

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 722**

51 Int. Cl.:

A61H 1/02 (2006.01)

A61H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2021** **E 21178133 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2023** **EP 3936104**

54 Título: **Articulación con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación**

30 Prioridad:

28.06.2020 CZ 20200377

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.06.2023

73 Titular/es:

**VYSOKA SKOLA BANSKA - TECHNICKA
UNIVERZITA OSTRAVA (50.0%)**

17. listopadu 2172/15

70800 Ostrava, Poruba, CZ y

THEOSUN TECHNOLOGIES S.R.O. (50.0%)

72 Inventor/es:

**GRUSHKO, STEFAN y
STREJCEK, RADIM**

74 Agente/Representante:

SERRANO IRURZUN, Francisco Javier

ES 2 944 722 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

Articulación con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un campo de dispositivos de rehabilitación robóticos. Específicamente, se trata de una articulación mecánica hueca con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación.

10

Antecedentes de la invención

Los exoesqueletos robóticos médicos son medios médicos destinados para su uso por seres humanos para mitigar o compensar una lesión o discapacidad médica, que es, por ejemplo, una pérdida de movimiento de grave a completa de las extremidades superiores o inferiores. A menudo se usan como medios de rehabilitación. Un rasgo característico importante de los exoesqueletos es que pueden realizar perfectamente el movimiento previsto, de manera controlada y repetida. Las articulaciones mecánicas del exoesqueleto deben corresponder anatómicamente a las articulaciones de la parte rehabilitada del cuerpo.

15

20

La gran mayoría de los exoesqueletos existentes no abordan una articulación de muñeca, o la abordan solo por medio de una articulación con un solo grado de libertad. Una desventaja de estas soluciones es la imposibilidad de que la articulación se flexione en uno de los ejes de movimiento naturales. Esas soluciones se divulgan, por ejemplo, en los documentos de patente CN106994087, CN104097213 o CN102895091

25

Del estado de la técnica, por ejemplo, de los documentos de patente CN106473896, US2011282253, WO2015084177 y US2015223959, son conocidas soluciones de articulaciones de exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación que permiten el movimiento de la articulación en dos o más ejes de rotación. Sin embargo, estas soluciones no garantizan mecánicamente un eje de rotación de articulación estable, es decir, durante la activación simultánea de los accionamientos que proporcionan el movimiento de articulación en los ejes, se puede producir un desplazamiento del eje de rotación del mecanismo fuera del eje de rotación de articulación del usuario, lo que puede dar como resultado una lesión para el usuario. Además, dicho diseño mecánico de la articulación no permite añadir topes mecánicos que protegerían la articulación del usuario contra una flexión excesiva. La solución divulgada en un documento de patente US2006128479 tampoco permite el uso de la articulación para la rehabilitación de articulaciones humanas, puesto que en este caso los ejes de rotación no se intersecan en un solo punto.

30

35

Soluciones más sofisticadas para exoesqueletos, por ejemplo, conocidas de los documentos de patente CN106038169, CN105252522 o US2012179075, para una articulación diseñada con dos grados de libertad con la intersección de los ejes correspondiente al punto de rotación real de la articulación de muñeca del usuario, usan dos articulaciones de rotación corrientes. Esta solución tiene, dependiendo del diseño mecánico específico, la desventaja de limitar la rotación de articulación máxima en uno de los ejes: abducción/aducción palmar y cubital o flexión palmar y dorsal.

40

45

Además, existen dispositivos de rehabilitación estáticos para la articulación de muñeca que proporcionan uno o más ejes de rotación, pero su construcción no se puede reducir, en principio, a dimensiones móviles compactas. Un ejemplo de dicho modo de realización se divulga en un documento de patente US2015359697.

50

Otras soluciones existentes de dispositivos de rehabilitación y exoesqueletos que proporcionan un eje de rotación estable de una articulación mecánica, idéntico al eje de rotación de la articulación del usuario, son conocidos, por ejemplo, de los documentos de patente CN101450484, CN106112987 o CN202537871 (U). Una desventaja de estas soluciones es la complejidad estructural de los mecanismos de barra de tracción/miembro y las grandes dimensiones de los mismos.

55

Las articulaciones cardánicas huecas existentes no son adecuadas para su uso en dispositivos de rehabilitación debido al pequeño espacio interior de la articulación para la mano del usuario. Un ejemplo de dicha articulación es, por ejemplo, una solución conocida del documento EP0007318.

60

En exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación, también se usa un mecanismo de riel para proporcionar un eje de rotación estable de la articulación mecánica idéntico al eje de rotación de articulación del usuario. Sin embargo, todas las soluciones, divulgadas, por ejemplo, en los documentos de patente CN105726263, CN204147236 y CN106264983, usan el mecanismo de riel para proporcionar rotación solo en un solo eje y nunca para la aplicación para la articulación de muñeca.

65

La solución en un documento de patente CN106031669 usa una cremallera para proporcionar dos ejes de rotación en un brazo, pero la construcción difiere en principio.

La solución en un documento de patente CN106491196 usa la combinación de dos rieles circulares para la articulación de muñeca, sin embargo, la posición relativa de los rieles no permite su minimización para lograr una solución compacta. La minimización provocaría una colisión con la muñeca o la limitación de movimiento.

- 5 El documento de patente WO2012042471 divulga una articulación con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para la conexión de una primera y una segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto.

- 10 Ninguna de las soluciones actualmente conocidas proporciona por tanto una articulación de exoesqueleto adecuada para la muñeca humana u otras articulaciones humanas que eliminaría al mismo tiempo las desventajas mencionadas anteriormente.

Sumario de la invención

- 15 El objetivo de la invención es proporcionar una articulación hueca compacta para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación que proporciona un amplio rango de movimiento comparable a la flexibilidad de una articulación en una extremidad humana, simultáneamente en dos ejes y siempre que los ejes de rotación de articulación correspondan a los ejes de rotación de articulación del usuario.

- 20 Dicho objetivo se logra por medio de una articulación con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para conectar la primera y segunda partes móviles relativas del exoesqueleto, la articulación comprende al menos un primer y un segundo riel en forma de arcos circulares que se localizan en dos planos perpendiculares relativos, en la que los centros de los círculos de arcos circulares difieren, y además sobre cada riel una corredera dispuesta de forma móvil, con una esencia que radica en el hecho de que
25 cualquiera de los rieles se interconectan firmemente y cada corredera se adapta para conectarse a una parte móvil relativamente diferente del exoesqueleto, o las correderas se interconectan firmemente y rieles se adaptan cada uno para conectarse a una parte móvil relativamente diferente del exoesqueleto.

- 30 Las líneas rectas que intersecan los centros de los círculos de los arcos circulares y perpendiculares a los respectivos planos definidos por arcos circulares forman esencialmente ejes de rotación de articulación alrededor de los que se mueven las correderas móviles sobre los rieles. Proporcionar el mismo lugar de rotación de la articulación del usuario y la articulación de acuerdo con la invención es necesario para garantizar el uso seguro, por ejemplo, durante la rehabilitación de la articulación del usuario. Desde este punto de vista, es ideal que la articulación con dos grados de libertad se construya esencialmente a medida y se fije al usuario, de modo que
35 los ejes de rotación de articulación de acuerdo con la invención correspondan a los ejes de rotación de articulación del usuario durante su uso. Esto garantiza que el movimiento de rotación de las partes relativamente móviles del exoesqueleto pueda ser idéntico a los movimientos de las partes del cuerpo del usuario, es decir, no existe daño en articulación provocado por "estiramiento" o dislocación de las mismas.

- 40 Por otra parte, la mayoría de las articulaciones en el cuerpo humano son más o menos esféricas, por lo tanto, también con respecto a la potencial producción en serie, la articulación de acuerdo con la invención idealmente puede ser esférica de tal forma que las líneas rectas que intersecan los centros de los círculos de los arcos circulares y perpendiculares a los respectivos planos definidos por arcos circulares se intersecan entre sí en un solo punto. En otro modo de realización, las líneas rectas que intersecan los centros de los círculos de los arcos
45 circulares y perpendiculares a los respectivos planos definidos por arcos circulares no necesitan intersecarse entre sí en un solo punto, sino que se pueden espaciar ligeramente, cuando en la práctica la distancia de estas líneas rectas es normalmente menor que el radio del riel más grande.

