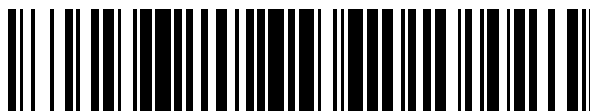


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 989**

51 Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)

A61H 1/02 (2006.01)

B25J 9/10 (2006.01)

B25J 9/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2016** **E 16205837 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 3189945**

54 Título: **Exoesqueleto y método para proporcionar un par de asistencia a un brazo de un usuario**

30 Prioridad:

22.12.2015 US 201562270996 P

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

23.11.2018

73 Titular/es:

**EKSO BIONICS, INC. (100.0%)
1414 Harbour Way South Suite 1201
Richmond, CA 94804, US**

72 Inventor/es:

**ANGOLD, RUSS;
LUBIN, JAMES;
SOLANO, MARIO;
PARETICH, CHRIS y
MASTALER, TOM**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 690 989 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

Exoesqueleto y método para proporcionar un par de asistencia a un brazo de un usuario

5 Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a dispositivos que aumentan la capacidad, el vigor y la resistencia de un usuario cuando trabaja con los brazos extendidos en una posición estática. Los dispositivos ofrecen también la misma utilidad a usuarios que están realizando movimientos repetidos de brazo y hombro durante la realización de un trabajo. Los dispositivos aumentan el rendimiento y ayudan en la prevención de lesiones durante la ejecución de ciertas tareas, a menudo repetitivas. Más particularmente, la presente invención se refiere a dispositivos que pueden llevarse puestos, con soportes para brazo adecuados para su uso por una persona que trabaja en una línea de montaje u otras actividades que requieren que la persona use sus brazos para sostener herramientas y realizar tareas manuales durante largos periodos de tiempo. Tal trabajo puede implicar que la persona sostenga herramientas con sus brazos en posiciones y ángulos que aumentan la fatiga de la persona. Asimismo, tal trabajo puede requerir que la persona use herramientas y mantenga sus brazos al o por encima del nivel de los ojos durante largos periodos de tiempo. Los dispositivos potencian la funcionalidad de torso y brazo, incluyendo, aunque sin limitación, una mayor resistencia y aguante en los brazos del usuario, permitiendo periodos más largos de actividad laboral sostenida y una postura mejorada.

Antecedentes de la invención

25 Se han diseñado exoesqueletos que pueden llevarse puestos para aplicaciones médicas, comerciales y militares. Los exoesqueletos médicos generalmente están diseñados para ayudar a restablecer la movilidad de un paciente. Los exoesqueletos comerciales y militares generalmente se usan para reducir las cargas soportadas por trabajadores o soldados durante actividades arduas, evitando de esta manera lesiones, y aumentando el vigor y resistencia de estos trabajadores o soldados.

30 En el documento US2015316204 se describe un exoesqueleto de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, describiéndose implementaciones adicionales en los documentos WO2010101595 o WO2006078871.

35 La fatiga y tensión sobre el cuerpo de una persona, como resultado de realizar un trabajo que requiere que el brazo de la persona alcance o mantenga una postura estática, están documentadas en la medicina ocupacional. Mantener una postura estática supone cargas estáticas muy altas sobre el cuerpo, dando como resultado una rápida fatiga. Las posturas estáticas se añaden al esfuerzo muscular requerido para la realización de tareas, y la ausencia de movimiento impide el flujo sanguíneo. Similarmente, el uso excesivo de músculos y tendones en la parte superior del cuerpo, incluyendo, aunque sin limitación manos, brazos, hombros, espalda y cuello, puede dar como resultado fatiga y lesiones por esfuerzo repetitivo (RSI). Las RSI afectan al sistema musculoesquelético y nervioso. Por consiguiente, hay una necesidad en la técnica de un exoesqueleto que reduzca o prevenga la fatiga y tensión causada por tales actividades, aumentando de esta manera el rendimiento de un usuario y evitando lesiones. En particular, existe una necesidad de un exoesqueleto que ayude al usuario soportando directamente el peso de los brazos del usuario y diversas herramientas, aumentando la resistencia y el vigor del usuario durante la realización de las tareas. Existe por tanto una necesidad de posibilitar a un usuario usar herramientas de modos tales y durante duraciones de tiempo tales que no serían posibles sin un exoesqueleto.

Sumario de la invención

50 Los exoesqueletos de la presente invención actúan para mejorar el vigor de un usuario transfiriendo el peso de los brazos del usuario, así como el de una herramienta o carga, a través de la estructura del exoesqueleto, disminuyendo de esta manera el peso soportado por el usuario. Más específicamente, un exoesqueleto de tipo chaleco proporciona soportes para brazo que soportan tanto el peso de los brazos físicos del usuario como el peso de una herramienta, reduciendo la fatiga del usuario y proporcionando asistencia para sostener la herramienta. El peso se transfiere de las manos y brazos del usuario a través de los soportes para brazo y columna vertebral del chaleco a un cinturón para cadera. El usuario guía el movimiento vertical de los soportes para brazo para mover los soportes para brazo y cualquier herramienta sostenida, ayudando el exoesqueleto al usuario soportando el peso de los brazos del usuario y las herramientas. Este soporte es especialmente beneficioso cuando el usuario está realizando un trabajo al o por encima del nivel de los ojos, o realizando tareas repetitivas durante periodos de tiempo prolongados. El diseño de la estructura del exoesqueleto de tipo chaleco, y en particular la estructura de los soportes para brazo desempeña un papel significativo en la utilidad del exoesqueleto para el usuario en aplicaciones en el lugar de trabajo.

65 El exoesqueleto de tipo chaleco soporta y/o aumenta la resistencia de los brazos de un usuario, permitiendo que el usuario manipule más fácilmente y use sus brazos para realizar cualquiera de la diversidad de tareas de trabajo repetitivas, sin el esfuerzo y fatiga que estarían presentes sin la estructura de soporte del exoesqueleto de tipo

chaleco. Los soportes para brazo del exoesqueleto de tipo chaleco siguen a los brazos del usuario y proporcionan un par de asistencia que equilibra aproximadamente el peso de los brazos del usuario y cualquier herramienta sostenida por el usuario. De acuerdo con un aspecto de la invención, el par de asistencia es cero cuando los brazos del usuario se bajan al final de su desplazamiento, posibilitando de esta manera que el usuario ponga el dispositivo en un modo de no asistencia, de manera que pueda sacar sus brazos de los soportes para brazo sin que el dispositivo retroceda o haga otro movimiento. En otro aspecto, el exoesqueleto de tipo chaleco es ajustable para el tamaño del cuerpo y consideraciones ergonómicas personales. Esta ajustabilidad significa que el dispositivo de talla única se adapta a la mayoría de las personas. En una realización alternativa, más que proporcionarlos como parte de un exoesqueleto de tipo chaleco, los soportes para brazo están fijados a un objeto físico, tal como una silla o una mesa. En este tipo de disposición, los soportes para brazo aún soportan los brazos de una persona y proporcionan la eficacia correspondiente que ofrecen a un usuario de un exoesqueleto de tipo chaleco.

En particular, la presente invención se refiere a un exoesqueleto que incluye un primer eslabón configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un primer eje vertical y un segundo eslabón configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un segundo eje vertical. El segundo eslabón está acoplado al primer eslabón. Un conjunto de soporte para brazo está acoplado al segundo eslabón y está configurado para pivotar alrededor de un eje horizontal. El conjunto de soporte para brazo incluye un resorte configurado para generar un par de asistencia que contrarresta la gravedad. El conjunto de soporte para brazo está configurado para proporcionar el par de asistencia a un brazo de un usuario para soportar el brazo del usuario. El conjunto de soporte para brazo incluye, además, un perfil de leva y un seguidor de leva. El conjunto de soporte para brazo está configurado de modo que el contacto entre el resorte, el seguidor de leva y el perfil de leva determina una cantidad de fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo. Se acopla un puño al conjunto de soporte para brazo y se configura para acoplarlo al brazo del usuario. Específicamente, el puño se configura para que se acople al brazo del usuario entre un codo y un hombro del brazo.

