

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 334**

51 Int. Cl.:

A61H 1/02 (2006.01)

A61H 3/00 (2006.01)

B25J 9/00 (2006.01)

B25J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2020** **PCT/EP2020/064944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2020** **WO20245038**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2020** **E 20729721 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3975968**

54 Título: **Dispositivo de compensación de carga, en particular de cargas gravitacionales, aplicable a exoesqueletos**

30 Prioridad:

03.06.2019 IT 201900007848

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2023

73 Titular/es:

AGADE S.R.L. (100.0%)
Via Francesco Cherubini, 6
20145 Milano, IT

72 Inventor/es:

AQUILANTE, LORENZO;
TABAGLIO, MATTIA;
RAMIREZ, DANIELE;
BRAGHIN, FRANCESCO;
PEDROCCHI, ALESSANDRA LAURA GIULIA;
GANDOLLA, MARTA y
DALLA GASPERINA, STEFANO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 955 334 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

Dispositivo de compensación de carga, en particular de cargas gravitacionales, aplicable a exoesqueletos

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo de compensación de carga, en particular para compensar cargas gravitacionales. En una aplicación preferida y no limitante, la presente invención también se refiere a un exoesqueleto relacionado.

En general, la presente invención encuentra aplicaciones no limitantes en el campo de los aparatos de manipulación y en el campo de los aparatos de actividad física y ejercicio de rehabilitación.

Técnica anterior

- 10 En los últimos años, los exoesqueletos han encontrado diversas aplicaciones, que, en su mayoría, están relacionadas con los campos biomédico e industrial.

- 15 En el campo biomédico, los exoesqueletos se diseñan para realzar las capacidades físicas y motoras del individuo, compensando además el efecto de la fuerza de la gravedad reduciendo de este modo el esfuerzo físico y el esfuerzo excesivo individual. En particular, en el campo biomédico, los exoesqueletos se usan en el campo de la recuperación y asistencia de la función motora. La recuperación se relaciona con la rehabilitación de un paciente, mientras que la "asistencia" se relaciona con el caso simple de ayuda, en donde las habilidades motoras de un usuario están irreversiblemente comprometidas.

- 20 En el campo industrial, los exoesqueletos se usan principalmente en las industrias manufactureras y de la construcción, en las que los operadores tienen que mantener posturas incómodas o tienen que mover o levantar cargas pesadas; además, los exoesqueletos también se usan como ayuda para los trabajadores del cuidado de la salud. En general, en este campo industrial, el exoesqueleto está diseñado para aliviar el esfuerzo de una o más partes del cuerpo.

- 25 En los exoesqueletos, la compensación de carga se lleva a cabo a través de diferentes tecnologías que se pueden categorizar como "pasivas" o "activas": la tecnología de compensación "pasiva" usa un conjunto de uno o más elementos elásticos, que se cargan durante el movimiento y liberan energía de deformación durante un movimiento en dirección opuesta; en su lugar, la tecnología de compensación "activa" usa un accionamiento accionado por motor, típicamente del tipo eléctrico; otros tipos de accionamientos pueden proporcionar actuadores piezoeléctricos, SMA ("Aleaciones con Memoria de Forma"), accionamientos neumáticos o polímeros electroactivos.

- 30 La tecnología de compensación pasiva tiene la ventaja de no requerir una fuente de alimentación externa, lo que permite que se obtengan exoesqueletos más ligeros y más compactos, que también están libres de una fuente de alimentación electrónica. En efecto, los sistemas de compensación pasiva normalmente consisten en cadenas cinemáticas de elementos elásticos, que soportan por deformación el peso del usuario.

- 35 No obstante, los exoesqueletos con compensación pasiva no pueden aplicar una compensación total a las cargas, para cualquier posición tomada por el usuario, pero tienen solamente un punto de equilibrio. Además, durante el movimiento de carga, el usuario tiene que producir una fuerza con el fin de cargar los elementos elásticos.

- En efecto, la tecnología de compensación activa requiere una fuente de alimentación externa, electrónica y lógica de control. Desventajosamente, los motores de accionamiento eléctrico son voluminosos, haciendo que el exoesqueleto sea más pesado y menos ergonómico que el pasivo. Además, en caso de consumos elevados de energía, el exoesqueleto no puede ser alimentado eficientemente por un sistema de batería ligero y compacto.

- 40 Por estas razones, los exoesqueletos más extendidos son del tipo de compensación pasiva tanto en el campo industrial como en el campo biomédico.

Ejemplos de sistemas de exoesqueleto y dispositivos de compensación de carga gravitacional del tipo activo se proporcionan en los documentos KR20160071661, EP3278938A1, WO2017161257 y WO2015106278, que describen soluciones que incluyen actuadores.

- 45 Ejemplos de sistemas de exoesqueleto y dispositivos de compensación de carga gravitacional de tipo pasivo se proporcionan en los documentos KR20120082221, WO2015147584, CA2952403, US20120184880, CA2544645, WO2018165399A1, EP2861387, que incluyen elementos elásticos, también del tipo ajustable, propuestos en exoesqueletos y en dispositivos que se pueden llevar puestos por un usuario.

- 50 Un ejemplo adicional de dispositivo de compensación de carga gravitacional se proporciona en el documento EP3342390A1, que se refiere a un aparato para soportar una extremidad que comprende elementos de fuerza pasiva conectados a un elemento que se puede llevar puesto y elementos activos de soporte accionados por actuadores de tracción con cable accionado por motor. No obstante, también el dispositivo conocido a partir del

documento EP3342390A1, aunque realiza una estructura híbrida entre sistemas activos y pasivos, tiene desventajas y limitaciones de aplicación.

El documento CA2544645A se refiere a un dispositivo de equilibrio de gravedad pasivo que combina el uso de paralelogramos auxiliares con resortes.

- 5 El documento US2015231018A1 se refiere a un aparato de asistencia para caminar que incluye al menos una articulación que corresponde a al menos una articulación de un usuario, al menos un enlace que conecta la articulación y se gira en respuesta a la rotación de la articulación, un resorte que está montado en el enlace o la articulación de modo que la longitud del resorte se cambie de acuerdo con la rotación del enlace o la articulación, y un procesador que controla el cambio en la longitud del resorte para compensar el peso por gravedad cuando el usuario camina.

El documento WO2018213363A1 se refiere a un arnés configurado para ser llevado puesto por un usuario, un soporte de brazo acoplado al arnés para soportar y seguir el movimiento de un brazo del usuario; y elementos de compensación acoplados al soporte de brazo para aplicar una fuerza compensada al soporte de brazo para compensar una fuerza gravitacional que actúa al menos parcialmente sobre el brazo.