- 50 El centro del círculo de uno de los arcos circulares se puede localizar en una línea recta que interseca el centro del círculo del segundo de los arcos circulares, pero los centros de los círculos de los arcos circulares no pueden ser idénticos.

- 55 La materia objeto de la invención se basa en el uso de una guía de riel de doble arco, que tiene un gran espacio interior y permite, en este modo de realización, el movimiento en dos ejes con un amplio intervalo. Por tanto, al menos un riel y una corredera que se mueve sobre él pertenecen a cada grado de libertad. No importa cuál será el perfil de los rieles usados.

- 60 La invención ofrece dos alternativas básicas. En el primer caso, los rieles se interconectan firmemente y las correderas, adaptadas cada una para conectarse a la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, se mueven relativamente entre sí a lo largo de trayectorias definidas por los rieles. En el segundo caso, las correderas se interconectan firmemente y los rieles, adaptados cada uno para conectarse a la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, se mueven relativamente entre sí a lo largo de trayectorias definidas por las correderas. Ambas variantes, en comparación con el estado de la técnica, permiten hacer la articulación más compacta y al mismo tiempo mantener el mayor intervalo de movimiento, en las que
65 cuando se usan dos pares de rieles, descritos a continuación, y en particular con la variante con rieles firmemente interconectados mutuamente es posible garantizar la máxima rigidez del diseño (la mejor distribución

de fuerza).

Por lo tanto, tanto los rieles como las correderas se adaptan para conectarse a la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, cuando la primera y la segunda partes del exoesqueleto sirven para unirse a partes del cuerpo humano, con un movimiento seguro relativo que se debería proporcionar por la articulación. La conexión de rieles o correderas con la primera y segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto debe ser firme, lo que garantiza la mayor estabilidad del eje de articulación. Para mantener la coaxialidad del exoesqueleto con la articulación del cuerpo humano, la primera y la segunda partes relativamente móvil del exoesqueleto se deben adaptar de modo que se evite su desplazamiento con respecto a la respectiva parte del cuerpo humano. Por tanto, la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto pueden tener forma de, por ejemplo, una manga ajustable, un guante, etc., apoyando la superficie interna de las mismas en las respectivas partes del cuerpo preferentemente hechas de material biocompatible/bioinerte.

Por ejemplo, en un caso de una articulación de extremidad humana, específicamente una articulación de muñeca, la primera parte del exoesqueleto se puede conectar antes de la articulación de muñeca en el extremo de extremidad y físicamente se puede considerar como una especie de guante, mientras que la segunda parte del exoesqueleto se une detrás de la articulación de muñeca de la correspondiente extremidad, es decir, en el antebrazo, por ejemplo, por medio de un manguito ajustable. La conexión de la primera y la segunda partes del exoesqueleto se proporciona a continuación por la articulación de acuerdo con la invención, que se dispone entre la primera y la segunda partes del exoesqueleto, firmemente conectada con ella y formada por un conjunto de rieles perfilados y correderas de acuerdo con la invención que se mueven sobre los mismos.

La articulación de acuerdo con la presente invención es mecánica y hueca. No es necesario que los radios de los círculos de arcos circulares de los rieles sean idénticos. Cuanto más pequeños son los radios de estos círculos, más pequeña es la articulación y más pequeño el espacio dentro de la articulación. Por lo tanto, la elección de los radios de círculos dependerá de la aplicación específica de la articulación. Los modos de realización de radios de los círculos corresponderán a las correderas.

Los ángulos centrales de los arcos circulares de riel definen el intervalo de trabajo de la articulación. Cuanto más grande sea el ángulo central, en el que con algunas articulaciones, por ejemplo, la articulación del hombro, puede ser más grande de 180°, más grande será la flexión en el respectivo eje que ofrece la articulación. El movimiento de la corredera sobre el riel para uno o ambos ejes de rotación se puede limitar por topes mecánicos proporcionados en el riel. Durante el uso real de la articulación en el exoesqueleto, es posible por lo tanto proporcionar una protección de la articulación del cuerpo humano contra lesiones provocadas por flexión excesiva, contra colisión con partes de diseño de la articulación de acuerdo con la presente invención o contra el descarrilamiento de la corredera.

Los componentes de articulación individuales de acuerdo con la presente invención son idealmente rígidos, como lo son la primera y/o la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, que entran en contacto con el cuerpo humano. Como resultado de esto, los ejes de rotación de la articulación de acuerdo con la invención no se pueden desplazar con respecto a la articulación del cuerpo humano. Sin embargo, para lograr la mínima comodidad del usuario, la primera y/o la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto se pueden diseñar como flexibles.

El modo de realización preferente básico de la articulación con dos grados de libertad se basa en que se forma por el primer y el segundo riel en forma de arcos circulares que se interconectan firmemente y se localizan en dos planos perpendiculares relativos, en la que las rectas que intersecan los centros de círculos de arcos circulares y perpendiculares a los respectivos planos definidos por arcos circulares se intersecan entre sí en un solo punto, la primera parte móvil del exoesqueleto está provista de una corredera que se mueve sobre el primer riel, y la segunda parte móvil del exoesqueleto está provista de una corredera que se mueve sobre el segundo riel.

En otro modo de realización preferente la articulación de acuerdo con la invención puede comprender, además del primer y el segundo riel en forma de arcos de círculo, un tercer y cuarto riel paralelo, el primer y el tercer riel se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares y los círculos de arcos circulares tienen el mismo radio, y el segundo y el cuarto riel se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares. Cada riel, como se menciona anteriormente, es decir, el tercero y el cuarto también, está provisto de otra corredera que se mueve sobre el mismo. También en este modo de realización, las correderas o bien los rieles se interconectan firmemente. En esta disposición paralela de rieles emparejados, el espacio interior de la articulación se localiza entre los rieles emparejados. Este modo de realización de la articulación con rieles emparejados ("en ambos lados de la articulación") tiene la ventaja de que la carga en la articulación se distribuye mejor a ambos lados del mecanismo y no existe par de torsión indeseable que deforme el riel. Por tanto, será en particular adecuado para articulaciones más grandes. Por otra parte, una articulación con rieles no emparejados permite una unión más

fácil a la articulación del usuario. Además, es más compacta y permite un intervalo de movimiento más grande, puesto que los ángulos centrales de arcos circulares de los rieles pueden ser más grandes de 180° .

Si los radios de círculos de arcos circulares de rieles opuestos o todos son idénticos, los rieles localizados en los dos planos relativamente perpendiculares se pueden interconectar a continuación directamente y unirse entre sí. En un modo de realización preferente, los ángulos centrales de arcos circulares serán exactamente de 180° y los rieles en forma de semicírculo se interconectarán y por tanto se localizarán en una curva cerrada tridimensional y formarán una unidad compacta. En un modo de realización preferente de la articulación con rieles emparejados de radios idénticos de círculos de arcos circulares, será básicamente un solo riel que consiste en cuatro tramos en forma de semicírculo, es decir, rieles parciales. Los rieles, en particular si se definen por ángulos centrales de arcos circulares más pequeños de 180° , no tienen que interconectarse directamente. En dicho caso, se interconectan por medio de un marco rígido. De forma similar, las correderas se pueden interconectar por medio del marco rígido en un modo de realización en el que los rieles adecuados para la conexión con la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto se mueven entre sí en trayectorias definidas por correderas.

Existirá un modo de realización frecuente en el que solo los círculos de arcos circulares de rieles opuestos tendrán los mismos radios, mientras que los rieles perpendiculares entre sí tendrán diferentes radios entre sí.

En un modo de realización aún más preferente, los cuatro rieles tienen forma de cuatro semicírculos, interconectados en una forma cerrada tridimensional de modo que los planos de disposición de los semicírculos contiguos forman un ángulo de 90° .