En una realización, el perfil de leva está configurado de modo que la fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo varía dependiendo de una posición de pivote del conjunto de soporte para brazo con respecto al eje horizontal. Preferentemente, el resorte es un resorte de gas.

En otra realización, el exoesqueleto incluye además un soporte para torso configurado para acoplarse al torso de un usuario y una columna vertebral configurada para transferir el peso del brazo del usuario al soporte para torso. El primer y segundo eslabones conectan el conjunto de soporte para brazo a la columna vertebral, permitiendo de esta manera que el conjunto de soporte para brazo se mueva con respecto a la columna vertebral. El conjunto de soporte para brazo está configurado para pivotar alrededor del eje horizontal en un plano sagital, un plano coronario, o un plano intermedio a los planos sagital y coronario.

En otra realización más, el exoesqueleto incluye además una barra de montaje, un tercer eslabón y un riel de retención. La barra de montaje está acoplada directamente a la columna vertebral. El primer eslabón incluye un primer extremo acoplado directamente a la barra de montaje y un segundo extremo acoplado directamente a un primer extremo del segundo eslabón. El segundo eslabón incluye un segundo extremo acoplado directamente a un primer extremo del tercer eslabón, y el tercer eslabón incluye un segundo extremo acoplado directamente al conjunto de soporte para brazo. El riel de retención está acoplado directamente al conjunto de soporte para brazo y el puño. La barra de montaje está configurada para permitir que el primer eslabón se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto a la columna vertebral, posibilitando de esta manera que el exoesqueleto se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios. El riel de retención está configurado para permitir que el puño se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto al conjunto de soporte para brazo, posibilitando de esta manera adicionalmente que el exoesqueleto se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios. El tercer eslabón está configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un tercer eje vertical, permitiendo de esta manera adicionalmente que el conjunto de soporte para brazo se mueva con respecto a la columna vertebral. El primer eslabón pivota con respecto a la barra de montaje alrededor del primer eje vertical. El primer y segundo eslabones pivotan uno con respecto al otro alrededor del segundo eje vertical. El segundo y tercer eslabones pivotan uno con respecto al otro alrededor del tercer eje vertical. El tercer eslabón y el conjunto de soporte para brazo pivotan uno con respecto al otro alrededor del eje horizontal.

En una realización adicional más, el exoesqueleto incluye una barra de montaje. El conjunto de soporte para brazo, el primer eslabón, el segundo eslabón y el puño forman al menos una porción de un brazo de soporte. La barra de montaje conecta el brazo de soporte a la columna vertebral. La barra de montaje está configurada para permitir que el brazo de soporte se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto a la columna vertebral, posibilitando de esta manera que el exoesqueleto se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios. El exoesqueleto incluye también un riel de retención. El riel de retención conecta el puño al conjunto de soporte para brazo. El riel de retención está configurado para permitir que el puño se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto al conjunto de soporte para brazo, posibilitando de esta manera adicionalmente que el exoesqueleto se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios.

En una realización preferida, el conjunto de soporte para brazo, el primer eslabón, el segundo eslabón y el puño forman al menos una porción de un brazo de soporte. El brazo de soporte no pasa por encima de la parte superior

de un hombro del usuario cuando está conectado a la columna vertebral. Asimismo, el exoesqueleto no incluye un sistema de control electrónico configurado para controlar una cantidad de fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo. El exoesqueleto no incluye un sensor configurado para detectar una posición de pivote del conjunto de soporte del brazo con respecto al eje horizontal. El exoesqueleto no incluye un accionador activado de forma eléctrica, hidráulica o neumática configurado para generar el par de asistencia. Adicionalmente, con respecto a la columna vertebral, el primer y segundo eslabones solo se mueven en el plano transversal.

Objetos, características y ventajas adicionales de la invención resultarán evidentes más rápidamente a partir de la siguiente descripción detallada de la invención, cuando esta se toma junto con los dibujos, en donde los números de referencia similares se refieren a partes correspondientes en las diversas vistas.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1A es una vista frontal de un exoesqueleto de acuerdo con la presente invención;
 la Figura 1B es una vista trasera del exoesqueleto;
 la Figura 2 es una vista en perspectiva de una barra de montaje y los soportes para brazo del exoesqueleto;
 la Figura 3 es una vista en perspectiva de la barra de montaje y uno de los soportes para brazo que muestra los ejes de rotación;
 la Figura 4A es una vista en perspectiva de una porción de un conjunto de soporte para brazo del exoesqueleto;
 la Figura 4B es una sección transversal de la porción del conjunto de soporte para brazo mostrado en la Figura 4A;
 la Figura 5 es una vista en perspectiva de un riel de retención y un brazaletes del exoesqueleto;
 la Figura 6A es una vista en perspectiva del exoesqueleto y un usuario; y
 la Figura 6B es otra vista en perspectiva del exoesqueleto y el usuario.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se divulgan en el presente documento realizaciones detalladas de la presente invención. Sin embargo, debe entenderse que las realizaciones divulgadas son meramente ejemplares de la invención, que puede encarnarse en formas diversas y alternativas. Las figuras no están necesariamente a escala y algunas características pueden haberse exagerado o minimizado para mostrar detalles de componentes particulares. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento no deben interpretarse como limitativos, sino simplemente como una base representativa para dar a conocer a un experto en la materia cómo emplear la presente invención.