- 15 El documento TW201226010A se refiere a un dispositivo de mejora de fuerza de extremidades inferiores que comprende un primer elemento de fijación, un primer conjunto de varillaje, un segundo conjunto de varillaje, un primer elemento elástico y un segundo elemento elástico.

Compendio de la invención

El objeto de la presente invención es resolver los inconvenientes de la técnica anterior.

- 20 Un objeto particular adicional de la presente invención es presentar un dispositivo que tiene consumos de energía reducidos y, de este modo, también se puede alimentar de manera eficiente con un sistema de batería portátil.

Un objeto particular adicional de la presente invención es permitir una compensación de carga variable, en particular de cargas gravitacionales, para cualquier posición tomada por el usuario.

- 25 Un objeto particular adicional de la presente invención es presentar un dispositivo que es menos voluminoso que los totalmente activos, para obtener exoesqueletos más ligeros y más ergonómicos.

Estos y otros objetos se logran mediante un dispositivo de compensación de carga y un exoesqueleto relacionado según las características de las reivindicaciones adjuntas que forman una parte integral de la presente descripción.

Una idea que subyace a la presente invención es proporcionar un dispositivo de compensación de carga que comprende:

- 30 - una articulación asistida configurada para ser restringida a una estructura de soporte;
- una varilla principal que comprende un extremo proximal conectado a la articulación asistida, y que comprende además un extremo distal configurado para ser sometido a esfuerzos por una carga aplicada;
- una varilla auxiliar que comprende un primer extremo y un segundo extremo, el primer extremo que se articula en la varilla principal para girar la varilla auxiliar con respecto a la varilla principal, y el segundo extremo que es movable en un plano en el que se encuentra la carga aplicada;
- 35 - un elemento elástico configurado para proporcionar una fuerza elástica que actúa entre el segundo extremo de la varilla auxiliar y el extremo distal de la varilla principal;
- un sistema de regulación configurado para modificar una distancia entre el segundo extremo de la varilla auxiliar y la articulación asistida, para variar una precarga del elemento elástico;
- 40 en donde el elemento elástico está configurado para proporcionar la fuerza elástica en base a una configuración cinemática del dispositivo de compensación de carga, para compensar la carga aplicada en una componente de la misma que es transversal a la varilla principal.

- En resumen, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención está diseñado con el propósito de identificar y compensar completamente, con consumos de energía y volumen mínimos, el efecto de una fuerza, por ejemplo de una fuerza gravitacional, que actúa sobre una varilla principal que representa el punto de enganche del dispositivo de compensación de carga a una estructura de un sistema en el que se inserta, por ejemplo, de un exoesqueleto o de un brazo robótico.

- 45 El dispositivo de compensación de carga de la presente invención comprende entonces una estructura mecánica dotada con sensores y lógicas de control adecuados, en donde un elemento elástico precargado proporciona la fuerza de compensación necesaria.
- 50

Ventajosamente, la presente invención permite realizar un dispositivo de compensación de carga que realiza una tecnología híbrida, diseñado para aplicar una compensación de las cargas que se adapta a los movimientos del usuario, al tiempo que garantiza una alta compacidad y consumos de energía bajos.

5 En particular, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención permite fusionar los aspectos positivos de las tecnologías pasiva y activa dentro de un único dispositivo que puede ser escalable a cualquier tipo de aparato o exoesqueleto.

El dispositivo de compensación de carga según la presente invención también se puede usar ventajosamente en diferentes campos, tales como por ejemplo la robótica industrial, los sistemas de elevación o manipulación, para desarrollar aparatos más compactos y que consuman menos energía.

10 Preferiblemente, el dispositivo de compensación de carga comprende un elemento de regulación movable, asociado con la estructura de soporte. En particular, preferiblemente, el elemento de regulación movable proporciona un sistema de varilla de regulación y actuador lineal, o un sistema de polea accionada por cable y motor.

15 Preferiblemente, el elemento elástico está, al menos indirectamente, conectado al segundo extremo de la varilla auxiliar. En particular, preferiblemente, el dispositivo de compensación de carga comprende un cable de compensación que conecta el segundo extremo de la varilla auxiliar al elemento elástico, con una polea en la proximidad del extremo distal de la varilla principal.

El dispositivo de compensación de carga, que es el objeto de la presente invención, se podría aplicar a una o más articulaciones de un exoesqueleto o un brazo robótico, haciendo la solución aplicada con múltiples grados de libertad.

20 Una idea adicional que subyace a la presente invención es, de este modo, proporcionar un exoesqueleto que comprenda uno o más dispositivos de compensación de carga.

A partir de la descripción detallada hecha de aquí en adelante, serán más evidentes características y ventajas adicionales de realizaciones preferidas no limitantes de la presente invención y de las reivindicaciones dependientes, que están esbozando realizaciones preferidas y particularmente ventajosas de la invención.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La invención se ilustra con referencia a las siguientes figuras, proporcionadas a modo de ejemplos no limitantes, en donde:

- La Figura 1 ilustra un ejemplo de una extremidad superior que sujeta un objeto sometido a una carga inducida por la fuerza gravitacional.

30 - La Figura 2 ilustra un exoesqueleto enganchado a una extremidad superior y que comprende un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

- La Figura 3 ilustra una primera realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

35 - La Figura 4a y la Figura 4b ilustran representaciones ejemplares de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

- La Figura 5 ilustra una segunda realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

- La Figura 6 ilustra una tercera realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

40 - La Figura 7 ilustra un exoesqueleto que involucra la pelvis y la columna lumbar y que comprende un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

- La Figura 8 ilustra una cuarta realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

- La Figura 9 ilustra una quinta realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

En figuras diferentes, elementos similares se identificarán mediante números de referencia similares.

45 **Descripción detallada**

En las realizaciones preferidas, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención se usa para compensar el efecto de las cargas gravitacionales en exoesqueletos o brazos robóticos. En particular, la presente invención es perteneciente a exoesqueletos aplicables a múltiples articulaciones del cuerpo humano, tales como el

hombro, la cadera en favor de la columna lumbar, la rodilla y a brazos robóticos. La presente invención se referirá a esta aplicación no limitante del dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

En esta aplicación ejemplar, la mayor parte del esfuerzo requerido para llevar a cabo un movimiento con las extremidades superiores se usa para superar el efecto gravitacional que se puede identificar con un par que actúa sobre el brazo en sí mismo. Por consiguiente, el hombro es la articulación que se somete a esfuerzos principalmente. Los exoesqueletos son dispositivos diseñados exactamente para aliviar el esfuerzo del usuario que está llevándolos puestos, multiplicando las capacidades de fuerza. En particular, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención está diseñado para ser integrado dentro de exoesqueletos, para extremidades superiores o también extremidades inferiores, en una articulación de un usuario. Se pueden llevar a cabo aplicaciones similares, por extensión, a brazos robóticos.