En otro modo de realización preferente de la articulación hueca de acuerdo con la invención, los rieles parciales se pueden interconectar firmemente por un marco recto, que puede tener el mismo perfil que los rieles. Pueden existir dos o tres rieles parciales en este modo de realización, de los que dos están emparejados. Los planos de disposición de ambos rieles parciales en el modo de realización con dos rieles, o un riel parcial separado y dos rieles emparejados en el modo de realización con tres rieles, forman un ángulo de 90° . Desde un extremo o, en caso de que el ángulo central del arco circular del riel no emparejado sea exactamente 180° , desde ambos extremos del riel no emparejado en la dirección recta, el marco recto se extiende con una longitud que es igual a los radios de arcos circulares de los rieles parciales que se conectan al marco, por tanto el riel parcial y el marco se localizan en una curva tridimensional continua y, en consecuencia, forman una unidad compacta. Cada riel está provisto de una corredera y estas correderas sirven para la conexión a la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto. Este modo de realización se puede usar preferentemente para articulaciones, donde se proporciona una flexión más pequeña de 180° , a saber, desde la posición recta solo en una sola dirección, por ejemplo, para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para un soporte de articulación de codo.

El diseño de articulación propuesto, conjuntamente con variantes de modos de realización de rieles, permite diferentes procedimientos de realización del movimiento de corredera sobre el riel por medio de accionamientos que permiten la transferencia de fuerza o par de torsión, por ejemplo, por un motor lineal o de rotación eléctrico, motor piezoeléctrico, accionamiento fluido, etc. El accionamiento permite influir en el movimiento relativo de la corredera y el riel. El movimiento de corredera puede ser de traslación deslizante o la corredera puede tener una guía rotatoria y rodar sobre el riel, por ejemplo, por medio de un sistema de rodillos, o en un modo de realización preferente con el uso de transmisión por engranajes, donde tanto la corredera o parte de ella, por ejemplo, una rueda dentada y el riel están provistos de engranajes. El modo de realización con engranaje permite una implementación sencilla de la fijación de articulación en una posición requerida y un accionamiento exacto, más exacto que, por ejemplo, en el caso de un contacto de fricción/deslizamiento. Durante el movimiento relativo del riel y la corredera se podría usar el principio del engranaje helicoidal. La conexión de corredera y riel también puede ser de naturaleza deslizante y mostrar un bajo coeficiente de fricción. En dicho caso, el movimiento relativo potencial de las partes conectadas por la articulación se debe proporcionar por otro mecanismo. El accionamiento, que no se localiza directamente en contacto con el riel, puede ser, por ejemplo, un sistema de cuerdas conectadas a las partes individuales de la articulación o del exoesqueleto.

La articulación hueca de acuerdo con la invención también puede estar provista de un sensor o sensores que exploran el movimiento de correderas sobre rieles. Los sensores pueden tener diversas formas y usar diversos principios. Es posible usar sensores rotacionales, por ejemplo, potenciómetros, sensor Hall, etc. También es posible implementar sensores lineales o redondeados, por ejemplo, cintas magnéticas. Otro tipo adecuado puede ser sensores ópticos incrementales, etc. Con el uso de la información obtenida de los sensores es posible controlar eficazmente el accionamiento proporcionando el movimiento relativo de la corredera y el riel.

Además, en base a la exploración del movimiento de la mano del usuario, es posible usar la articulación para controlar un robot.

La articulación no necesita accionamiento para su uso en exoesqueletos pasivos o dispositivos de rehabilitación. Por el contrario, un exoesqueleto pasivo puede resistir, por ejemplo, por resorte, fricción u otro mecanismo, y

permitir por tanto ejercitar una respectiva parte del cuerpo humano. Potencialmente, dicho modo de realización puede proporcionar "soporte", por ejemplo, de una extremidad bajo una carga más grande para los operarios en una línea de producción.

5 Los rieles con corredera pueden tener, en el modo de realización básico, un movimiento relativamente libre. La corredera o el riel pueden estar, en el modo de realización preferente, provistos de un medio de fijación, que fija la corredera en la posición dada sobre el riel y evita por tanto el movimiento en uno o ambos ejes. Dichos medios de fijación pueden ser un mecanismo de bloqueo, fricción u otro. Esta puede ser una solución para un exoesqueleto puramente posicionable, que sostiene partes del cuerpo humano en el ángulo requerido.

10 Los rieles, o los rieles o correderas de conexión del exoesqueleto, pueden ser desmontables o separables en partes y conectarse por la articulación, lo que permite una unión más fácil del exoesqueleto con la articulación a partes del cuerpo humano, con un movimiento relativo que la articulación debe proporcionar, por ejemplo, unión de la articulación a la muñeca del usuario. Para coincidir mejor con la posición de la articulación hueca de acuerdo con la invención, después de ajustar el exoesqueleto, al punto de rotación de la articulación humana, por ejemplo, la muñeca del usuario, la primera y la segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, a las que se conecta la articulación, puede tener un diseño que permite su extensión o retracción, puede ser, por ejemplo, telescópico o equipado con manguitos móviles. Dicho modo de realización será de forma particularmente preferente para el exoesqueleto o dispositivo de rehabilitación en el centro médico, donde los tamaños de las partes relativamente móviles del exoesqueleto se han de ajustar individualmente para cada usuario. En caso de que sea necesario proporcionar un espacio interior más grande de la articulación mecánica, se necesitan proporcionar radios más grandes de círculos de arcos circulares de rieles. Es difícil diseñar un mecanismo que permita el cambio dinámico de los radios de círculos de arcos circulares de los rieles. Una alternativa puede ser reemplazar rieles completos, si es necesario, por ejemplo, de un conjunto de dimensiones estandarizadas S, M, L, XL, etc.

Las partes relativamente móviles de la articulación, es decir, correderas y rieles, o el exoesqueleto, se pueden fabricar de diferentes materiales de construcción, por ejemplo, plásticos de alta dureza, aleaciones de metales ligeros, etc. La resistencia específica del material depende de la aplicación de articulación requerida, de la carga anticipada de la articulación durante el uso normal, o del peso de exoesqueleto requerido. En el caso de un exoesqueleto que incrementa la fuerza del usuario, por ejemplo, para manejar cargas pesadas, la resistencia de las partes individuales de la articulación debe ser significativamente mayor, por ejemplo, lograda por la producción del mismo de aleaciones de metales ligeros, que en un exoesqueleto para propósitos de rehabilitación, donde el plástico duro es suficiente. Los potenciales rodillos, transmisiones de engranajes, etc., se pueden producir por procedimientos estándar.

Los rieles y otras partes de la articulación se pueden producir por diversos procedimientos. Se puede usar soldadura por elementos simples quemados con láser, tecnologías aditivas, tales como impresión 3D, etc. Cuando se usan plásticos de alta dureza, el componente se puede colar en moldes y a continuación fresarse. También es posible la producción por moldeo por inyección y puede no ser necesario un mecanizado posterior.

Otras ventajas de la presente invención en combinación con la previa incluyen una posibilidad de transferir carga en la articulación humana a la estructura de dispositivo, una posibilidad de accionar el movimiento de articulación, por ejemplo, para necesidades de rehabilitación o potenciar el movimiento del usuario, una posibilidad de añadir topes mecánicos en ejes de movimiento individuales para la protección de la articulación del usuario contra la flexión excesiva, y la disposición global del mecanismo que permite un modo de realización del exoesqueleto como un sistema compacto "llevable".

La solución está especialmente destinada para su uso como la articulación de muñeca del exoesqueleto; sin embargo, se puede usar el mismo principio de diseño para otras articulaciones de extremidad del exoesqueleto. Esto también es posible por el hecho de que la articulación de acuerdo con la invención proporciona garantía mecánica de la estabilidad de los ejes de rotación, gran espacio interior de la articulación, donde durante el movimiento de articulación no se produce ninguna colisión de partes mecánicas de la articulación con la extremidad del usuario, incluso a la flexión máxima.

La articulación de acuerdo con la invención se puede usar en muchas articulaciones del exoesqueleto o dispositivo de rehabilitación, que en caso de uso combinado de articulaciones de rotación comunes da lugar a un intervalo de movimiento posible máximo reducido de la articulación y a soluciones estructuralmente complicadas con muchos grados de libertad, lo que a su vez da lugar a un control más complicado de la cinemática del sistema. También es posible combinarlo con otros mecanismos, por ejemplo, con una solución de diseño de exoesqueleto para una palma (un guante con dedos para rehabilitación), codo y hombro, lo que proporciona la movilidad necesaria.