Haciendo referencia inicial a las Figuras 1A y 1B, se muestra un exoesqueleto 100 de acuerdo con la presente invención. La Figura 1A proporciona una vista frontal del exoesqueleto 100, mientras que la Figura 1B proporciona una vista trasera. En la realización mostrada, el exoesqueleto 100 toma la forma de un chaleco, que puede llevar puesto una persona y que posibilita al usuario realizar un trabajo mientras sus brazos están totalmente soportados por el exoesqueleto 100. Entre otros componentes, el exoesqueleto 100 incluye una primera y segunda correas para hombro 105 y 106 a través de las cuales el usuario introduce sus brazos en el exoesqueleto 100. Un soporte para torso está configurado para acoplarse de forma segura al torso del usuario. En la realización mostrada, el soporte para torso toma la forma de un cinturón 110 que está configurado para acoplarse de forma segura al usuario en su cintura. El exoesqueleto 100 está soportado por una columna vertebral 115 que actúa como una columna vertebral para el exoesqueleto 100, transfiriendo el peso de una carga desde las porciones superiores del exoesqueleto 100 al cinturón de cadera 110. El peso puede transferirse después a una superficie de soporte, ya sea mediante las piernas del usuario o alguna porción adicional del exoesqueleto 100, por ejemplo, soportes para pierna. La columna vertebral 115 incluye miembros espinales 115A y 115B superior e inferior telescópicos, de modo que la longitud de la columna vertebral 115 es ajustable mediante el uso de un botón 120 de retención por resorte y unos orificios correspondientes (uno de los cuales está marcado como 125). Una placa de respaldo y almohadilla 130 están acopladas a la columna vertebral 115, particularmente al miembro espinal 115A, y mantenido en su sitio mediante un conjunto de abrazadera partida y perno 135. Se acopla un reposacabezas 140 a la parte superior del miembro espinal 115A de la columna vertebral 115. El reposacabezas 140 está configurado para proporcionar un soporte ergonómico al cuello y la cabeza del usuario, especialmente cuando el usuario está realizando un trabajo que requiere que sus brazos estén en o por encima de su cabeza. En otra realización, para adaptarse a un usuario que lleva una chichonera o casco de trabajo, el reposacabezas 140 es reemplazado por un rodillo para cuello, fijado a las correas para hombro 105 y 106, que proporciona el soporte ergonómico al cuello y la cabeza del usuario. Una barra de montaje 145 está acoplada también al miembro espinal 115A de la columna vertebral 115. La barra de montaje del brazo 145 se mantiene en su sitio mediante una abrazadera partida y cuatro pernos (marcados colectivamente como 150), que posibilitan que una barra de montaje del brazo 145 se ajuste con respecto a la columna vertebral 115 y, por lo tanto, también al eje del hombro del usuario. Esta ajustabilidad asegura un ajuste apropiado para el usuario, haciendo coincidir la flexión del hombro del usuario con los puntos de pivote de los soportes para brazo 155 y 156. Aunque se han expuesto ciertas estructuras específicas como usadas para proporcionar el acoplamiento o ajustabilidad de ciertas porciones del exoesqueleto 100, debe reconocerse que hay una diversidad de disposiciones de conexión conocidas en la técnica para conseguir tales objetivos.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, la barra de montaje del brazo 145 y los soportes para brazo 155 y 156 se muestran separados del resto del exoesqueleto 100. Los soportes para brazo 155 y 156 están acoplados de forma removible a la barra de montaje del brazo 145, de modo que los soportes para brazo 155 y 156 puedan asegurarse en casquillos (uno de los cuales está marcado como 200) a diferentes distancias de la columna vertebral 115 (no mostrado en la Figura 2), permitiendo de esta manera que el exoesqueleto 100 se ajuste a diferentes usuarios. Específicamente, los soportes para brazo 155 y 156 incluyen conectores ahusados 205 y 206 que se ajustan en los casquillos 200 seleccionados y se bloquean en su sitio mediante clavijas rápidas (no visibles). En una realización preferida, la barra de montaje del brazo 145 tiene un total de ocho casquillos 200, con cuatro a cada lado de la columna vertebral 115. Se ha encontrado que esto proporciona un ajuste suficiente para adaptarse a la mayoría de los usuarios. Sin embargo, puede proporcionarse un mayor o menor número de casquillos 200 en otras realizaciones. Como alternativa, en otras realizaciones, pueden usarse tubos telescópicos o elementos deslizantes lineales en lugar de los casquillos para posibilitar que el exoesqueleto 100 se ajuste a diferentes usuarios.

Los soportes para brazo 155 y 156 incluyen conjuntos de eslabón para hombro 210 y 211 respectivos, cada uno de los cuales incluye dos eslabones. Específicamente, el conjunto de eslabón para hombro 210 del soporte para brazo 155 incluye un primer eslabón 215 y un segundo eslabón 220, mientras que el conjunto de eslabón para hombro 211 del soporte para brazo 156 incluye un primer eslabón 216 y un segundo eslabón 221. Cada uno de los eslabones 215, 216, 220 y 221 incluye dos ejes de pivote, uno en cada extremo. Este diseño proporciona soporte para los brazos del usuario y grados adicionales de movimiento al brazo, dando como resultado una amplia libertad de movimiento para el usuario. Además, el diseño posibilita que cada soporte para brazo 155, 156 se auto-alinee durante las actividades normales. Utilizar una cadena de dos eslabones por cada conjunto de eslabón de hombro 210, 211 proporciona redundancia cinemática. Esta redundancia cinemática es una característica importante de la presente invención. Los dispositivos conocidos en la técnica generalmente intentan proporcionar una articulación para hombro que esté alineada cinemáticamente con la articulación del hombro del usuario. Sin embargo, esto es muy difícil porque el hombro humano es una estructura de bola y casquillo con tres grados de libertad. Además, el hombro humano está acoplado a la escápula, lo que se traduce en al menos dos grados de libertad más con respecto a la columna vertebral humana. Como resultado, los dispositivos conocidos en la técnica que intentan simular este complejo movimiento tienden a ser grandes y difíciles de manejar. El doble eslabón para los conjuntos de eslabón de hombro 210 y 211, aunque subdefinidos cinemáticamente, permiten que el exoesqueleto 100 se auto-alinee a la posición del hombro del usuario sin coincidir con la compleja geometría del hombro humano. Aunque generalmente se da a conocer en la técnica que una subdefinición de una cadena cinemática es poco práctica, es eficaz aquí porque la asistencia de resorte (analizada más adelante) proporcionada por el exoesqueleto 100 actúa ortogonalmente con respecto a los ejes de pivote de los conjuntos de eslabón de hombro 210 y 211 y, por lo tanto, no provoca un movimiento indeseado en los conjuntos de eslabón de hombro 210 y 211. Además, gran parte del exoesqueleto 100 está situada por detrás del usuario y sus brazos y hombros, lo que deja el espacio de trabajo para el usuario libre de impedimentos por parte del exoesqueleto 100. Similarmemente, el espacio inmediatamente por encima del hombro del usuario queda abierto, reduciendo la interferencia con la cabeza del usuario y otros equipos. Debido a las ventajas de este diseño, en las realizaciones preferidas de la presente invención, los soportes para brazo 155 y 156 no pasan por encima de los hombros del usuario, sino que, en lugar de ello, se sitúan alrededor de los lados del torso del usuario, como se ilustra en las Figuras 6A y 6B.

Los terceros eslabones 225 y 226 acoplan de forma segura los conjuntos de eslabón para hombro 210 y 211 a los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 respectivos. Cada conjunto de soporte para brazo 230 y 231 incluye un resorte de gas interno, una leva y un seguidor de leva, que se muestran y se analizarán con más detalle con relación a las Figuras 4A y 4B. Cada conjunto de soporte para brazo 230 y 231 genera un perfil de soporte que contrarresta aproximadamente la fuerza de la gravedad, proporcionando el mayor soporte en localizaciones de brazo horizontales, disminuyendo el soporte gradualmente a medida que el usuario mueve su brazo verticalmente hacia abajo. Por supuesto, es deseable en ciertas realizaciones proporcionar perfiles de soporte que no coincidan exactamente con la gravedad para ayudar con tareas particulares. Por ejemplo, si un usuario está sosteniendo una herramienta por encima de la cabeza, pero no está sosteniendo una herramienta cuando su brazo está en horizontal, los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 pueden configurarse de modo que la asistencia sea mayor cuando el brazo del usuario está por encima de la horizontal y menor cuando el brazo está en la horizontal o más bajo. Aunque no puede verse en las figuras, los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 incluyen interruptores de bloqueo respectivos, que bloquean los resortes de gas en las posiciones descendente o comprimida, poniendo de esta manera los soportes para brazo 155 y 156 en un modo neutro, que mantiene los soportes para brazo 155 y 156 inactivos para poder ponerse y quitarse el aparato. Debe observarse también que, aunque el uso de un resorte de gas es preferido, pueden usarse otros tipos de resortes conocidos en la técnica, tales como resortes metálicos, en relación con la presente invención. Típicamente, el exoesqueleto 100 está configurado para proporcionar entre 4,5 y 11,3 kg (10 y 25 libras) de soporte a través de cada uno de los soportes para brazo 155 y 156. Sin embargo, esta cantidad puede variar dependiendo de la tarea particular que vaya a completar el usuario y las herramientas implicadas.