La Figura 1 ilustra un ejemplo de una extremidad superior 1 que sujeta un objeto 11 sometido a una carga inducida por la aceleración gravitacional "g".

La carga "g" que actúa sobre el objeto 11 llega a ser particularmente relevante para el movimiento de flexoextensión del hombro de la extremidad 1: este es el caso del movimiento "recoger y colocar" que se lleva a cabo en muchos campos industriales, tales como en el de logística de gran distribución y de fabricación.

El miembro 1 se puede esquematizar como que está compuesto por cuerpos rígidos 6 y 8, de carga 11 y de masas 7, 9, 10 y 11, respectivamente. Las varillas 6 y 8 están conectadas una con otra mediante una bisagra 5 y restringidas al terreno a través de una bisagra 3. Este sistema representa el esquema del usuario en el plano vertical. Por tanto, el par de compensación aplicado al cuerpo 6, que es necesario para compensar el efecto gravitacional que actúa sobre el sistema y que se causa por la aceleración gravitacional "g", estará en función de la posición del mismo tomada en el plano, identificada por los ángulos 2 y 4, por los valores geométricos de las varillas 6 y 8 y por las masas 7, 9, 10 y 11 correspondientes. El efecto gravitacional se puede entender de este modo como un par resultante sobre la varilla 6 causado por las fuerzas de peso que actúan sobre los baricentros de los cuerpos 7, 9, 10 y 11.

La Figura 2 ilustra un exoesqueleto 100 que engancha la extremidad superior 1 y que comprende un dispositivo de compensación de carga 201 según la presente invención.

Como ya se describió, un ejemplo no limitante de aplicación de la presente invención es la compensación de las cargas gravitacionales que actúan sobre las extremidades superiores durante el movimiento de flexoextensión del hombro, es decir, el movimiento de rotación del hombro en el plano vertical, como ya se ilustró en la Figura 1, donde la flecha 2 representa la rotación del hombro y "g" el vector de gravedad. En este caso, el exoesqueleto 100 está configurado para compensar las cargas gravitacionales a las que está sometido el hombro del usuario.

La aplicación del dispositivo de compensación de carga 201 al exoesqueleto 100 se ejemplifica para proporcionar una tecnología híbrida en el caso de exoesqueletos para extremidades superiores y para actividades de "recoger y colocar".

El dispositivo de compensación de carga 201 está conectado a una estructura de soporte 102 sobre la que se liberan las fuerzas. La fuerza de compensación se transfiere desde el dispositivo 201 a la extremidad a través de un reposabrazos 103 durante el movimiento de flexoextensión del hombro que se impone por el usuario alrededor de la bisagra 3. El cinturón 104 contiene preferiblemente los componentes electrónicos y las baterías de alimentación de todas las partes activas, mientras que la tira 105 contiene un sensor para detectar la rotación relativa entre el brazo y el antebrazo.

En general, el dispositivo de compensación de carga está asociado, en el exoesqueleto 100, con una batería para alimentar al sistema de regulación, que se describirá aún más, con una pluralidad de sensores y con al menos un procesador.

En otras realizaciones, el dispositivo de compensación de carga se podría aplicar a un robot o a un aparato de elevación o a un aparato de manipulación de carga, con una articulación asistida configurada para ser restringida a una estructura de soporte, donde hay una varilla principal, con el propósito de compensar una componente transversal de una carga aplicada a la varilla principal.

La Figura 3 ilustra una primera realización de un dispositivo de compensación de carga 301 según la presente invención.

El dispositivo de compensación de carga 301, que está configurado en particular para compensar cargas gravitacionales, comprende una articulación asistida 302, que está configurada para estar restringida a una estructura de soporte 303.

El dispositivo de compensación de carga 301 comprende además una varilla principal 304 que comprende un extremo proximal 305 conectado a la articulación asistida 302, y que comprende además un extremo distal 306 configurado para ser sometido a esfuerzos por la carga aplicada, por ejemplo, la carga 11 ya descrita.

- 5 El dispositivo de compensación de carga 301 comprende además una varilla auxiliar 307 que comprende un primer extremo 308 y un segundo extremo 309. El primer extremo 308 está articulado sobre la varilla principal 304 para girar la varilla auxiliar 307 con respecto a la varilla principal 304. El segundo extremo 309 es, en su lugar, movable en un plano sobre el que se encuentra la carga 11 aplicada, que el dispositivo de compensación de carga 301 está configurado para compensar.
- 10 En particular, la varilla auxiliar 307 está proyectándose fuera de la varilla principal 304 en una dirección opuesta a la dirección predominante de la carga 11 aplicada. En particular, en la configuración ejemplar de la Figura 3, la varilla principal 304 es horizontal y la varilla auxiliar 307 está proyectándose fuera de la varilla principal 304 en una dirección esencialmente vertical y "hacia arriba", por lo tanto en el lado opuesto de la dirección predominante de la carga 11 aplicada que es "hacia abajo".
- Preferiblemente, el primer extremo 308 de la varilla auxiliar 307 está articulado sobre la varilla principal 304 en una posición intermedia entre el extremo proximal 305 y el extremo distal 306 de la varilla principal 304.
- En particular, exactamente el extremo distal 306 de la varilla principal 304 corresponde a un tirante de un elemento estructural movable sometido a cargas variables, tal como el elemento 103 ya descrito.
- 15 En general, la longitud de las varillas 304 y 307, las distancias entre las restricciones y la configuración cinemática general del dispositivo de compensación de carga se determinan en función de los desempeños de compensación deseados y de las restricciones de energía y volumen del sistema global.
- 20 El dispositivo de compensación de carga 301 comprende además un elemento elástico 310, que está configurado para proporcionar una fuerza elástica que actúa entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y el extremo distal 306 de la varilla principal 304.
- En una realización preferida, el elemento elástico 310 comprende un resorte helicoidal de tracción o compresión. En una variante, el elemento elástico podría ser una banda hecha de caucho o de un material elástico que sea adecuado para el propósito.
- 25 Preferiblemente, el elemento elástico 310 está conectado, al menos indirectamente, al segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307.
- En una realización preferida, tal como la representada en la Figura 3, el elemento elástico 310 está conectado indirectamente al segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307, en particular, proporcionando un cable de compensación 311 que conecta directamente el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 al elemento elástico 310.
- 30 Preferiblemente, el elemento elástico 310 se desarrolla axialmente y es esencialmente paralelo a la varilla principal 304; por ello, el dispositivo de compensación de carga puede ser más compacto y es posible insertar un elemento elástico con rigidez más alta. El dispositivo de compensación de carga 301 comprende además una polea 312 en la proximidad del extremo distal 306 de la varilla principal 304, en donde el cable de compensación 311 engancha la polea 312.
- 35 En una variante, el elemento elástico 310 se podría conectar directamente al segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307, conectando directamente el extremo distal 306 al segundo extremo 309 que se interpone entre ellos, sin la necesidad de un cable de compensación, como se describirá con referencia a la Figura 9.
- 40 El dispositivo de compensación de carga 301 comprende además un sistema de regulación 313 configurado para modificar una distancia entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y la articulación asistida 302, para variar una precarga del elemento elástico 310.
- El elemento elástico 310 está configurado para proporcionar una fuerza elástica en base a una configuración cinemática tomada por el dispositivo de compensación de carga 301, para compensar la carga 11 aplicada en una componente de la misma que es transversal a la varilla principal.
- 45 En este sentido, el sistema de regulación 313 está configurado preferiblemente para minimizar una diferencia entre la componente transversal de la carga 11 a ser compensada, y una componente transversal opuesta proporcionada por la fuerza elástica del elemento elástico 310.
- 50 El principio de operación llevado a cabo por el dispositivo de compensación de carga 301 es de la siguiente manera: en cualquier posición tomada por el usuario (exoesqueleto o brazo robótico), las lógicas de control adecuadas, a través de sensores y procesadores, procesan el par/fuerza gravitacional que actúa sobre la articulación asistida 302. De este modo procesan la acción de control a ser enviada al sistema de regulación 313 de manera que este último modificará la precarga del elemento elástico 310 a través del sistema articulado de los brazos 304 y 307, de manera que la fuerza de compensación sea igual a la del efecto gravitacional.
- En particular, el dispositivo de compensación de carga 301 comprende además una pluralidad de sensores (no mostrados) configurados para medir una posición absoluta de la varilla principal 304 y además para medir u obtener