Otro objetivo de la invención es también un exoesqueleto que incrementa la fuerza del usuario o un dispositivo de rehabilitación con propósitos de rehabilitación, que están provistos de al menos una articulación descrita anteriormente. La solución de articulación está especialmente destinada para su uso como una articulación de

muñeca del exoesqueleto, sin embargo, se puede usar el mismo principio de diseño para otras articulaciones de extremidad del exoesqueleto, por ejemplo, para una cadera, rodilla, tobillo, etc.

Descripción de los dibujos

5

El sumario de la invención se describe además en modos de realización ejemplares que se describen con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10

La figura 1 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca de acuerdo con la presente invención con dos pares de rieles parciales interconectados de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, donde ángulos centrales de arcos circulares de todos los rieles parciales tienen un tamaño de 180°.

15

La figura 2 es una vista superior que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca.

20

La figura 3 es una vista superior que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, con la palma de la mano inclinada hacia la derecha.

25

La figura 4 es una vista lateral que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, con la palma de la mano inclinada hacia abajo.

30

La figura 5 es una vista lateral que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, con la palma extendida en la misma dirección que el antebrazo.

35

La figura 6 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca con dos rieles parciales interconectados de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, donde ángulos centrales de arcos circulares de ambos rieles parciales tienen el tamaño de 180° y donde la palma de la mano la mano se inclina hacia abajo.

40

La figura 7 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca con dos pares de rieles de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, donde ángulos centrales de arcos circulares de todos los rieles tienen un tamaño más pequeño de 180° y las correderas se conectan por un marco.

45

La figura 8 es una vista lateral que ilustra el modo de realización de la articulación hueca de la figura 7, con la palma de la mano inclinada hacia arriba.

50

La figura 9 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca con dos rieles parciales interconectados de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de un tobillo, donde ángulos centrales de arcos circulares de ambos rieles parciales tienen el tamaño de 180°.

55

La figura 10 es una vista axonométrica que ilustra el modo de realización de la articulación hueca de la figura 9 con los dedos ligeramente en punta.

La figura 11 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca con dos rieles parciales interconectados de acuerdo con la presente invención para rehabilitación de una articulación de cadera, donde el ángulo central de un arco circular de uno de los rieles parciales tiene el tamaño de 180°.

La figura 12 es una vista axonométrica que ilustra un modo de realización de una articulación hueca con dos rieles parciales interconectados de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de un codo, donde ángulos centrales de arcos circulares de ambos rieles parciales tienen el tamaño de 180°.

Modos de realización ejemplares de la invención

60

La invención se describirá además en modos de realización ejemplares con referencia a los respectivos dibujos.

65

El primer modo de realización ejemplar es una articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para soportar una articulación de muñeca. Una vista axonométrica que ilustra el modo de realización de esta articulación hueca con dos pares de rieles interconectados se muestra en la fig. 1. La articulación conecta una primera y una segunda partes relativamente flexibles 4, 5 del exoesqueleto, donde la primera parte 4 del exoesqueleto se conecta a un primer objeto móvil 1, es decir, antes de la articulación de muñeca al final de la extremidad en el área de palma o dedos, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto

se une a un segundo objeto móvil 2, específicamente detrás de la articulación de muñeca de la extremidad en el antebrazo. Ambas partes 4, 5 del exoesqueleto tienen forma de manguito. En la primera parte 4 del exoesqueleto, dos primeras correderas 6 se forman opuestas entre sí, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto está provisto de dos segundas correderas opuestas 7. La articulación de acuerdo con este modo de realización incluye además un primer, un segundo, un tercer y un cuarto riel parcial en forma de arcos circulares, con el primer y tercer rieles parciales localizados en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares, y los círculos de sus arcos circulares tienen los mismos radios, y el segundo y cuarto rieles parciales se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares. En cada riel parcial, como se muestra en la fig. 1, se mueve una primera o segunda corredera 6, 7, que está provista de un conjunto de elementos rodantes que permiten el movimiento del riel parcial con respecto a la respectiva primera o segunda parte 4, 5 del exoesqueleto. Los radios de círculos de arcos circulares de los rieles son idénticos y al mismo tiempo los ángulos centrales de arcos circulares son exactamente de 180°. Los planos de disposición de los rieles parciales contiguos forman un grado de 90°. Por lo tanto, los rieles parciales en forma de un semicírculo se localizan en una curva cerrada tridimensional y forman un riel compacto 3. A continuación, la figura 2 es una vista superior y la figura 5 es una vista lateral que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la invención.

La articulación hueca divulgada tiene dos grados de libertad, como se muestra en las figs. 3 y 4, cuando con la correcta colocación de la articulación hueca sobre la articulación de muñeca los ejes de movimiento de muñeca del usuario son idénticos a los ejes de movimiento de articulación hueca. La figura 3 es una vista superior que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca para rehabilitación de la articulación de muñeca, cuando la palma del usuario se inclina hacia la derecha un ángulo a simultáneamente con el movimiento de las primeras correderas 6 sobre el riel 3. La figura 4 es una vista lateral que ilustra el mismo modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, cuando la palma del usuario se inclina hacia abajo simultáneamente con el movimiento de las segundas correderas 7 sobre el riel 3.

Un modo de realización alternativo de la articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para el soporte de la articulación de muñeca se ilustra axonómicamente en la figura 6. Este modo de realización difiere del previo en que existe una primera corredera 6 formada en la primera parte 4 del exoesqueleto y una segunda corredera 7 se forma en la segunda parte 5 del exoesqueleto, con cada corredera 6, 7, provista de un conjunto de elementos rodantes que permiten el movimiento del riel parcial con respecto a la respectiva primera o segunda parte 4, 5 del exoesqueleto. Solo existen dos rieles parciales en este modo de realización, donde los planos de disposición de los rieles parciales contiguos forman un ángulo de 90°, los radios de círculos de arcos circulares de rieles parciales son idénticos y al mismo tiempo los ángulos centrales de arcos circulares son exactamente de 180°. Los rieles parciales en forma de un semicírculo se localizan por tanto en una curva tridimensional y forman un riel compacto 3. Debido al movimiento de la segunda corredera 6 sobre el riel 3, la palma del usuario se inclina hacia abajo.

La figura 7 es una vista axonómica que ilustra otro modo de realización alternativo de la articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para el soporte de la articulación de muñeca. La articulación conecta la primera y la segunda parte relativamente móvil 4, 5 del exoesqueleto en forma de manguitos. En la primera parte 4 del exoesqueleto existen dos primeros rieles 31 formados opuestos entre sí, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto está provista de dos segundos rieles opuestos 32. Estos primer y segundo rieles 31 y 32 tienen forma de arcos circulares, donde ambos primeros rieles 31 se localizan en dos planos paralelos entre sí, en los que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares y los círculos de sus arcos circulares tienen los mismos radios, y ambos segundos rieles 32 se localizan en dos planos paralelos entre sí, donde los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares. Una primera o segunda corredera 6, 7 se mueve sobre cada riel parcial, en la que todas las correderas 6, 7 se conectan por un marco 8. Los ángulos centrales de arcos circulares del primer y segundo rieles 31 y 32 son más pequeños de 180°, limitando de este modo el intervalo de movimiento de la articulación, y los planos de disposición del primer y segundo rieles 31 y 32 forman un ángulo de 90°. A continuación, la figura 8 es una vista lateral que ilustra el modo de realización de la articulación hueca de acuerdo con la presente invención para la rehabilitación de la articulación de muñeca, cuando simultáneamente con el movimiento de las segundas correderas 7 sobre los segundos rieles 32, la palma del usuario se inclina hacia arriba en un ángulo α .