Los brazaletes 235 y 236 se acoplan a los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231, respectivamente y proporcionan soporte ergonómico para los brazos del usuario. Asimismo, los brazaletes 235 y 236 acoplan de forma segura los brazos del usuario al exoesqueleto 100 mediante el uso de correas ajustables para puño 240 y 241. En una realización preferida, los brazaletes 235 y 236 están configurados para acoplarse a la parte superior de los

brazos del usuario, es decir, cada uno de los brazaletes 235 y 236 está configurado para acoplarse a uno de los brazos del usuario, entre el codo y el hombro de ese brazo. Cada soporte para brazo 155 y 156 incluye un riel de retención 245 y 246 y cada brazalete 235 y 236 tiene un enganche que interactúa con los diferentes puntos de ajuste en uno de los rieles de retención 245 y 246 correspondientes (como se muestra y analiza adicionalmente en relación con la Figura 5). Esto permite que los brazaletes 235 y 236 se ajusten para acomodarse y adecuarse a diferentes longitudes de brazo. Además, este ajuste proporciona un modo conveniente para que el usuario cambie rápidamente la cantidad de asistencia proporcionada por el exoesqueleto 100, puesto que la cantidad de asistencia proporcionada a los brazaletes 235 y 236 mediante los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 cambia basándose en la distancia de los brazaletes 235 y 236 de los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231.

Volviendo a la Figura 3, se muestra solo el soporte para brazo 156 y la barra de montaje del brazo 145. Sin embargo, el siguiente análisis se aplica igualmente al soporte para brazo 155. La Figura 3 ilustra los ejes de pivote del soporte para brazo 156, particularmente los ejes de pivote para el primer eslabón 216, el segundo eslabón 221, el tercer eslabón 226 y el conjunto de soporte para brazo 231. Esta disposición permite el movimiento del soporte para brazo 156 en el plano transversal alrededor del primer, segundo y tercer ejes verticales 300, 301 y 302. Preferentemente, el primer eslabón 216, el segundo eslabón 221 y el tercer eslabón 226 se mueven únicamente en el plano transversal (con respecto a la columna vertebral 115). El movimiento alrededor de los ejes 300-302 generalmente es libre. Sin embargo, en algunas realizaciones, el movimiento alrededor de los ejes 300-302 puede tener una ligera amortiguación o carga de resorte para evitar oscilaciones indeseadas, aunque debe entenderse que esta amortiguación o carga de resorte generalmente es pequeña. Además, el conjunto de soporte para brazo 231 gira ortogonal con respecto al plano transversal alrededor de un eje horizontal 305 en el plano sagital, el plano coronario o un plano intermedio a los planos sagital y coronario, dependiendo de la orientación del conjunto de eslabón para hombro 211 y el tercer eslabón 226. El movimiento alrededor del eje 305 aumenta por el perfil de soporte generado por el conjunto de soporte para brazo 231. De esta manera, el exoesqueleto 100 proporciona asistencia al brazo del usuario en el plano sagital, el plano coronario o un plano intermedio, sin interferir con el movimiento del brazo del usuario en otras direcciones. Aunque anteriormente se han usado los términos "vertical" y "horizontal", debe reconocerse que esta descripción asume que el usuario permanece perfectamente recto. Por supuesto, se reconocerá que, por ejemplo, los ejes 300-302 no son exactamente verticales si el usuario se dobla por la cintura. Adicionalmente, incluso aunque el usuario permanezca perfectamente recto, los ejes 300-302 y 305 no necesariamente tienen que ser exactamente verticales u horizontales. Similarmente, el soporte para brazo 156 no necesita moverse en los planos exactamente transversales, sagitales o coronarios (o planos intermedios a los planos sagitales y coronarios) cuando el usuario permanece perfectamente recto. En lugar de ello, se pretende que todos estos términos abarquen desviaciones tales como +/- 10 grados.

Con referencia ahora a las Figuras 4A y 4B, se muestra el interior de uno de los conjuntos de soporte para brazo 230, 231. Como se ha analizado anteriormente, cada conjunto de soporte para brazo 230 y 231 incluye un resorte, preferentemente un resorte de gas, junto con una leva y un seguidor de leva. Más específicamente, como se muestra en las Figuras 4A y 4B, una leva 400, que tiene un perfil de leva, interactúa con un seguidor de leva 405. Asimismo, se proporciona un resorte, generalmente indicado como 410, provocando la fuerza lineal generada por el resorte 410 que el seguidor de leva 405 se presione al entrar en contacto con la leva 400. En particular, un émbolo 412 del resorte 410 entra en contacto con el seguidor de leva 405. Como resultado, un movimiento rotacional de la leva 400 con respecto al seguidor de leva 405 está restringido a diversos grados por la acción del resorte 410. Esta resistencia actúa como una fuerza de asistencia generada por los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231. Además, como se ha indicado anteriormente, el perfil de leva 400 puede estar configurado para proporcionar diferentes cantidades de par de asistencia dependiendo de la posición rotacional o de pivote relativa de los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231, en comparación con el resto de soportes para brazo 155 y 156 y, más específicamente, en comparación con los eslabones 215, 216, 220, 221, 225 y 226. Además, como se ha indicado también anteriormente, pueden usarse resortes distintos de resortes de gas en los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231. El uso de resortes 410 junto con un perfil de leva 400 y un seguidor de leva 405 (aunque obsérvese que es posible que el resorte se apoye directamente contra la leva en lugar de interponer el seguidor de leva, especialmente cuando la carga lateral del resorte no es una preocupación particular) permite ventajosamente que el exoesqueleto 100 proporcione asistencia al usuario sin el uso de medios electrónicos, tal como sensores o un sistema de control electrónico. Más específicamente, el exoesqueleto 100 preferentemente no incluye un sistema de control electrónico configurado para controlar la cantidad de fuerza de asistencia proporcionada por los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 o un sensor configurado para detectar las posiciones de giro de los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 con respecto al eje horizontal 305. Por consiguiente, el exoesqueleto 100 tampoco necesita una fuente de alimentación, por ejemplo, una batería. Además, no se requieren accionadores activados de forma hidráulica, neumática o eléctrica. Sin embargo, aunque no se prefiere, debe reconocerse que tales características pueden incorporarse en la presente invención si se desea.

Volviendo a la Figura 5, se ilustran el riel de retención 246 y el brazalete 236 del soporte para brazo 156. Sin embargo, el siguiente análisis se aplica igualmente al riel de retención 245 y el brazalete 235 del soporte para brazo 155. El riel de retención 246 incluye una pluralidad de muescas (una de las cuales está etiquetada como 500) y el brazalete 236 incluye un pestillo 505 pivotable que tiene un enganche 510 que puede situarse selectivamente en una de las muescas 500, de modo que el brazalete 236 pueda ponerse y mantenerse a diferentes distancias con respecto al conjunto de soporte para brazo 231. Un resorte 515 desplaza el pestillo 505 a una posición bloqueada en

la que el enganche 510 se mantiene en una de las muescas 500. Cuando se aprieta el pestillo 505, el pestillo 505 gira alrededor de un enganche 520, provocando de esta manera que el enganche 510 salga de su muesca 500. En este punto, el brazaletes 236 puede desplazarse con respecto al riel de retención 246. Después del desplazamiento, la liberación del pestillo 505 da como resultado que el enganche 510 entre en una nueva muesca 500. Como se ha analizado anteriormente, esto permite que el exoesqueleto 100 se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios y permite también que el usuario ajuste la asistencia para brazo proporcionada por el conjunto de soporte para brazo 231. Sin embargo, como se ha indicado también anteriormente, pueden usarse otros mecanismos de ajuste en relación con la presente invención. Esto es cierto para los brazaletes 235 y 236, así como otras porciones del exoesqueleto 100 que son ajustables, por ejemplo, la columna vertebral 115 y los soportes para brazo 155 y 156.

Las Figuras 6A y 6B muestran el exoesqueleto 100 llevado por un usuario 600 durante una actividad laboral ejemplar. En particular, el usuario 600 está sosteniendo una herramienta 605, y el exoesqueleto 100 proporciona un par de asistencia a los brazos 610 y 611 del usuario 600 para contrarrestar la fuerza de la gravedad y, de esta manera, soportar los brazos 610 y 611 y la herramienta 605. El par de asistencia lo proporciona los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231, mientras que los eslabones 215,216, 220, 221, 225 y 226 posibilitan que el usuario 600 sitúe los brazos 610 y 611 como desee.

