

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 317 816**

21 Número de solicitud: 202530641

51 Int. Cl.:

A61B 90/60 (2006.01)

A61B 90/50 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

09.04.2025

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.05.2025

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (40.00%)

LOS CASTROS 54

39005 SANTANDER (Cantabria) ES y

SERVICIO CÁNTABRO DE SALUD (60.00%)

72 Inventor/es:

SANCIBRIÁN HERRERA, Ramón;

LOBO DURO, David y

HOYOS ÁLVAREZ, Rubén

54 Título: **Exoesqueleto para mejorar la ergonomía de cirujanos en cirugía mínimamente invasiva y en procedimientos de radiología intervencionista**

ES 1 317 816 U

DESCRIPCIÓN

Exoesqueleto para mejorar la ergonomía de cirujanos en cirugía mínimamente invasiva y en procedimientos de radiología intervencionista

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se sitúa en el ámbito técnico de los accesorios destinados a la cirugía, específicamente en el terreno de los soportes o accesorios ergonómicos diseñados para cirujanos, y se refiere en particular a un exoesqueleto para mejorar la ergonomía de cirujanos durante intervenciones quirúrgicas de cirugía mínimamente invasiva (CMI) y de procedimientos de radiología intervencionista, pero puede extenderse a otras actividades quirúrgicas que presenten condiciones de trabajo similares. El uso de este exoesqueleto contribuye a mitigar la fatiga física del cirujano durante las operaciones y reduce o elimina las diversas lesiones musculoesqueléticas que pueden surgir a medio y/o largo plazo en los cirujanos debido a la adopción de posturas forzadas y estáticas durante largos periodos de tiempo.

10

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Hay una clara evidencia científica que respalda el éxito de la transición de la cirugía abierta tradicional a la Cirugía Mínimamente Invasiva (CMI), como por ejemplo la cirugía endoscópica, evidenciando múltiples beneficios tanto para los pacientes como para el sistema de salud en su conjunto [1]. El desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva ha ido de la mano del desarrollo tecnológico, incorporando al quirófano elementos como el endoscopio, monitores de alta definición, e instrumentos quirúrgicos especiales, entre otros.

20

25

No obstante, la introducción de estas tecnologías innovadoras conlleva desafíos adicionales. Un ejemplo claro se observa en la manipulación de esta tecnología por parte de los cirujanos, donde es común que se adopten posturas forzadas e incómodas durante las intervenciones quirúrgicas y que, como consecuencia, aparezcan efectos no deseados como por ejemplo trastornos musculoesqueléticos. En efecto, en esta actividad quirúrgica la falta de ergonomía es debida a numerosos factores como son: lo reducido del espacio de trabajo, los pequeños movimientos y las posiciones prácticamente estáticas que los cirujanos deben mantener largo tiempo durante la realización de las operaciones [2]. Actualmente, estas operaciones se realizan sin contar con ningún tipo de apoyo ergonómico que minimice estos efectos indeseados teniendo importantes consecuencias sobre la salud de los cirujanos.

30

35

De acuerdo con diversos estudios [3–5], cerca del 90% de los cirujanos especializados en cirugías endoscópicas, experimentan trastornos musculoesqueléticos en el medio o largo plazo. Estos trastornos son especialmente evidentes en el caso de la Cirugía Endoscópica Nasosinusal (CENS) [6,7]. En estos casos, la naturaleza de su labor implica mantener en una posición estática el brazo y la mano mientras sujeta el endoscopio durante largos periodos de tiempo, sin disponer de un apoyo adecuado que minimice el esfuerzo muscular que esto requiere. El mantenimiento, prácticamente estático, de esta postura durante muy largos periodos de tiempo conduce en el corto plazo a la fatiga física del cirujano, principalmente en el brazo y hombro que sujetan el endoscopio. La aparición de síntomas de fatiga en el cirujano aumenta el riesgo de cometer errores, lo que implica un riesgo también para el paciente [8]. Además, estas posturas en el medio y largo plazo conducen a lesiones musculoesqueléticas, particularmente en la región del hombro y el brazo, pero también afectando al cuello y espalda [7][9]. Los resultados de estos estudios publicados en la bibliografía evidencian los desafíos ergonómicos asociados con esta forma de práctica quirúrgica.

Por su parte, en el caso de la radiología intervencionista, los cirujanos soportan durante largos periodos de tiempo y en posiciones muy estáticas guías o catéteres, lo que hace que también en estos procedimientos se adopten posturas forzadas e incómodas.