El cuarto modo de realización ejemplar es una articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para el soporte de una articulación de tobillo. Una vista axonómica que ilustra el modo de realización de esta articulación hueca con dos rieles parciales interconectados se muestra en la fig. 9. La articulación conecta la primera y la segunda parte relativamente móvil 4, 5 del exoesqueleto, con la primera parte 4 del exoesqueleto conectada a un primer objeto móvil 1, es decir, antes del tobillo en el extremo de la extremidad en el área del pie o los dedos de los pies, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto se une a

un segundo objeto móvil 2, es decir, específicamente en la pantorrilla detrás del tobillo. Ambas partes 4, 5 del exoesqueleto tienen forma de manguito. Solo existen dos rieles parciales en este modo de realización, los planos de disposición de los rieles parciales contiguos forman un ángulo de 90° , los radios de círculos de arcos circulares de rieles parciales son idénticos y al mismo tiempo los ángulos centrales de arcos circulares son exactamente de 180° . Los rieles parciales en forma de un semicírculo se localizan por tanto en una curva tridimensional y forman un riel compacto 3. Una primera corredera 6 se forma en la primera parte 4 del exoesqueleto y una segunda corredera 7 se forma en la segunda parte 5 del exoesqueleto, con cada corredera 6, 7, provista de un conjunto de elementos rodantes que permiten el movimiento de un respectivo riel parcial con respecto a las respectivas primera o segunda partes 4, 5 del exoesqueleto.

La figura 10 es una vista axonométrica que ilustra el modo de realización de la articulación hueca de la figura 9 con dedos ligeramente en punta, lo que se logra por el movimiento de la segunda corredera 7 sobre el riel 3.

El quinto ejemplo de modo de realización es una articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para el soporte de una articulación de tobillo. Una vista axonométrica que ilustra el modo de realización de esta articulación hueca con dos rieles parciales interconectados se muestra en la fig. 11. La articulación conecta la primera y la segunda parte relativamente móvil 4, 5 del exoesqueleto, con la primera parte 4 del exoesqueleto conectada a un primer objeto móvil 1, en este caso un muslo, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto se une a un segundo objeto móvil 2, específicamente a un torso, por ejemplo, en el área de la cintura. Ambas partes 4, 5 del exoesqueleto tienen forma de manguito. Solo existen dos rieles parciales en este modo de realización, los planos de disposición de los rieles parciales contiguos forman un ángulo de 90° y los radios de círculos de arcos circulares de los rieles parciales son idénticos. Los ángulos centrales de arcos circulares son de diferentes tamaños, el ángulo central en el riel parcial más cercano al torso en el lado es exactamente de 180° , el ángulo central en el riel parcial más cercano al muslo es más pequeño, puesto que un levantamiento lateral de pierna no requiere un intervalo de movimiento tan grande. Los rieles parciales en forma de un semicírculo se localizan por tanto en una curva tridimensional y forman un riel compacto 3. Una primera corredera 6 se forma en la primera parte 4 del exoesqueleto y una segunda corredera 7 se forma en la segunda parte 5 del exoesqueleto, con cada corredera 6, 7, provista de un conjunto de elementos rodantes que permiten el movimiento del respectivo riel parcial con respecto a la respectiva primera o segunda parte 4, 5 del exoesqueleto.

El sexto modo de realización ejemplar es una articulación para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para el soporte de una articulación de codo. Una vista axonométrica que ilustra el modo de realización de esta articulación hueca con dos rieles parciales firmemente interconectados se muestra en la fig. 12. Solo existen dos rieles parciales en este modo de realización, donde los planos de disposición de ambos rieles parciales forman un ángulo de 90° , los radios de círculos de arcos circulares de rieles parciales son idénticos y al mismo tiempo los ángulos centrales de arcos circulares son exactamente de 180° . Los rieles parciales en forma de semicírculo se conectan por un marco recto corto con la longitud de los radios de arcos circulares y del mismo perfil que los rieles, de modo que tanto los rieles parciales como el marco se localizan en una curva tridimensional continua y en consecuencia forman una unidad compacta. Una primera corredera 6 se forma en la primera parte 4 del exoesqueleto y una segunda corredera 7 se forma en la segunda parte 5 del exoesqueleto, con cada corredera 6, 7, provista de un conjunto de elementos rodantes que permiten el movimiento del respectivo riel parcial con respecto a la respectiva primera o segunda parte 4, 5 del exoesqueleto. Esta articulación interconecta la primera y la segunda parte relativamente móvil 4, 5 del exoesqueleto, con la primera parte 4 del exoesqueleto conectada a un primer objeto móvil 1, es decir, a un antebrazo, mientras que la segunda parte 5 del exoesqueleto se une a un segundo objeto móvil 2, específicamente a la parte superior del brazo. Ambas partes 4, 5 del exoesqueleto tienen forma de manguito.

Aplicabilidad industrial

La presente invención de una articulación de exoesqueleto se puede usar para una construcción de exoesqueletos llevables más compactos, por ejemplo, para incrementar la fuerza de movimiento del usuario, su protección o rehabilitación, mientras se garantiza el libre movimiento del usuario.

El principio de diseño se puede usar en muchas articulaciones de exoesqueleto, que en caso de uso de combinaciones de articulaciones de rotación estándar da lugar a soluciones estructuralmente complejas con muchos grados de libertad, lo que da lugar a un control más complicado de la cinemática del sistema.

Lista de números de referencia

	1 Primer objeto móvil
5	2 Segundo objeto móvil
	3 Riel
	31 Primer y tercer riel
10	32 Segundo y cuarto riel
	4 Primera parte del exoesqueleto
15	5 Segunda parte del exoesqueleto
	6 Primera corredera
	7 Segunda corredera
20	8 Marco

REIVINDICACIONES

1. Una articulación con dos grados de libertad para su uso en exoesqueletos y dispositivos de rehabilitación para la conexión de una primera y una segunda partes relativamente móviles del exoesqueleto, la articulación comprende al menos un primer y un segundo riel (3, 31, 32) en forma de arcos circulares, que se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de los círculos de los arcos circulares difieren, y además una corredera dispuesta de forma móvil sobre cada riel (3, 31, 32), **caracterizada por que** los rieles (3, 31, 32) se interconectan firmemente y las correderas (6, 7) son cada una adecuadas para la conexión a otra parte relativamente móvil del exoesqueleto, o las correderas (6, 7) se interconectan firmemente y los rieles (3, 31, 32) son cada uno adecuados para la conexión a otra parte relativamente móvil del exoesqueleto.
2. La articulación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que**, además del primer y segundo riel (3, 31, 32) en forma de arcos de círculo, comprende un tercer y cuarto rieles paralelos (3, 31, 32), el primer y el tercer riel (31) se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares y los círculos de arcos circulares tienen el mismo radio, y el segundo y cuarto rieles (32) se localizan en dos planos paralelos entre sí, en la que los centros de círculos de sus arcos circulares se localizan en una sola línea recta perpendicular a los respectivos planos definidos por los arcos circulares, y los tercer y cuarto rieles (3, 31, 32) están provistos de otra corredera (6, 7) desplazable sobre los mismos.
3. La articulación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** los radios de círculos de arcos circulares de los rieles (3, 31, 32) son idénticos.
4. La articulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los rieles (3, 31, 32) se interconectan firmemente o bien las correderas (6, 7) se interconectan firmemente por un marco (8).
5. La articulación de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizada por que** los ángulos centrales de arcos circulares son exactamente de 180° y los rieles (3, 31, 32) en forma de semicírculo se localizan en una curva cerrada tridimensional y forman una unidad compacta.
6. La articulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** las líneas rectas que intersecan centros de círculos de arcos circulares y perpendiculares a los respectivos planos definidos por los arcos circulares se intersecan entre sí en un solo punto.
7. Dispositivo de rehabilitación provisto de la articulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