Con respecto al par de asistencia o asistencial proporcionado por los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231, además de variar basándose en la posición de pivote de los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231, debe reconocerse que pueden proporcionarse diferentes cantidades de asistencia en diferentes realizaciones. Por ejemplo, en una realización, los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 pueden configurarse para proporcionar una cantidad de asistencia que hace que un brazo típico o un brazo típico más una cierta herramienta resulte esencialmente sin peso. Como alternativa, los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 pueden configurarse para proporcionar algún porcentaje de esta cantidad de asistencia, por ejemplo, preferentemente al menos un 50 %. Cuando un exoesqueleto de acuerdo con la presente invención está diseñado para una cierta tarea que implica una herramienta conocida con un peso dado, puede tenerse en cuenta el peso de esta herramienta. Sin embargo, esto no es necesario. Por ejemplo, puede construirse un exoesqueleto más genérico de acuerdo con la presente invención, estando diseñado este exoesqueleto para hacer que el brazo de un usuario típico resulte sin peso. Como resultado, si un usuario de tal exoesqueleto hace uso de una herramienta, el usuario solo necesita soportar el peso de la herramienta y no el peso de sus brazos. Similarmente, puede construirse un exoesqueleto de acuerdo con la presente invención donde el exoesqueleto está diseñado para hacer que una herramienta de 2,27 kg (5 libras) y un brazo de usuario típico resulten sin peso. En tal caso, si se usa una herramienta más pesada, el usuario solo necesita soportar el peso extra. Además, no es necesario que la cantidad de asistencia proporcionada por los conjuntos de soporte para brazo 230 y 231 sea la misma. Esto puede ser deseable, por ejemplo, en situaciones donde el usuario principalmente usa una herramienta en su mano dominante.

Basándose en lo anterior, debe resultar fácilmente evidente que la presente invención proporciona un exoesqueleto que ayuda al usuario soportando directamente el peso de los brazos del usuario y diversas herramientas, aumentando de esta manera la resistencia y el vigor del usuario, y evitando lesiones. Por ejemplo, aunque el exoesqueleto 100 se muestra como un chaleco, los exoesqueletos de acuerdo con la presente invención pueden tomar otras formas. Por ejemplo, los soportes para brazo pueden acoplarse a un objeto físico, tal como una mesa o una silla, en el espacio de trabajo del usuario. Además, algunos usuarios del chaleco podían trabajar en lugares donde se requiere que lleven arneses de seguridad para protección frente a caídas. Un arnés de seguridad tiene una anilla de amarre que está situada entre los omóplatos del usuario. En otra realización, la columna vertebral que soporta el torso del exoesqueleto de tipo chaleco podría reconfigurarse para que tuviera una "forma de Y" o una columna vertebral de soporte doble. Cada una de estas estructuras espinales alternativas posibilitaría a un trabajador llevar un arnés de seguridad bajo el exoesqueleto de tipo chaleco y proporcionaría un fácil acceso a la anilla de amarre del arnés. En general, se pretende que la invención solo quede limitada por el alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un exoesqueleto (100) que comprende: un primer eslabón (215) configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un primer eje vertical; un segundo eslabón (220) acoplado al primer eslabón (215); un conjunto de soporte para brazo (230) acoplado al segundo eslabón (220) y configurado para pivotar alrededor de un eje horizontal, en donde: el conjunto de soporte para brazo (230) incluye un resorte (410) configurado para generar un par de asistencia que contrarresta la gravedad; el conjunto de soporte para brazo (230) está configurado para proporcionar el par de asistencia a un brazo de un usuario para soportar el brazo del usuario; un puño (240) acoplado al conjunto de soporte para brazo (230) y configurado para acoplarse al brazo del usuario, caracterizado por que el segundo eslabón está configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un segundo eje vertical; el conjunto de soporte para brazo (230) además incluye un perfil de leva (400) y un seguidor de leva (405); y el conjunto de soporte para brazo (230) está configurado de modo que el contacto entre el resorte (410), el seguidor de leva (405) y el perfil de leva (400) determina una cantidad de la fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230).
2. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, en donde el perfil de leva (400) está configurado de modo que la fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230) varía dependiendo de una posición de pivote del conjunto de soporte para brazo (230) con respecto al eje horizontal.
3. El exoesqueleto de la reivindicación 1, en donde el resorte (410) es un resorte de gas.
4. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, que además comprende: un soporte para torso (110) configurado para acoplarse al torso de un usuario; y una columna vertebral (115) configurada para transferir un peso del brazo del usuario al soporte para torso (110), en donde el primer y segundo eslabones (215, 220) conectan el conjunto de soporte para brazo (230) a la columna vertebral (115), permitiendo de esta manera que el conjunto de soporte para brazo (230) se mueva con respecto a la columna vertebral (115).
5. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 4, que además comprende una barra de montaje (145), un tercer eslabón (225) y un riel de retención (245), en donde: la barra de montaje (145) está acoplada directamente a la columna vertebral (115); el primer eslabón (215) incluye un primer extremo acoplado directamente a la barra de montaje (145) y un segundo extremo acoplado directamente a un primer extremo del segundo eslabón (220); el segundo eslabón (220) incluye un segundo extremo acoplado directamente a un primer extremo del tercer eslabón (225); el tercer eslabón (225) incluye un segundo extremo acoplado directamente al conjunto de soporte para brazo (230); el riel de retención (245) está acoplado directamente al conjunto de soporte para brazo (230) y el puño (240); la barra de montaje (145) está configurada para permitir que el primer eslabón (215) se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto a la columna vertebral (115), posibilitando de esta manera que el exoesqueleto (100) se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios; el riel de retención (245) está configurado para permitir que el puño (240) se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto al conjunto de soporte para brazo (230), posibilitando de esta manera, además, que el exoesqueleto (100) se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios; el tercer eslabón (225) está configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un tercer eje vertical, permitiendo de esta manera, además, que el conjunto de soporte para brazo (230) se mueva con respecto a la columna vertebral (115); el primer eslabón (215) pivota con respecto a la barra de montaje (145) alrededor del primer eje vertical; el primer y segundo eslabones (215, 220) pivotan uno con respecto al otro alrededor del segundo eje vertical; el segundo y tercer eslabones (220, 225) pivotan uno con respecto al otro alrededor del tercer eje vertical; y el tercer eslabón (225) y el conjunto de soporte para brazo (230) pivotan uno con respecto al otro alrededor del eje horizontal.
6. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, en donde el puño (240) está configurado para acoplarse al brazo del usuario entre un codo y un hombro del brazo.
7. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 4 que además comprende una barra de montaje (145), en donde: el conjunto de soporte para brazo (230), el primer eslabón (215), el segundo eslabón (220) y el puño (240) forman al menos una porción de un brazo de soporte; la barra de montaje (145) conecta el brazo de soporte a la columna vertebral (115); y la barra de montaje (145) está configurada para permitir que el brazo de soporte se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto a la columna vertebral (115), posibilitando de esta manera que el exoesqueleto (100) se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios.
8. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 7, que además comprende un riel de retención (245), en donde: el riel de retención (245) conecta el puño (240) al conjunto de soporte para brazo (230); y el riel de retención (245) está configurado para permitir que el puño (240) se sitúe en una pluralidad de posiciones diferentes con respecto al conjunto de soporte para brazo (230), posibilitando de esta manera, además, que el exoesqueleto (100) se ajuste para adaptarse a diferentes usuarios.
9. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 4, en donde el conjunto de soporte para brazo (230), el primer eslabón (215), el segundo eslabón (220) y el puño (240) forman al menos una porción de un brazo de soporte, y en donde el

brazo de soporte no pasa por encima de la parte superior de un hombro del usuario cuando está conectado a la columna vertebral (115).

