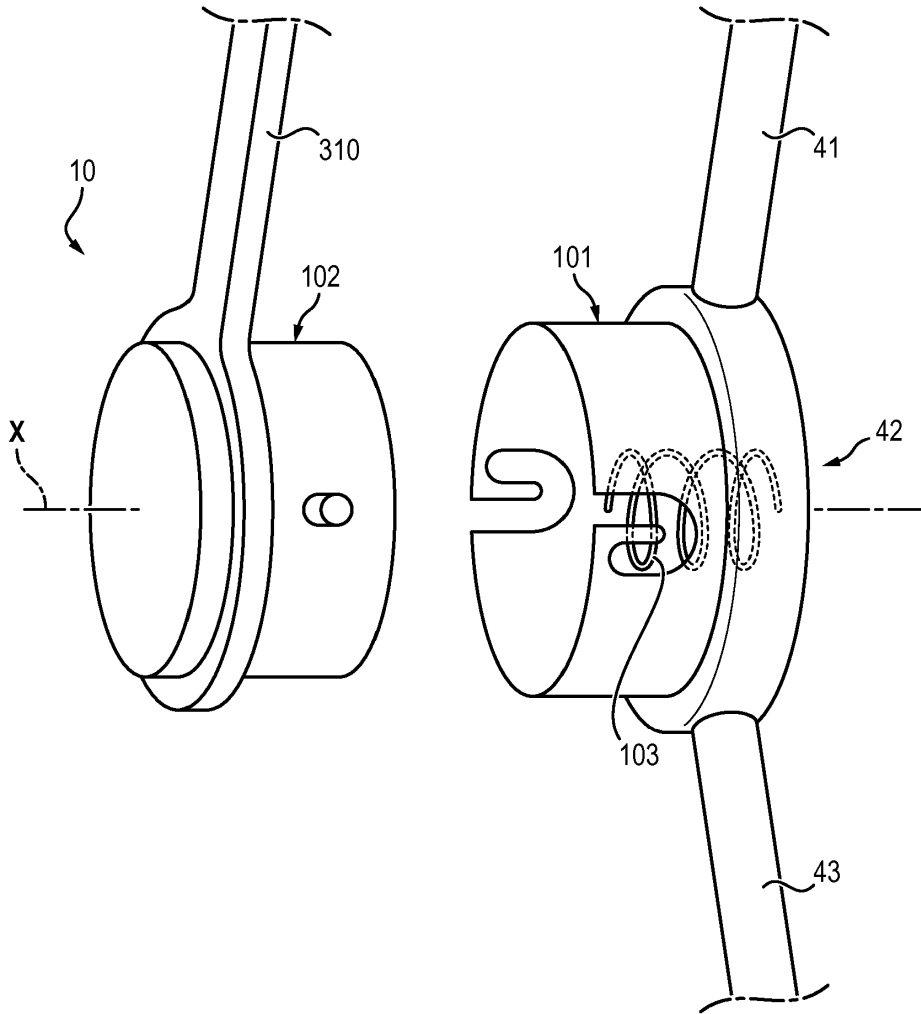


FIG. 19



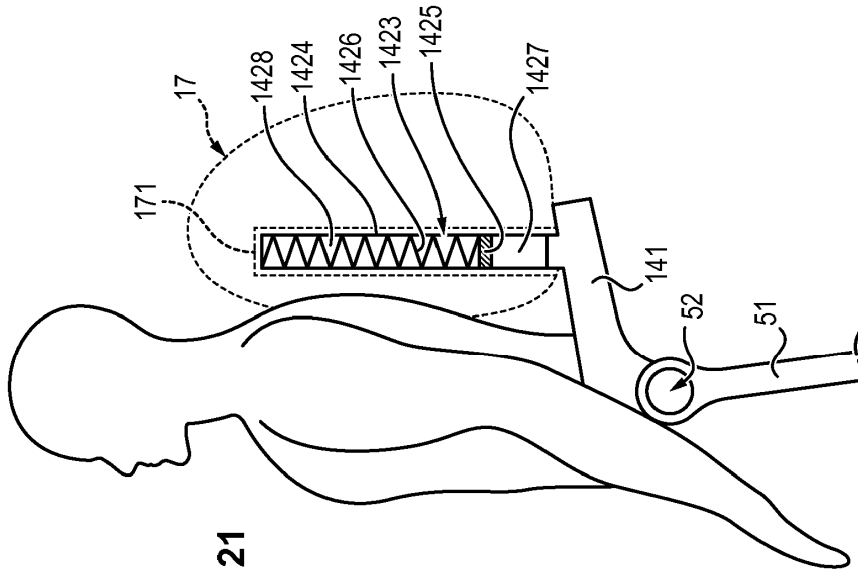


FIG. 21

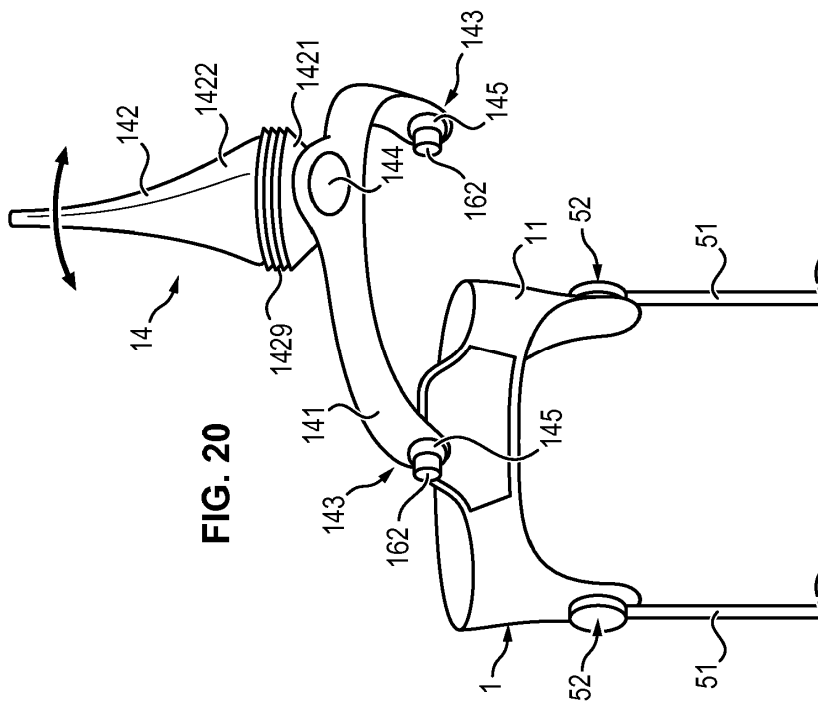


FIG. 20

FIG. 22