A pesar de toda esta problemática, apenas se han desarrollado hasta la actualidad dispositivos ergonómicos efectivos que ayuden en su trabajo al cirujano reduciendo la fatiga y riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Por ejemplo, en un desarrollo anterior realizado por este mismo equipo de trabajo [13] se abordó este problema mediante el desarrollo de un “Dispositivo reposabrazos para cirugía endoscópica” (U202130841). Este dispositivo se acopla al cuerpo del cirujano durante sus intervenciones y permite reposar el brazo en la posición estática antes mencionada. Sin embargo, se han detectado ciertas limitaciones como son: (1) es un sistema demasiado rígido, limitando en exceso el movimiento de la mano y el brazo, (2) no se adapta fácilmente a las características morfológicas del cuerpo particular de cada cirujano, y (3) cuando no es necesario su uso limita o entorpece el movimiento del brazo del cirujano.

Por otro lado, se pueden encontrar soluciones ergonómicas innovadoras que existen en otros sectores como son las sillas ergonómicas, reposamuñecas y exoesqueletos. Estas soluciones ofrecen respuestas diversificadas que pueden trasladarse a los desafíos ergonómicos en el entorno quirúrgico. Sin embargo, la adaptación a la CMI o a los procedimientos de radiología intervencionista de sistemas ergonómicos utilizados en otros entornos no es sencilla debido a

las características particulares del entorno quirúrgico.

Por ejemplo, en la bibliografía se puede encontrar referencias a sillas ergonómicas para cirugía mínimamente invasiva [10]. En este caso se trata de una silla especialmente diseñada para cirujanos CENS que incorpora un reposabrazos lateral. Tanto la silla como el reposabrazos son ajustables en altura, proporcionando una solución ergonómica para adaptarse a las necesidades específicas de estos profesionales. A pesar de que puede considerarse como una solución ergonómica factible para cirujanos, muchos cirujanos prefieren llevar a cabo su trabajo de pie, encontrando el uso de una silla engorroso, incómodo o limitante de movimientos.

Por otra parte, se tiene conocimiento de exoesqueletos utilizados por trabajadores y operarios de fabricación en sectores como la aviación y la automoción para mitigar su fatiga cuando deben mantener sus brazos elevados durante períodos prolongados en determinadas operaciones de montaje [8]–[12]. Estos dispositivos constan de una estructura mecánica acoplada al cuerpo del operario, que se acciona mediante actuadores activos o pasivos consiguiendo que la carga de trabajo sea absorbida por el sistema. De esta forma se descarga físicamente la actividad del cuerpo del operario, reduciendo el riesgo de aparición de los trastornos musculoesqueléticos derivados de posturas mantenidas. Sin embargo, se destaca que los exoesqueletos actuales son elementos costosos y voluminosos, cuyo objeto de uso dista bastante de los requisitos necesarios en aplicaciones quirúrgicas, dificultando por tanto su implementación directa en el entorno de un quirófano.

Por tanto, del estado de la técnica existente se determina que los exoesqueletos han aportado soluciones ergonómicas en otros entornos laborales y, por tanto, lo deseable es también conseguir estas mismas ventajas en el quirófano. Sin embargo, no es posible utilizar los exoesqueletos comerciales existentes directamente en quirófano, ya que la problemática ergonómica no es la misma que la abordada en otros sectores. El uso de un exoesqueleto que mejore las condiciones ergonómicas en quirófano requiere un diseño original y optimizado a las condiciones específicas de este entorno laboral.

Ante esta realidad y considerando lo expuesto en este estado actual de la técnica, se plantea la necesidad de disponer de un dispositivo que disminuya tanto la fatiga como los trastornos musculoesqueléticos afectando a los cirujanos como consecuencia de su actividad quirúrgica. A continuación, se presenta un sistema exoesqueleto original diseñado específicamente para aplicaciones quirúrgicas.