5 10. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, en donde el exoesqueleto (100) no incluye un sistema de control electrónico configurado para controlar una cantidad de fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230).

10 11. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, en donde el exoesqueleto (100) no incluye un sensor configurado para detectar una posición de pivote del conjunto de soporte para brazo (230) con respecto al eje horizontal.

12. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 1, en donde el exoesqueleto (100) no incluye un accionador, activado de forma eléctrica, hidráulica o neumática, configurado para generar el par de asistencia.

15 13. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 4, en donde, con respecto a la columna vertebral (115), el primer y segundo eslabones (215, 220) solo se mueven en el plano transversal.

20 14. El exoesqueleto (100) de la reivindicación 4, en donde el conjunto de soporte para brazo (230) está configurado para pivotar alrededor del eje horizontal en un plano sagital, un plano coronario o un plano intermedio a los planos sagital y coronario.

25 15. Un método para proporcionar un par de asistencia a un brazo de un usuario con un exoesqueleto (100), incluyendo el exoesqueleto (100): un primer eslabón (215) configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un primer eje vertical; un segundo eslabón (220) acoplado al primer eslabón (215); un conjunto de soporte para brazo (230) acoplado al segundo eslabón (220) y configurado para pivotar alrededor de un eje horizontal, en donde el conjunto de soporte para brazo (230) incluye un resorte (410) y un puño (240) acoplados al conjunto de soporte para brazo (230) y configurado para acoplarse a un brazo de un usuario, comprendiendo el método: generar un par de asistencia, contrarrestando la gravedad, con el resorte (410); proporcionar un par de asistencia al brazo del usuario con el conjunto de soporte para brazo (230) para soportar al menos el brazo del usuario, caracterizado por que
30 el segundo eslabón está configurado para pivotar en un plano transversal alrededor de un segundo eje vertical; el conjunto de soporte para brazo incluye un perfil de leva (400) y un seguidor de leva (405); y el método comprende determinar una cantidad de la fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230) con el perfil de leva (400) y el seguidor de leva (405).

35 16. El método de la reivindicación 15, que además comprende: variar la fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230) dependiendo de una posición de pivote del conjunto de soporte para brazo (230) con respecto al eje horizontal.

40 17. El método de la reivindicación 15, en donde el resorte (410) del conjunto de soporte para brazo (230) es un resorte de gas, y la generación del par de asistencia incluye generar el par de asistencia con el resorte de gas.

45 18. El método de la reivindicación 15, en donde el exoesqueleto (100) además comprende: un soporte para torso (110) configurado para acoplarse a un torso del usuario; y una columna vertebral (115); comprendiendo el método además: transferir un peso del brazo del usuario al soporte para torso (110) con la columna vertebral (115), en donde el primer y segundo eslabones (215, 220) conectan el conjunto de soporte para brazo (230) a la columna vertebral (115), permitiendo de esta manera que el conjunto de soporte para brazo (230) se mueva con respecto a la columna vertebral (115).

50 19. El método de la reivindicación 15, en donde el método no comprende: controlar una cantidad de fuerza de asistencia proporcionada por el conjunto de soporte para brazo (230) con un sistema de control electrónico; detectar una posición de pivote del conjunto de soporte para brazo (230) con respecto al eje horizontal con un sensor; o generar el par de asistencia con un accionador activado de forma eléctrica, hidráulica o neumática.