un par que somete a esfuerzos la articulación asistida 302 como resultado de la carga 11 aplicada. Además, el dispositivo de compensación de carga 301 comprende además al menos un procesador (no mostrado) conectado operativamente a la pluralidad de sensores y al sistema de regulación 313, tal procesador que está configurado para calcular la precarga del elemento elástico 310 para contrarrestar el par que somete a esfuerzos la articulación asistida.

Preferiblemente, el procesador mencionado anteriormente está configurado además para modular la fuerza elástica proporcionada por el elemento elástico 310 en función de una trayectoria dinámica que se mide por la pluralidad de sensores, con el fin de secundar un movimiento que se desea por el usuario del exoesqueleto o se requiere por la programación del robot.

Se proporciona un ejemplo de un proceso de regulación que se puede llevar a cabo en cualquier posición tomada por el usuario en el plano vertical, tal como la implementada por las lógicas de control y por los sensores para gestionar los ciclos de trabajo del dispositivo de compensación de carga 301.

Un único ciclo de trabajo ejemplar se puede resumir mediante el siguiente flujo de operación:

- Los sensores proporcionan mediciones de posición y las envían a las lógicas de control.

- Las lógicas de control calculan la posición tomada por el usuario y la acción gravitacional correspondiente que actúa sobre la misma, expresada como un par con respecto a la articulación asistida de referencia 302. Además, preferiblemente, el sistema de control procesa la dinámica del movimiento y el tipo de trayectoria llevada a cabo.

- Un procesador calcula una deformación que tiene que ser aplicada al elemento elástico 310 con el fin de obtener un par que contrarreste la acción gravitacional.

- Un procesador procesa la acción de control a ser enviada al sistema de regulación 313 que permite que la deformación deseada del elemento elástico 310 se obtenga resolviendo la cinemática del sistema articulado que consiste en las varillas 304 y 307.

Preferiblemente, tal control está diseñado para modular la fuerza de actuación en función de la trayectoria y la dinámica impuesta por el usuario mientras que lleva a cabo una actividad, para secundar la intención del usuario en una aplicación a un exoesqueleto 100.

Como ya se describió, el sistema de regulación 313 está configurado para modificar una distancia entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y la articulación asistida 302, para variar una precarga del elemento elástico 310. En general, el sistema de regulación 313 está configurado además para variar un ángulo relativo entre la varilla principal 304 y la varilla auxiliar 307.

Con este propósito, el sistema de regulación 313 comprende un elemento de regulación movable 314 asociado con la estructura de soporte 303.

Preferiblemente, el sistema de regulación 313 comprende además una varilla de regulación 320 que conecta el elemento de regulación movable 314 al segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307. Preferiblemente, el elemento de regulación movable 314 comprende un actuador lineal 321 sobre el que se articula la varilla de regulación 320.

Preferiblemente, el actuador lineal 321 es movable a lo largo de un elemento de rampa 322 que está restringido a la estructura de soporte 303.

La Figura 4a y la Figura 4b ilustran los desempeños ejemplares de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

En particular, la Figura 4a ilustra una comparación entre los pares en la articulación que se requieren del usuario en función del ángulo de rotación de la varilla principal 304 alrededor de la articulación asistida, sin el dispositivo de la presente invención (línea 400) y con el dispositivo de compensación de carga 301 (línea 401).

Se puede observar que el esfuerzo requerido del usuario es casi completamente nulo en caso de usar el dispositivo (línea 401, para cualquier valor del ángulo).

En particular, la Figura 4b ilustra una situación diferente, en donde se supone que el exoesqueleto 100 está equipado con un motor que controla la rotación de la articulación asistida 302 en lugar del usuario, suministrando un par, sin el dispositivo de la presente invención (línea 402) y con el dispositivo de compensación de carga 301 (línea 403).

Se puede observar cómo la potencia total (calculada suponiendo que la velocidad angular es constante) en el caso del exoesqueleto 100, que está dotado con el dispositivo de compensación de carga de la presente invención (línea 403), es casi nula a lo largo de todo el campo de trabajo, en comparación con la potencia en caso de exoesqueleto activo con motor pero sin el dispositivo de la presente invención (línea 402).

Los desempeños ejemplificados demuestran que el dispositivo de compensación de carga de la presente invención es capaz de compensar casi por completo el efecto gravitacional, en todo el campo de trabajo, con consumos de energía mínimos.

- 5 Por esta razón, el dispositivo de compensación de carga de la presente invención permite que un motor más ligero y que consume menos energía se use, en favor de un sistema global más ligero y más eficiente.