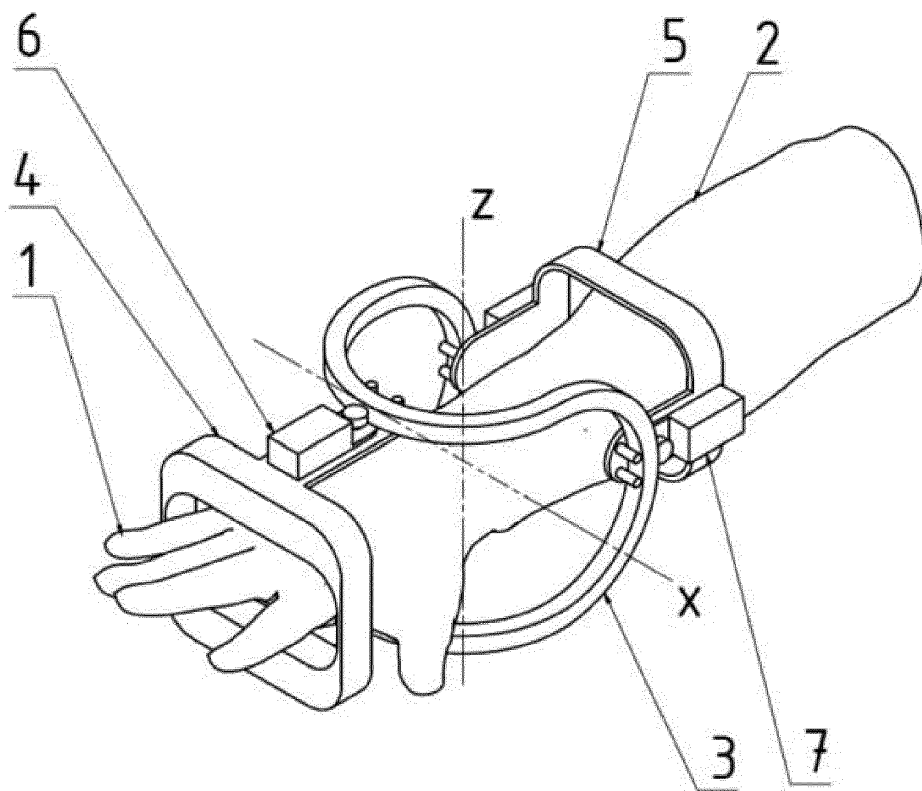


Fig. 1

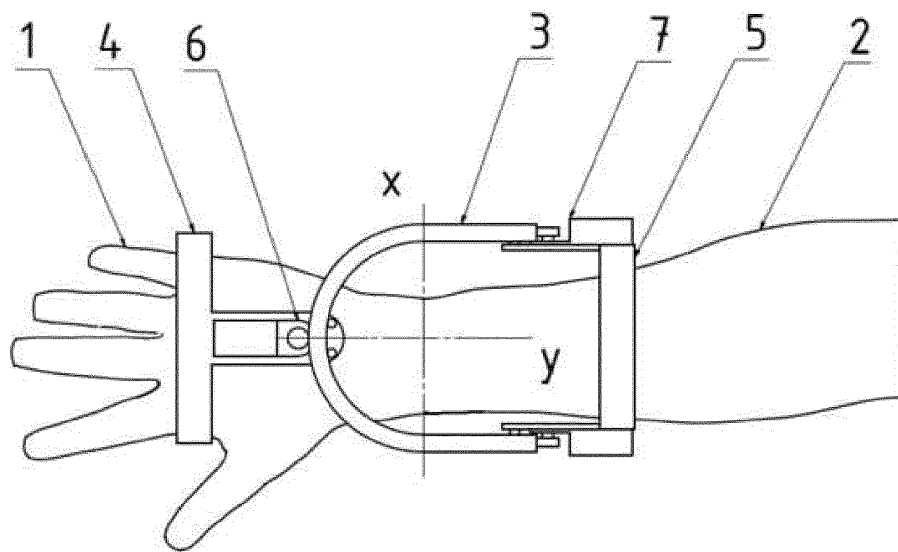


Fig. 2

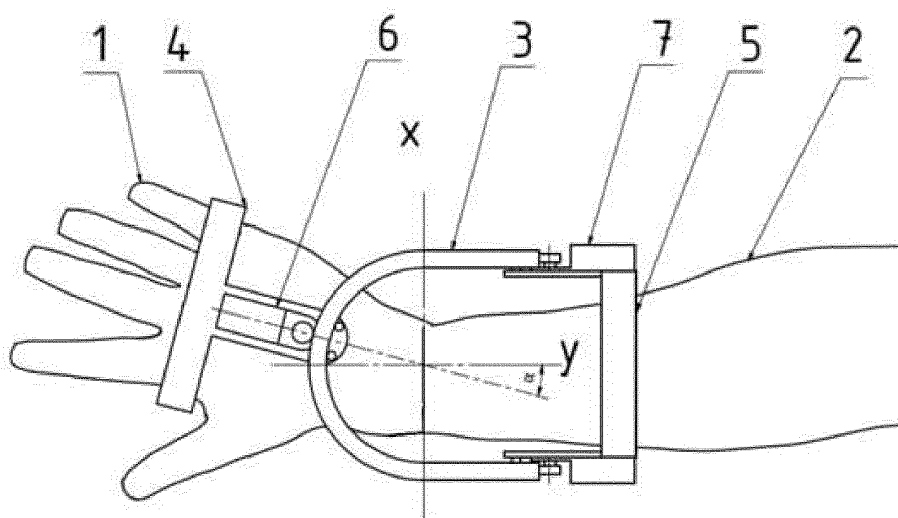


Fig. 3

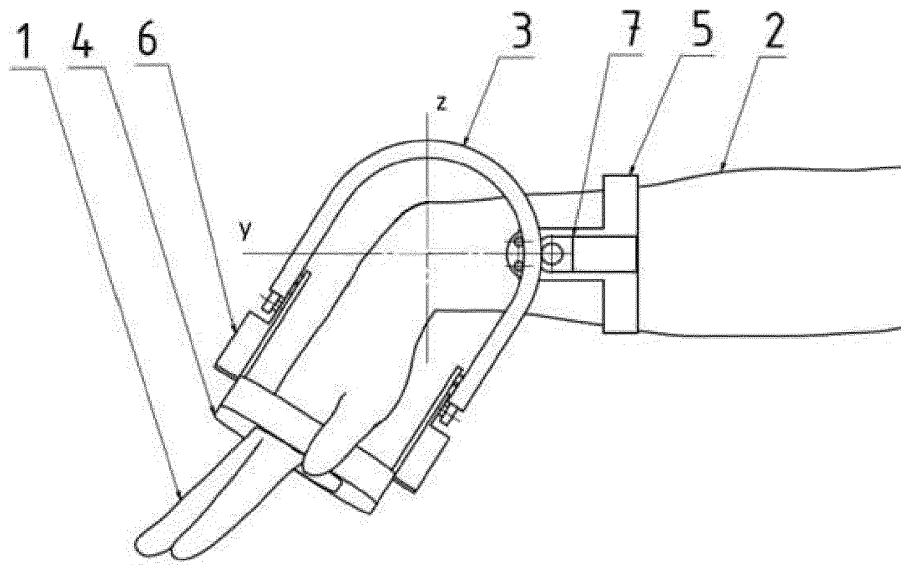


Fig. 4