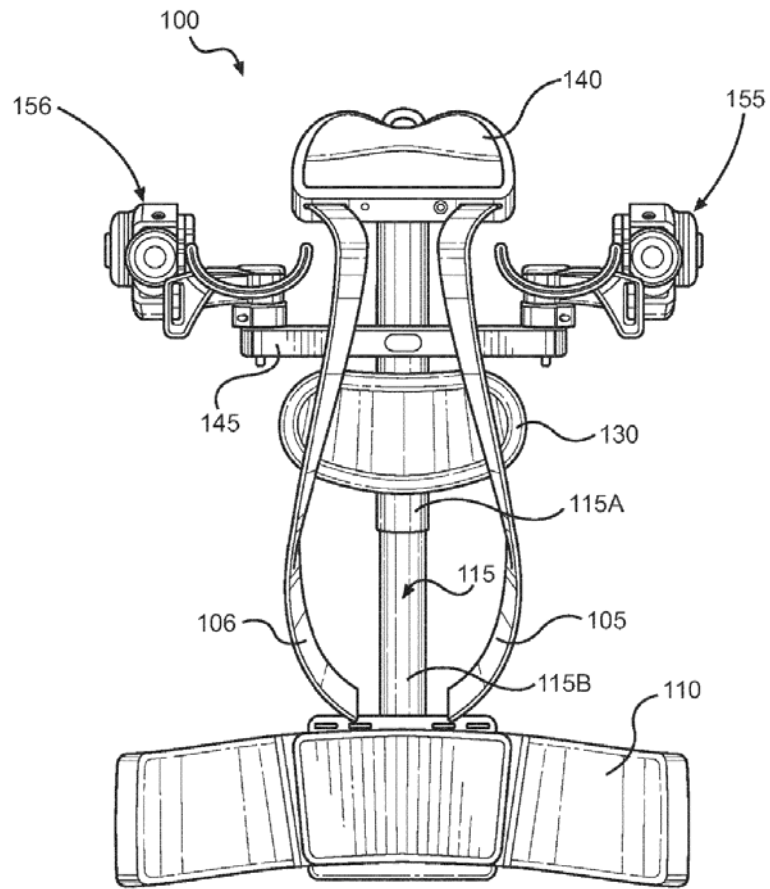


FIG. 1A

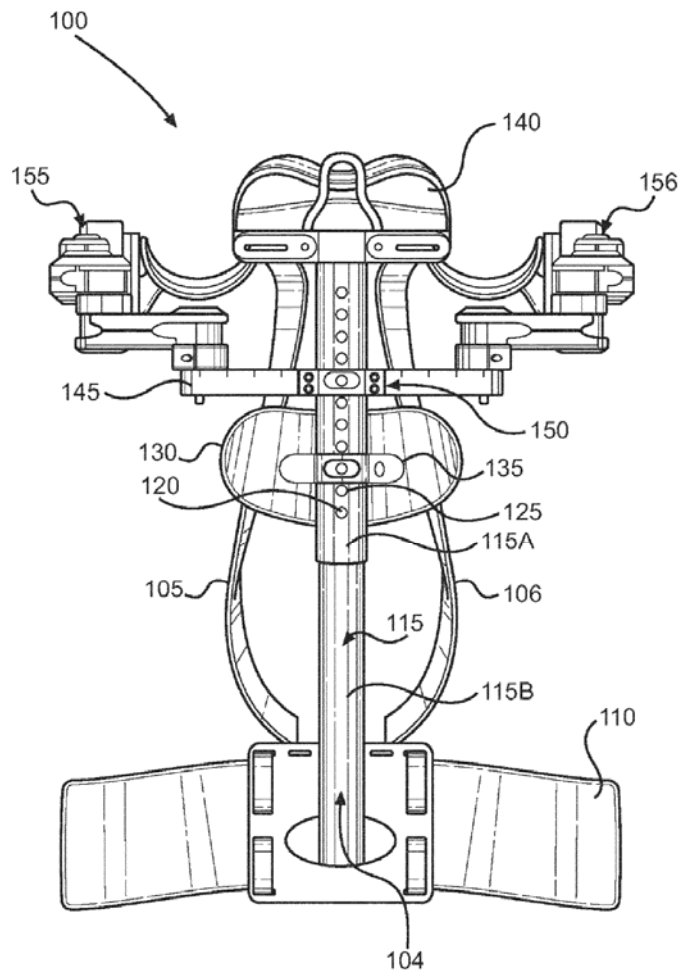


FIG. 1B

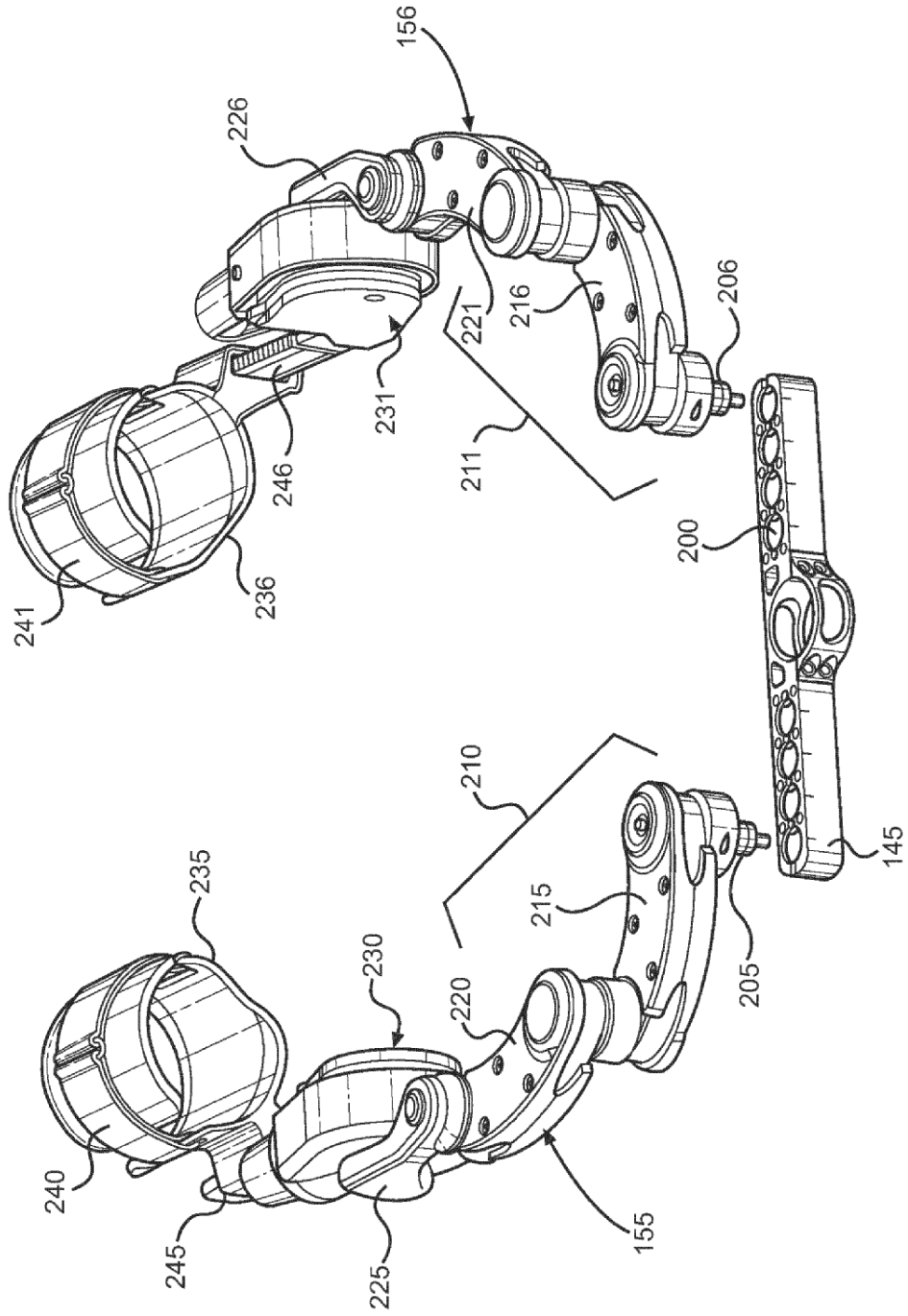


FIG. 2

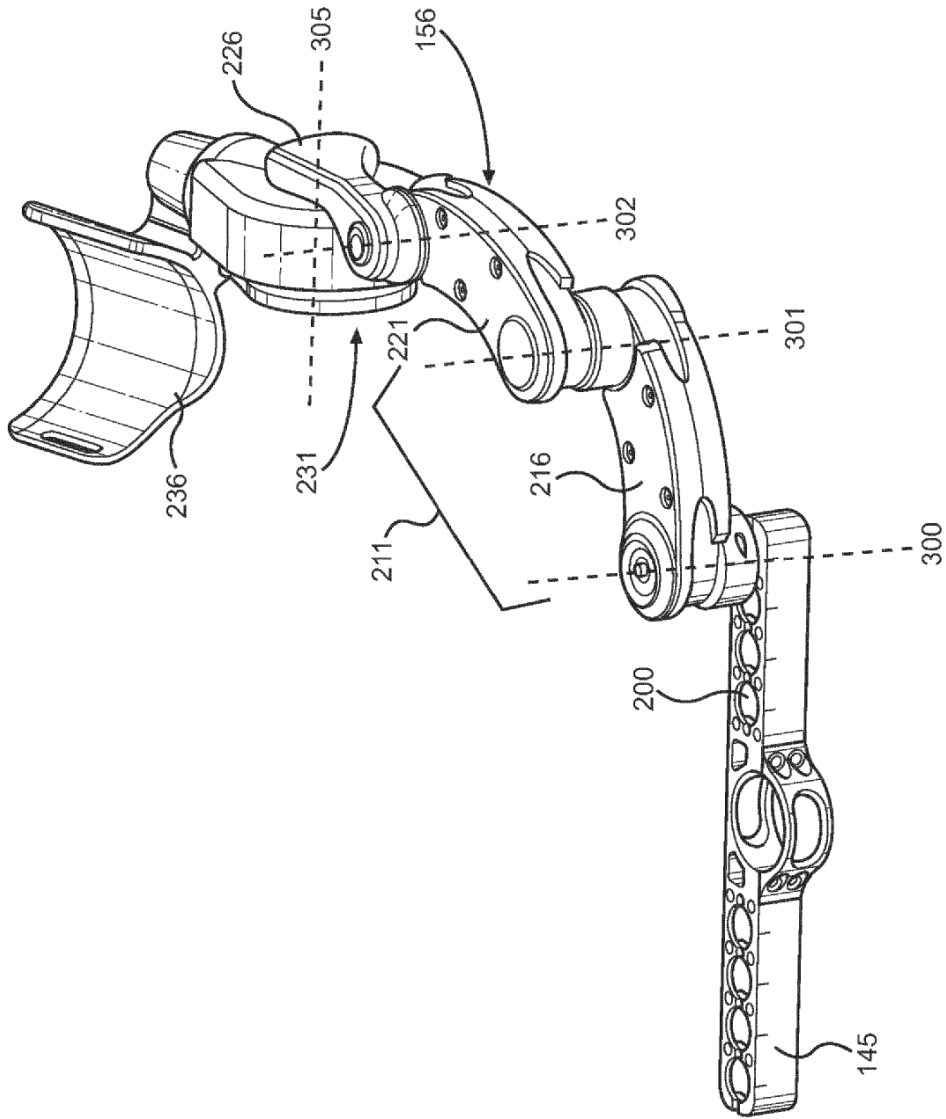