La Figura 5 ilustra una segunda realización de un dispositivo de compensación de carga 501 según la presente invención.

El dispositivo de compensación de carga 501 comprende esencialmente los elementos ya descritos en relación con la realización 301 presentada con referencia a la Figura 3.

- 10 En comparación con la realización 301 ya descrita, el dispositivo de compensación de carga 501 proporciona diferentes geometrías generales que implican características cinemáticas ligeramente diferentes que permiten una compensación de carga adecuada para un uso específico.

- 15 Además, en comparación con la realización 301 ya descrita, el dispositivo de compensación de carga 501 proporciona un actuador lineal 321 que está moviéndose en un elemento de rampa 522 diferente, que tiene una pendiente diferente y no está conectado directamente a la articulación asistida 302, sino que en cualquier caso está conectado a la estructura de soporte 303.

- 20 En otras palabras, el dispositivo de compensación de carga 501 proporciona un sistema de regulación 313 que siempre comprende un elemento de regulación movable 314 asociado con la estructura de soporte 303, y en donde el actuador lineal 321 es movable a lo largo de un elemento de rampa 522 diferente restringido a la estructura de soporte, en donde el elemento de rampa 522 tiene una pendiente determinada en base a diferentes características cinemáticas deseadas para el dispositivo de compensación de carga 501.

La Figura 6 ilustra una tercera realización de un dispositivo de compensación de carga 601 según la presente invención.

- 25 El dispositivo de compensación de carga 601 comprende esencialmente los elementos ya descritos en relación con la realización 301 presentada con referencia a la Figura 3.

Por lo tanto, el dispositivo de compensación de carga 601 emplea el mismo principio operativo descrito en relación con las realizaciones 301 y 501 anteriores, pero usa un sistema de regulación 613 diferente dentro de la estructura mecánica híbrida.

- 30 En particular, el sistema de regulación 613 comprende además un cable 620 que conecta el elemento de regulación movable 614 al segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307.

- 35 En esta realización del sistema de regulación 613, el elemento de regulación movable 614 comprende una polea accionada por motor 621 sobre la que el cable 620 está adaptado para enrollarse o desenrollarse. Por ello, el sistema de regulación 613 está configurado para modificar una distancia entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y la articulación asistida 302, para variar una precarga del elemento elástico 310. En general, el sistema de regulación 613 está configurado además para variar un ángulo relativo entre la varilla principal 304 y la varilla auxiliar 307.

Preferiblemente, la polea accionada por motor 621 está en una posición fija con respecto a la articulación asistida 302, y una segunda distancia entre la polea accionada por motor 621 y la articulación asistida 302 se determina en base a las características cinemáticas deseadas del dispositivo de compensación de carga 601.

- 40 En otras palabras, en esta realización del sistema de regulación 613, el actuador lineal 321 se sustituye por un actuador giratorio o motor 621, mientras que la varilla de regulación 320 se sustituye por un cable 620 que enrolla la polea accionada por motor 621 hacia arriba.

La Figura 7 ilustra un exoesqueleto 700 que engancha la pelvis y la columna lumbar y que comprende un dispositivo de compensación de carga 701 según la presente invención.

- 45 En esta realización del dispositivo de compensación de carga 701, se aplica a exoesqueletos para columna lumbar.

- 50 El dispositivo de compensación de carga 701 está conectado a una estructura de soporte 702 sobre la que se liberan las fuerzas. La fuerza de compensación se transfiere desde el dispositivo 701 a la extremidad a través de un elemento 704, durante el movimiento de la pierna impuesto por el usuario alrededor de la bisagra 3. El elemento 704 en sí mismo contiene preferiblemente los componentes electrónicos y las baterías de alimentación de todas las partes activas, mientras que hay sensores para detectar la rotación relativa entre 703 y 704.

En general, el dispositivo de compensación de carga está asociado, en el exoesqueleto, a una batería para alimentar el sistema de regulación, una pluralidad de sensores y al menos un procesador.

La Figura 8 ilustra una cuarta realización de un dispositivo de compensación de carga según la presente invención.

El dispositivo de compensación de carga 701 se aplica al exoesqueleto 700 con el fin de aliviar el esfuerzo en el área de la columna lumbar. En este caso, la articulación asistida 302 es la de la pelvis. La estructura de soporte, en la que agarra el dispositivo de compensación de carga 701, se compone de dos partes, una que agarra en la parte superior de la pierna y una que agarra en la pelvis.

El dispositivo de compensación de carga 701 sigue la misma implementación del dispositivo de compensación de carga 501 ya descrito.

La Figura 9 ilustra una quinta realización de un dispositivo de compensación de carga 901 según la presente invención.

El dispositivo de compensación de carga 901 comprende algunos de los elementos ya descritos en relación con las realizaciones 301 y 501 presentadas con referencia a la Figura 3 y la Figura 5.

En particular, el dispositivo de compensación de carga 901 comprende una articulación asistida 302 configurada para estar restringida a una estructura de soporte 303.

El dispositivo de compensación de carga 901 comprende además una varilla principal 304, que comprende un extremo proximal 305, conectado a la articulación asistida 302, y un extremo distal 306 configurado para ser sometido a esfuerzos por la carga 11 aplicada.

El dispositivo de compensación de carga 901 comprende además una varilla auxiliar 307 que comprende un primer extremo 308 y un segundo extremo 309. El primer extremo 308 está articulado sobre la varilla principal 304 para girar la varilla auxiliar 307 con respecto a la varilla principal 304. El segundo extremo 309 es movable en un plano sobre el que se encuentra la carga 11 aplicada.

El dispositivo de compensación de carga 901 comprende además un elemento elástico 910 configurado para proporcionar una fuerza elástica que actúa entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y el extremo distal 306 de la varilla principal 304.

En particular, el elemento elástico 910 es un resorte de tensión que conecta directamente el segundo extremo 309 con el extremo distal 306. En una realización preferida, el elemento elástico 910 comprende un resorte helicoidal, pero también podría ser una banda hecha de caucho o de un material elástico que sea adecuado para el propósito.

En una variante, el resorte de tensión podría conectar las partes exteriores de las varillas 304 y 309, sin conectar directamente sus extremos.

El dispositivo de compensación de carga 901 comprende además un sistema de regulación 313 configurado para modificar una distancia entre el segundo extremo 309 de la varilla auxiliar 307 y la articulación asistida 302, para variar una precarga del elemento elástico 910.

El sistema de regulación 313 corresponde preferiblemente a la realización ya descrita con referencia a la Figura 5, con un actuador lineal 321 que está moviéndose sobre un elemento de rampa 522.