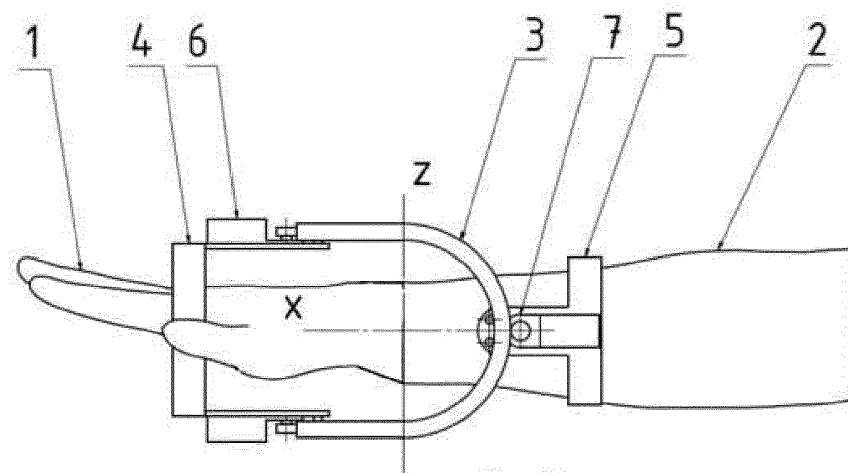


Fig. 5

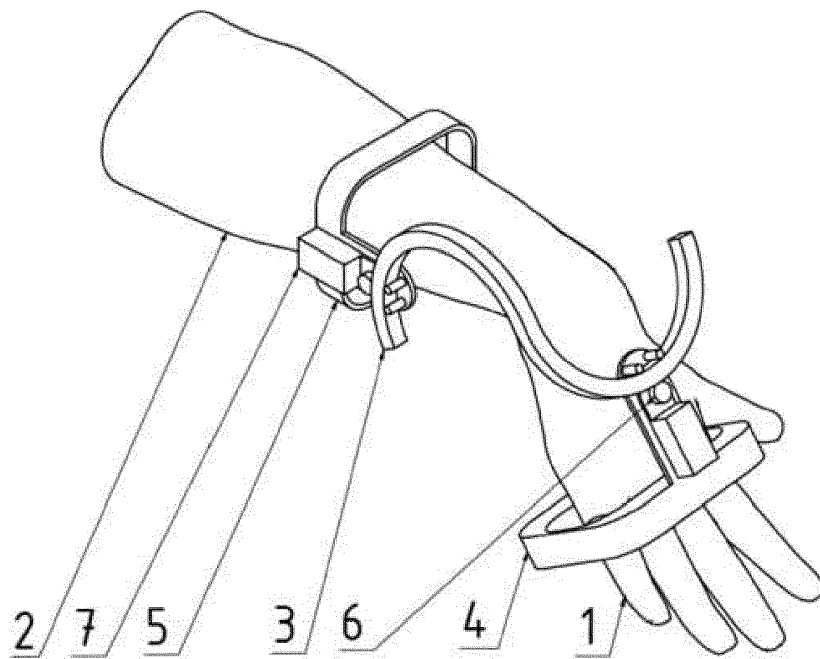


Fig. 6

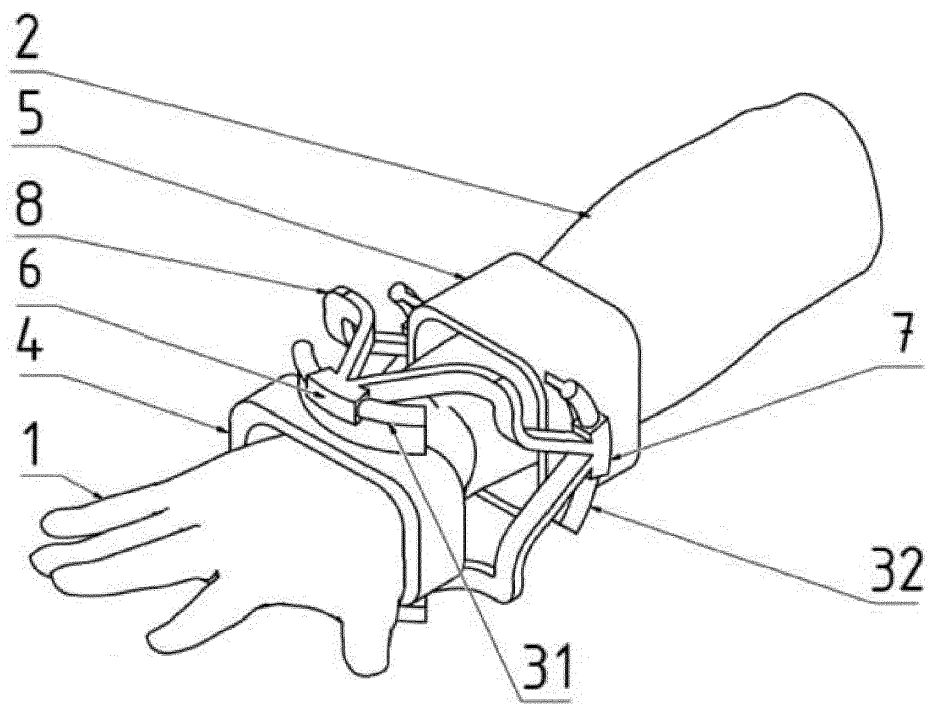


Fig. 7

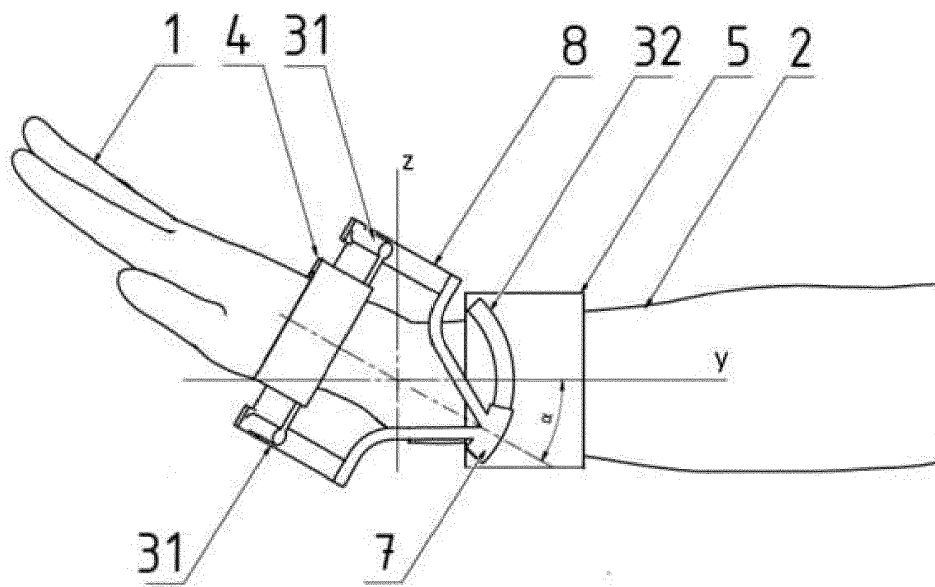


Fig. 8