FIG. 3

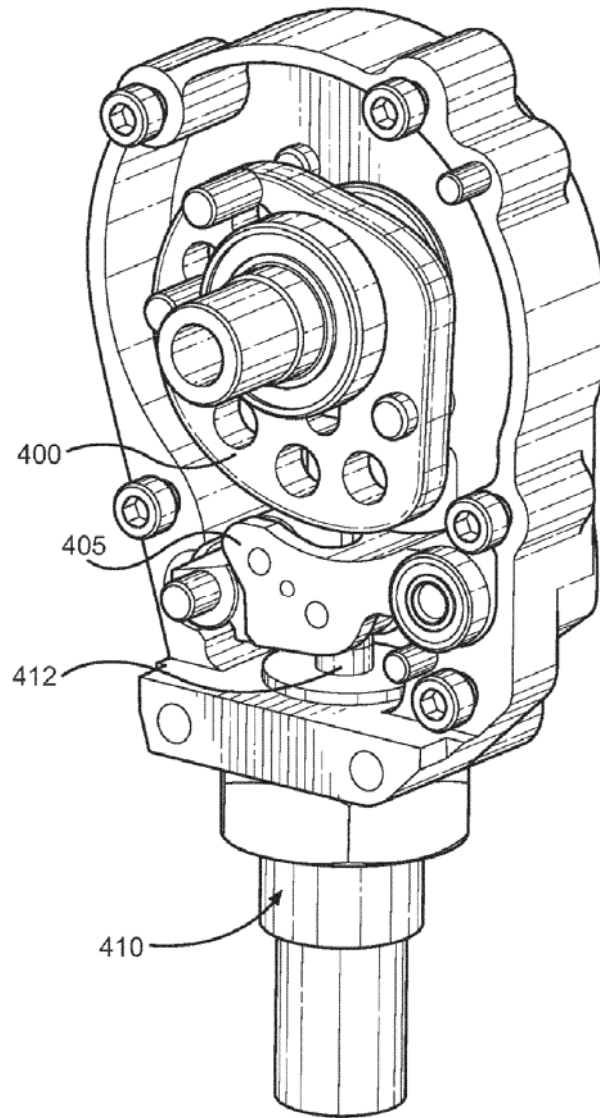


FIG. 4A

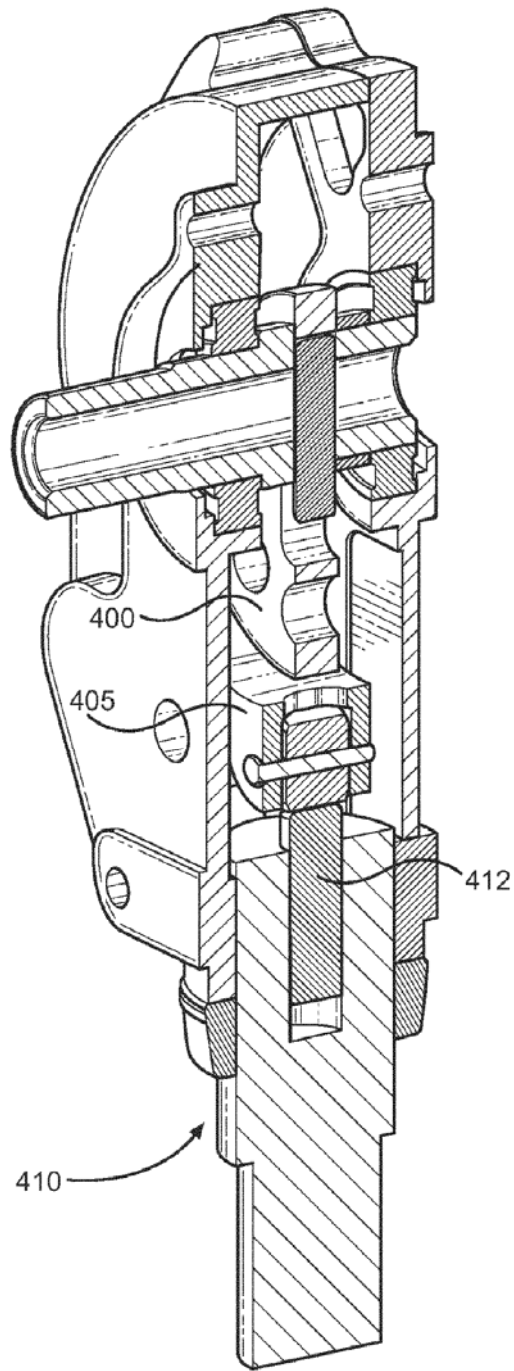


FIG. 4B

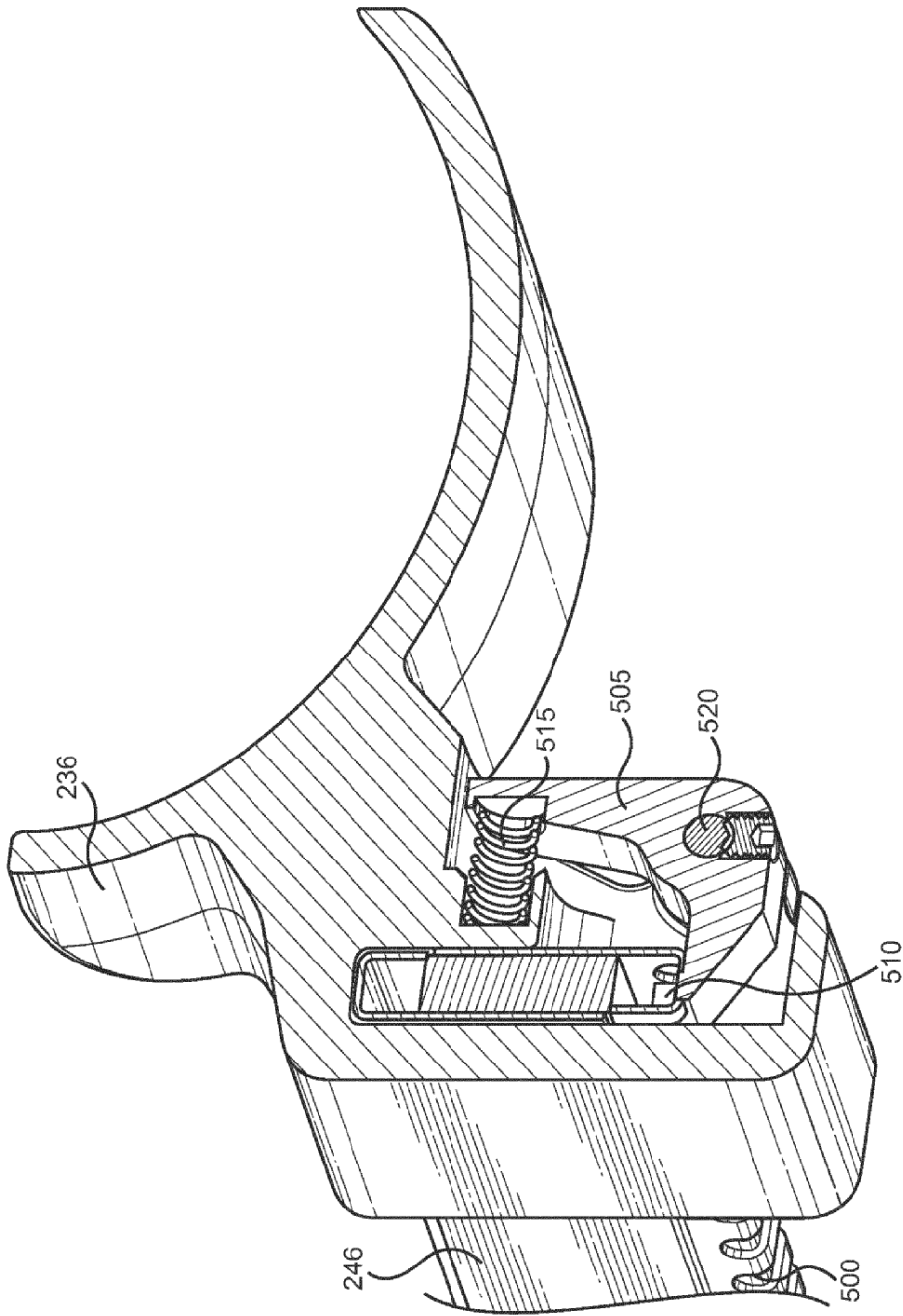


FIG. 5