En general, el elemento elástico 910 está configurado para proporcionar la fuerza elástica en base a una configuración cinemática del dispositivo de compensación de carga 901, que está determinada por la posición de la varilla principal 304 y la varilla auxiliar 307, y por la precarga del elemento elástico 910.

En eso, el dispositivo de compensación de carga 901 es capaz de compensar la carga 11 aplicada en una componente de la misma que es transversal a la varilla principal 304.

Aplicabilidad industrial

La presente invención permite que las cargas sean compensadas eficazmente, en particular las cargas gravitacionales.

El dispositivo de compensación de carga según la presente invención se puede integrar dentro de exoesqueletos que están diseñados particularmente para aplicaciones industriales en las que un usuario tiene que llevar a cabo operaciones extenuantes manuales o, en general, de desgaste corporal, y para aplicaciones biomédicas tanto de rehabilitación como de asistencia.

En este sentido, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención, que está integrado en un exoesqueleto, permite una reducción de carga en diferentes articulaciones, tales como hombro, columna lumbar, rodilla, cadera, etc.

Además, el dispositivo de compensación de carga según la presente invención también se puede integrar en brazos robóticos.

Considerando la descripción reportada en la presente memoria, los expertos en la técnica serán capaces de concebir modificaciones y variaciones adicionales, con el fin de cumplir necesidades contingentes y específicas.

Por lo tanto, las realizaciones descritas en la presente memoria se han de considerar como ejemplos ilustrativos y no limitantes de la invención, la cual se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de compensación de carga (201, 301, 501, 601, 701, 901) que comprende:

- una articulación asistida (3; 302) configurada para estar restringida a una estructura de soporte (102, 104; 303; 702, 704);

5 - una varilla principal (304) que comprende un extremo proximal (305) conectado a dicha articulación asistida (3; 302), y que comprende además un extremo distal (306) configurado para ser sometido a esfuerzos por una carga aplicada (11);

10 - una varilla auxiliar (307) que comprende un primer extremo (308) y un segundo extremo (309), dicho primer extremo (308) que está articulado sobre dicha varilla principal (304) para girar dicha varilla auxiliar (307) con respecto a dicha varilla principal (304), dicho segundo extremo (309) que es movable en un plano sobre el que se encuentra dicha carga aplicada (11);

- un elemento elástico (310, 910) configurado para proporcionar una fuerza elástica que actúa entre dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307) y dicho extremo distal (306) de dicha varilla principal (304);

caracterizado por que comprende además:

15 - un sistema de regulación (313; 613) configurado para modificar una distancia entre dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307) y dicha articulación asistida (3; 302), para variar una precarga de dicho elemento elástico (310, 910);

20 en donde dicho elemento elástico (310, 910) está configurado para proporcionar dicha fuerza elástica en base a una configuración cinemática de dicho dispositivo de compensación de carga (201, 301, 501, 601, 701, 901), para compensar dicha carga aplicada (11) en una componente de la misma que es transversal a dicha varilla principal (304).

2. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 1, en donde dicho sistema de regulación (313; 613) comprende un elemento de regulación movable (314; 614) asociado con dicha estructura de soporte (303).

25 3. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 2, en donde dicho sistema de regulación (313) comprende además una varilla de regulación (320) que conecta dicho elemento de regulación movable (314) a dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307), y en donde dicho elemento de regulación movable (314) comprende un actuador lineal (321) sobre el que se articula dicha varilla de regulación (320).

30 4. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 3, en donde dicho actuador lineal (321) es movable a lo largo de un elemento de rampa (322; 522) que está restringido a dicha estructura de soporte (303), dicho elemento de rampa (322; 522) que tiene una pendiente determinada en base a las características cinemáticas deseadas de dicho dispositivo de compensación de carga (201, 301, 501, 601, 701, 901).

35 5. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 2, en donde dicho sistema de regulación (613) comprende además un cable (620), que conecta dicho elemento de regulación movable (614) a dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307), y en donde dicho elemento de regulación movable (614) comprende una polea accionada por motor (621) sobre la que dicho cable (620) está adaptado para enrollarse o desenrollarse.

6. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 5, en donde dicha polea accionada por motor (621) está en una posición fija con respecto a dicha articulación asistida (302), y en donde una segunda distancia entre dicha polea accionada por motor (621) y dicha articulación asistida (302) se determina en base a las características cinemáticas deseadas de dicho dispositivo de compensación de carga (201, 301, 501, 601, 701, 901).

40 7. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dicho sistema de regulación (313; 613) está configurado además para variar un ángulo relativo entre dicha varilla principal (304) y dicha varilla auxiliar (307).

45 8. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde dicho sistema de regulación (313; 613) está configurado además para minimizar una diferencia entre dicha componente transversal de dicha carga aplicada (11) y una componente transversal opuesta proporcionada por dicha fuerza elástica.

50 9. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una pluralidad de sensores configurados para medir una posición absoluta de dicha varilla principal (304) y además para medir un par que somete a esfuerzos dicha articulación asistida (3; 302) como resultado de dicha carga aplicada (11), y que comprende además al menos un procesador conectado operativamente a dicha pluralidad de sensores y a dicho sistema de regulación (313; 613), configurado para calcular dicha precarga con el fin de contrarrestar dicho par que somete a esfuerzos dicha articulación asistida (3; 302).

10. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicho elemento elástico (310, 910) está conectado al menos indirectamente a dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307).
- 5 11. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además un cable de compensación (311), dicho cable de compensación (311) que conecta dicho segundo extremo (309) de dicha varilla auxiliar (307) a dicho elemento elástico (310).
- 10 12. Dispositivo de compensación de carga según la reivindicación 11, en donde dicho el elemento elástico (310) se desarrolla axialmente y es esencialmente paralelo a dicha varilla principal (304), dicho dispositivo de compensación de carga (301, 501, 601, 701, 901) que comprende además una polea (312) en la proximidad de dicho extremo distal (306) de dicha varilla principal (304), dicho cable de compensación (311) que engancha dicha polea (312).
13. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde dicha varilla auxiliar (307) está proyectándose fuera de dicha varilla principal (304) en una dirección opuesta a una dirección predominante de dicha carga aplicada (11).
- 15 14. Dispositivo de compensación de carga según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde dicho extremo distal (306) de dicha varilla principal (304) corresponde a un tirante de un elemento estructural movable (130; 703) sometido a cargas variables.
15. Exoesqueleto (100; 700) que comprende al menos un dispositivo de compensación de carga (201, 301, 501, 601, 701, 901) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