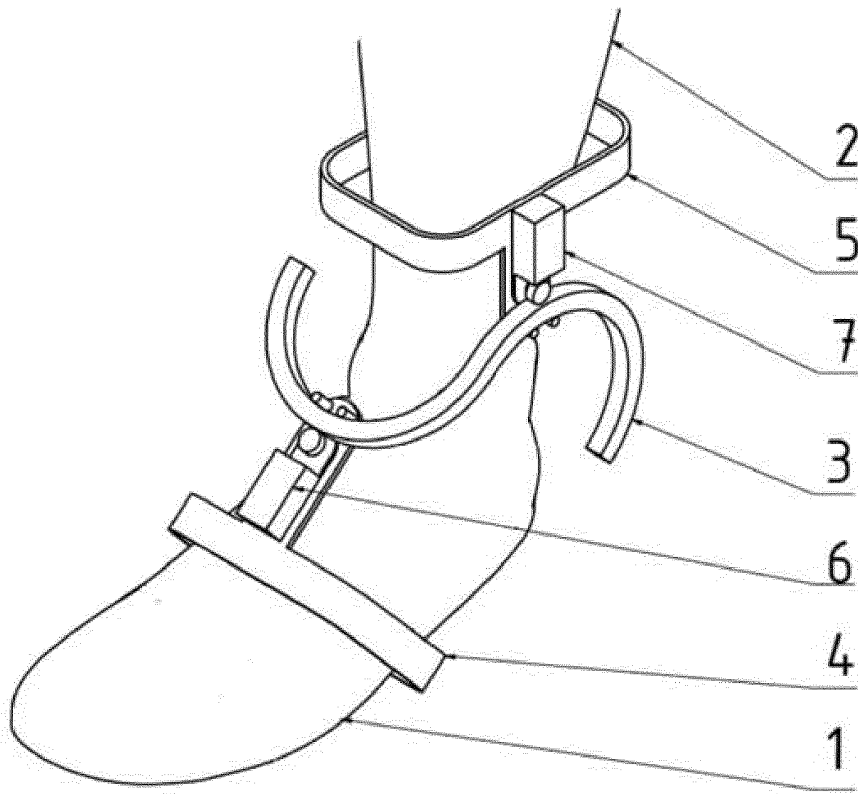


Fig. 9

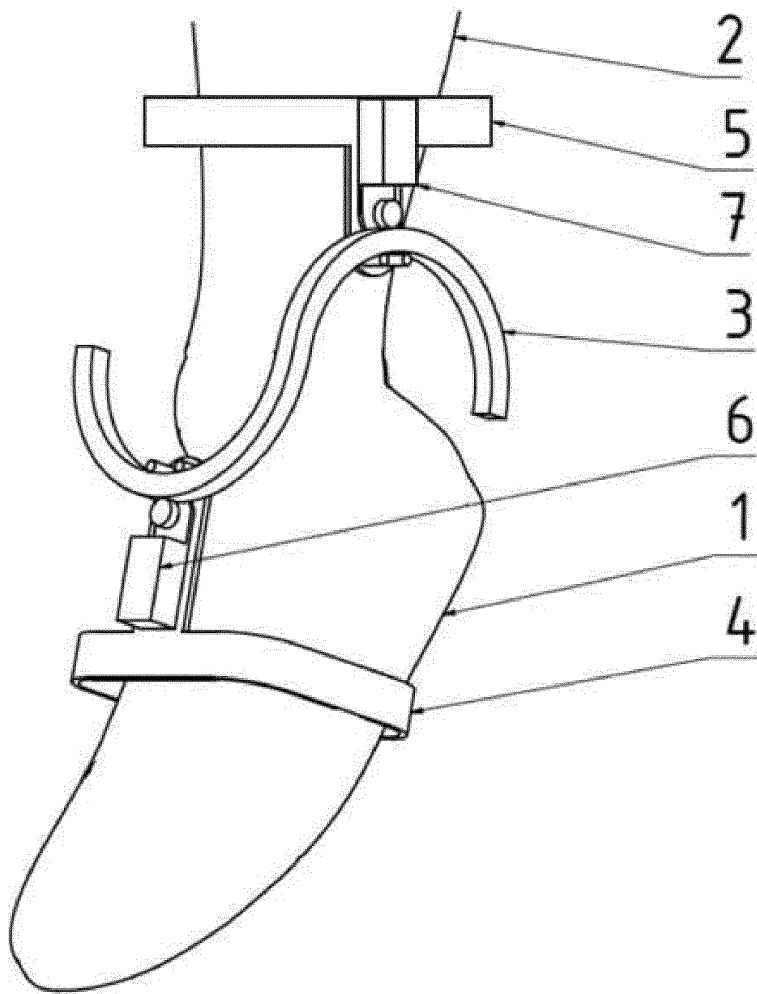


Fig. 10

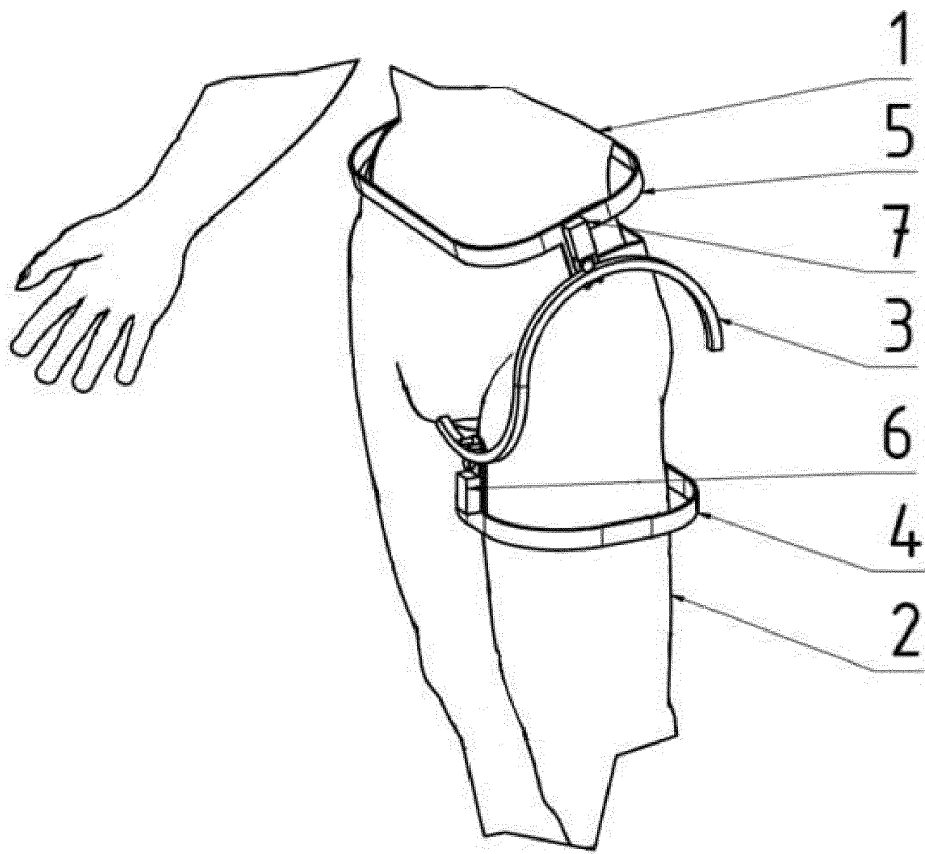


Fig. 11

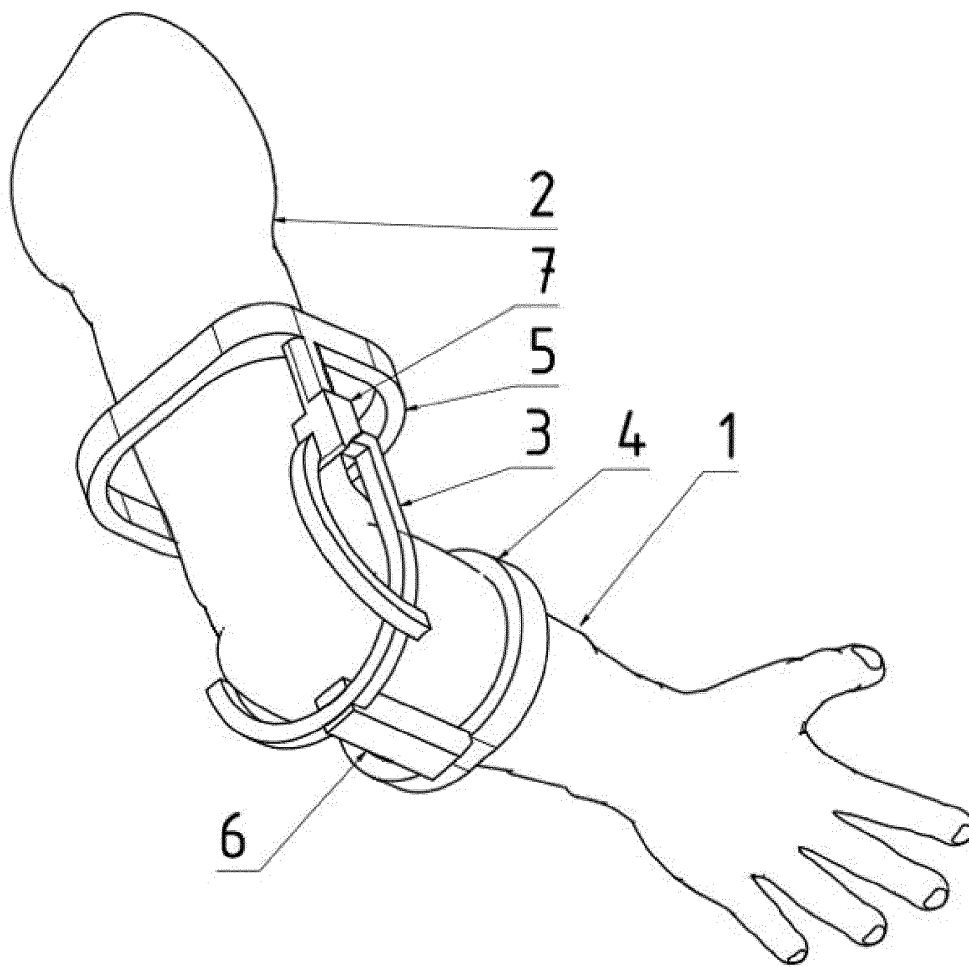


Fig. 12