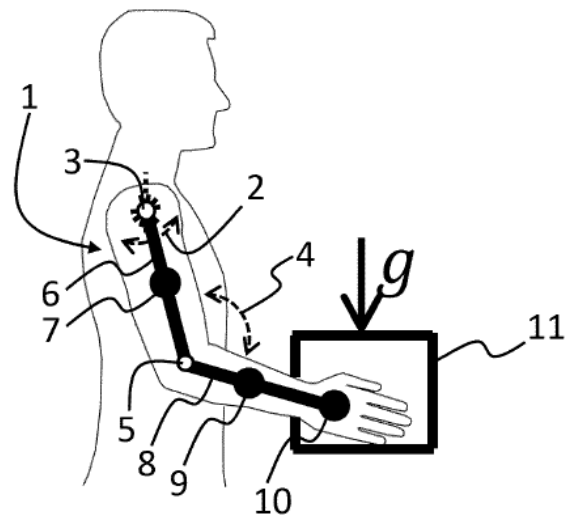


FIG. 1

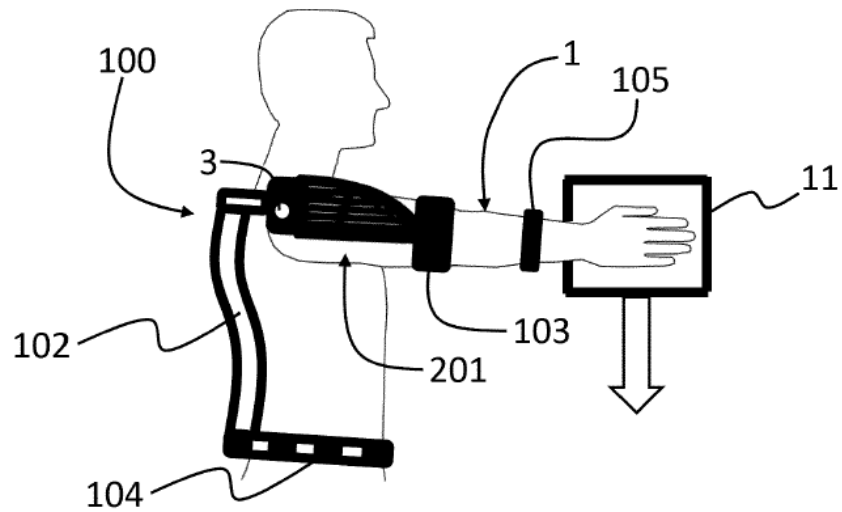


FIG. 2

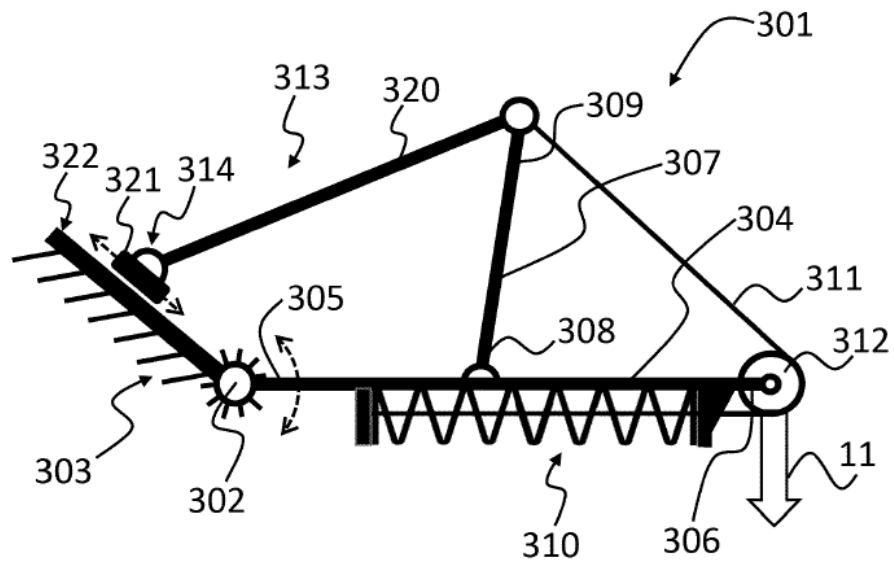


FIG. 3

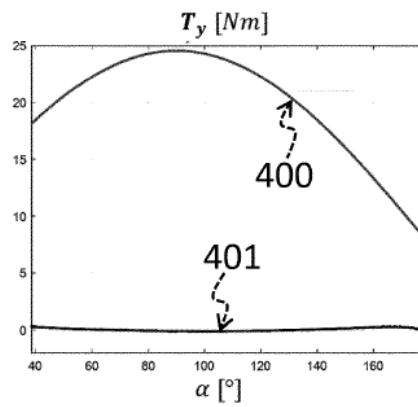


FIG. 4a

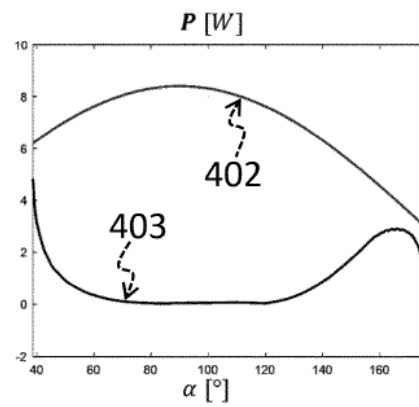


FIG. 4b

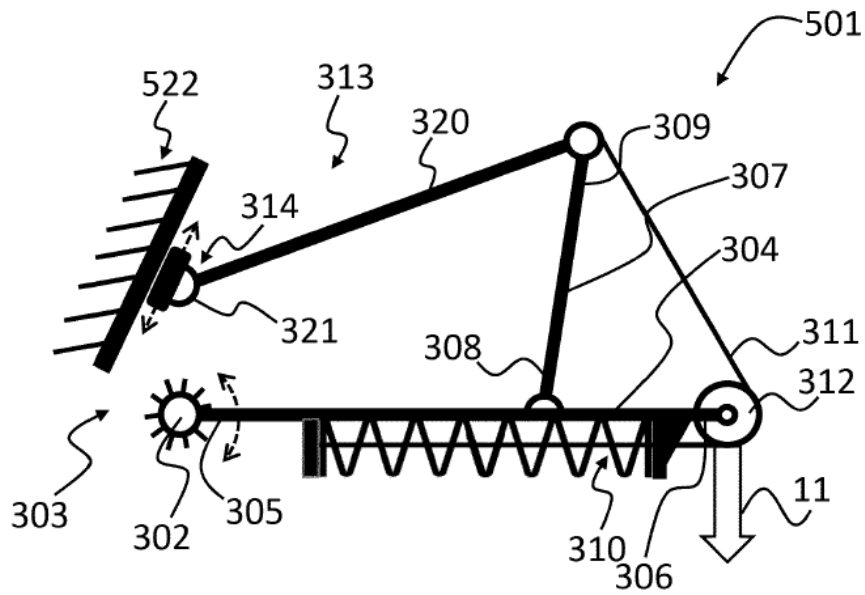


FIG. 5

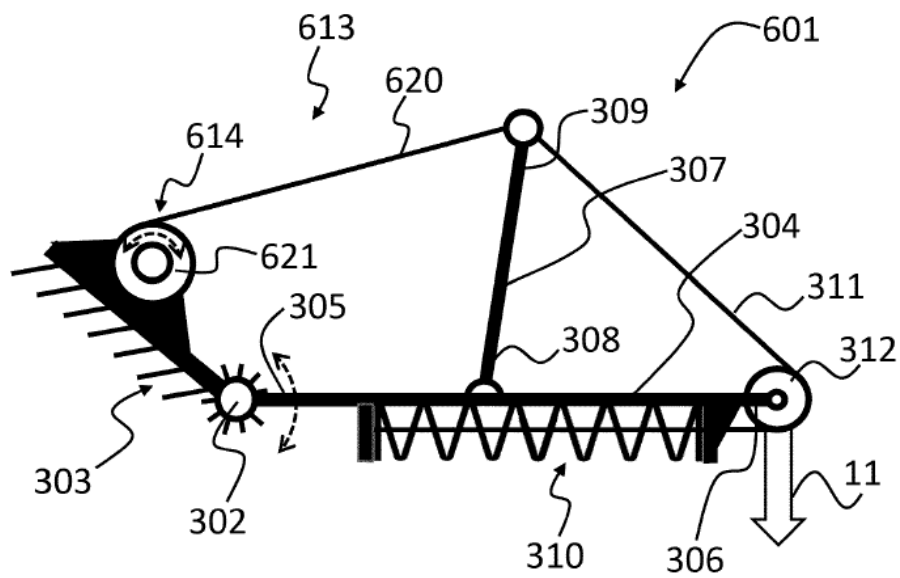


FIG. 6

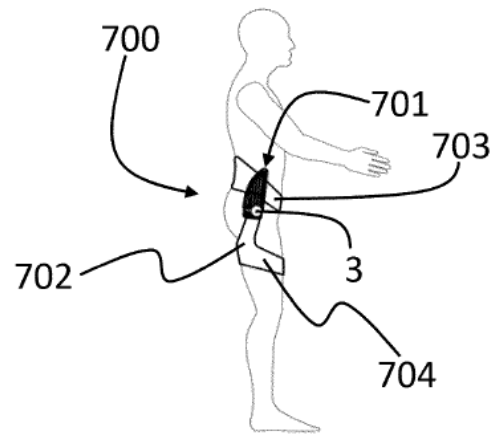


FIG. 7

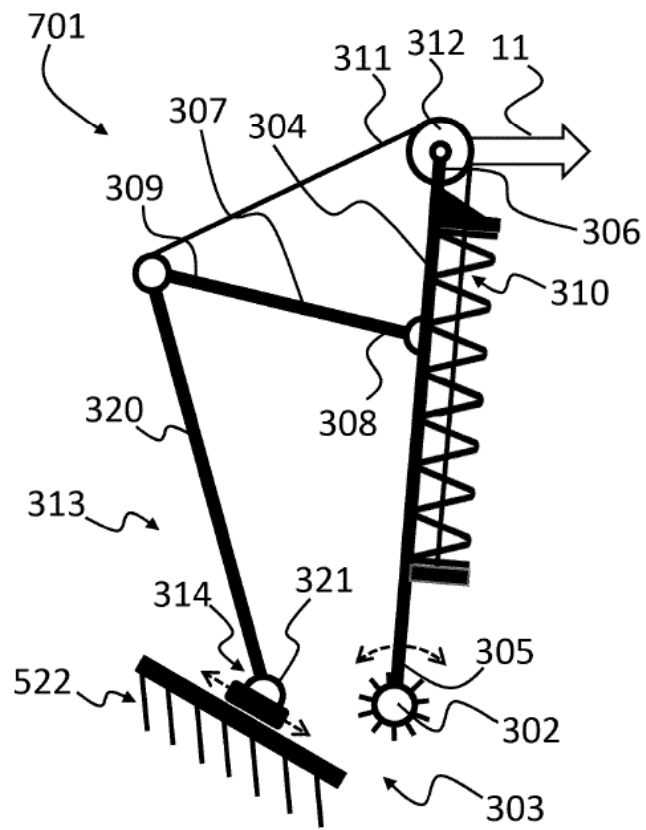


FIG. 8

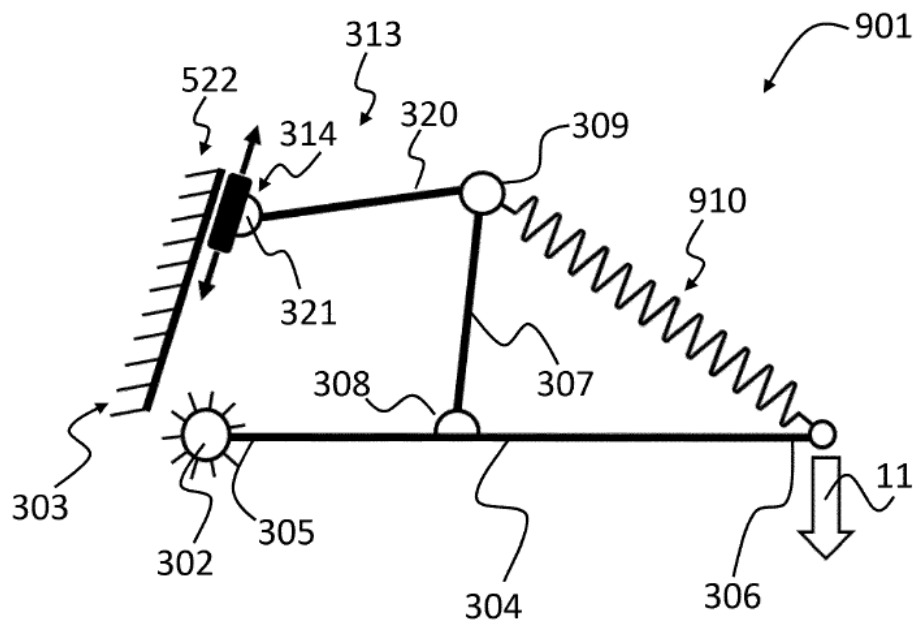


FIG. 9