REFERENCIAS

- [1] I. Watanabe, M. Miyamoto, H. Nakagawa, and K. Saito, "Ergonomic advantage of pistol-grip endoscope in the ENT practice," *Laryngoscope Investig. Otolaryngol.*, vol. 6, no. 2, pp. 252–260, 2021.
- [2] M. C. Gutierrez-Diez, M. A. Benito-Gonzalez, R. Sancibrian, M. A. Gandarillas-Gonzalez, C. Redondo-Figuero, and J. C. Manuel-Palazuelos, "A study of the prevalence of musculoskeletal disorders in surgeons performing minimally invasive surgery," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 24, no. 1, pp. 111–117, 2018.
- [3] D. Lobo, J. Viera-Artiles, J. Maza, and R. Megía, "Ergonomic Aspects and Instrumentation in Frontal Sinus Surgery BT - Atlas of Frontal Sinus Surgery: A Comprehensive Surgical Guide," D. R. Lobo, J. V. Artiles, and J. A. Ospina, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 113–127.
- [4] P. Maniam, J. Lucocq, R. Gohil, G. Lewis-Morgan, and A. Rokade, "Patient and physician positioning during anterior skull base surgery impacts physician ergonomics.," *Br. J. Neurosurg.*, vol. 36, no. 3, pp. 394–399, Jun. 2022.
- [5] Y. Vaisbuch *et al.*, "Ergonomic hazards in otolaryngology," *Laryngoscope*, vol. 129, no. 2, pp. 370–376, 2019.
- [6] R. M. Little, A. M. Deal, A. M. Zanation, K. McKinney, B. A. Senior, and C. S. J. Ebert, "Occupational hazards of endoscopic surgery.," *Int. Forum Allergy Rhinol.*, vol. 2, no. 3, pp. 212–216, 2012.
- [7] V. R. Ramakrishnan and B. M. Milam, "Ergonomic analysis of the surgical position in functional endoscopic sinus surgery," *Int. Forum Allergy Rhinol.*, vol. 7, no. 6, pp. 570–575, 2017.
- [8] A. Moya-Esteban, G. Durandau, H. van der Kooij, and M. Sartori, "Real-time lumbosacral joint loading estimation in exoskeleton-assisted lifting conditions via electromyography-driven musculoskeletal models," *J. Biomech.*, vol. 157, Aug. 2023.
- [9] J. Hwang, V. N. Kumar Yerriboina, H. Ari, and J. H. Kim, "Effects of passive back-support exoskeletons on physical demands and usability during patient transfer tasks," *Appl. Ergon.*, vol. 93, May 2021.
- [10] J. C. Gillette, S. Saadat, and T. Butler, "Electromyography-based fatigue assessment of an upper body exoskeleton during automotive assembly," *Wearable Technol.*, vol. 3, 2022.
- [11] J. P. Pinho *et al.*, "A comparison between three commercially available exoskeletons in the automotive industry: An electromyographic pilot study," *Proc. IEEE RAS EMBS Int. Conf. Biomed. Robot. Biomechatronics*, vol. 2020-November, pp. 246–251, 2020.

- [12] E. Prassler and A. Baroncelli, "Interview with Ottobock's Exoskeleton Team Leader [Industrial Activities]," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 24, no. 4. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 6–8, 01-Dec-2017.
- [13] Feasibility of an Exoskeleton Armrest to Improve Ergonomics during Endoscopic Sinus and Skull Base Surgery. Lobo D, Sancibrian R, Mesones A, Llata JR, Williams M, Viera-Artiles J. *Laryngoscope*. 2024 Jan;134(1):79-86. doi: 10.1002/lary.30790. Epub 2023 May 31. PMID: 37255028

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un dispositivo exoesqueleto para cirugía mínimamente invasiva y para procedimientos de radiología intervencionista, que comprende:

-un soporte del antebrazo con forma curva que sirve de apoyo y se adapta a la forma del antebrazo del usuario, estando dicho soporte del antebrazo situado en la parte superior del dispositivo y configurado para proporcionar reposo al antebrazo del cirujano;

-un acoplamiento al torso que se ajusta al torso del usuario de acuerdo con sus medidas antropométricas configurado para poder ajustarse en el torso, cadera o muslo; en el lado izquierdo o derecho, en función del brazo al que se desee proporcionar descanso, tal que presenta una forma curva configurada para adaptarse a la forma del cuerpo del usuario, y tal que este acoplamiento comprende unas ranuras de arnés por donde introducir las correas ajustables para su sujeción firme al cuerpo del cirujano;

tal que el exoesqueleto comprende:

-una articulación del soporte que está configurada para permitir una rotación esférica en la base del soporte del antebrazo y para fijar la posición relativa con el soporte del antebrazo, y que se une en su extremo superior al extremo inferior del soporte del antebrazo y en su extremo inferior al extremo superior de un mecanismo de posicionamiento

-un mecanismo de posicionamiento que está configurado para posicionar el conjunto formado por la articulación del soporte y el soporte del antebrazo en cualquier posición que requiera el cirujano en el desplazamiento voluntario de su brazo, y que funciona en los siguientes modos:

- Modo acoplado y bloqueado: configurado para proporcionar soporte estructural y descanso al brazo del cirujano apoyado sobre el soporte del antebrazo, aunque el bloqueo no es absoluto facilitando movimientos en el plano horizontal del brazo apoyado

del cirujano:

- Modo acoplado y desbloqueado: configurado para permitir el movimiento sin restricciones del brazo del cirujano, aunque el dispositivo continúa acoplado al antebrazo y al torso del cirujano;

5 - Modo desacoplado: configurado para que el cirujano pueda desacoplar el brazo del elemento que sirve de soporte del antebrazo;

y que se une en su extremo superior al extremo inferior de la articulación del soporte, y en su extremo inferior al acoplamiento al torso permitiendo el movimiento relativo entre ambos extremos;

10 -un sistema electromecánico configurado para el bloqueo/desbloqueo y acople/desacople del dispositivo y que permite al dispositivo actuar como soporte estructural del antebrazo cuando se requiere reposo, o como mecanismo formado por elementos rígidos y articulaciones permitiendo el movimiento libre del brazo cuando no se requiere el reposo, y que comprende a su vez:

15 - una interfaz de activación configurada para activar estos bloqueos y desbloqueos, acoples y desacoples;

- un sistema de retención electromecánico configurado para implementar la activación/desactivación.

20 En una posible realización, la articulación del soporte comprende dos elementos: una articulación superior configurada para permitir el giro del soporte del antebrazo en un eje perpendicular al eje del antebrazo y una articulación inferior configurada para permitir el giro en un eje transversal al eje del antebrazo. Preferentemente, el soporte del antebrazo comprende dos elementos: una pieza con forma curva en la parte superior que sirve de apoyo al
25 antebrazo del cirujano, y una guía en la parte inferior que sirve de conexión con la articulación del soporte. Preferentemente, la articulación superior se une a la guía del soporte del antebrazo, tal que esta fijación se realiza con un tornillo de fijación situado en el eje transversal del conjunto articulación superior-guía y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación superior y en la guía, de forma que este tornillo de fijación bloquea la posición
30 relativa entre estos dos elementos durante su uso, fijándose la posición al gusto del usuario o adaptada a las dimensiones antropométricas del mismo; y donde la articulación superior se une a la articulación inferior mediante un tornillo-pasador de la articulación configurado para permitir el giro relativo entre articulación superior y articulación inferior en el eje perpendicular al eje del antebrazo, tal que ambas articulaciones contienen los orificios concéntricos
35 necesarios para el acoplamiento de dicho elemento; y donde la articulación inferior se une al mecanismo de posicionamiento mediante un tornillo-pasador de la barra interna situado en el

eje perpendicular al eje principal de dicha barra y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación inferior y en el extremo superior de la barra externa, tal que el mecanismo de posicionamiento permite adaptar la altura y orientación del soporte del antebrazo y de la articulación superior.

5

En una posible realización, el mecanismo de posicionamiento está formado por un soporte en C, una barra externa hueca y una barra interna; tal que el soporte en C se une al acoplamiento al torso mediante un bulón, eje o tornillo del acoplamiento configurado para permitir el giro sobre el acoplamiento al torso alrededor de un eje perpendicular a dicho acoplamiento, lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario principalmente hacia delante y hacia detrás; y tal que el soporte en C se une a su vez a la barra externa hueca, tal que la barra externa hueca queda comprendida entre los extremos del soporte en C, de forma que un bulón, eje o tornillo de la barra externa atraviesa tres aberturas concéntricas situadas en el soporte en C, la barra externa hueca y de nuevo en el soporte en C, de forma que el soporte en C, estando el bulón, eje o tornillo de la barra externa configurado para permitir el giro relativo entre el soporte en C y la barra externa, lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario principalmente hacia la derecha y hacia la izquierda; y tal que la barra interna desliza por el interior de una oquedad de la barra externa en ambos sentidos, lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario principalmente hacia arriba y hacia abajo. Preferentemente, el sistema de retención electromecánico es al menos un electroimán situado sobre la barra externa configurado para impedir el deslizamiento de la barra interna sobre la barra externa, lo que impide el desplazamiento arriba/abajo del brazo, y donde la barra interna es de material ferromagnético.

10
15
20

En una posible realización, la interfaz de activación son botones situados en el entorno del exoesqueleto. Alternativamente, la interfaz de activación es un módulo de reconocimiento de voz, configurado para permitir al sistema electromecánico identificar las órdenes orales del cirujano y realizar dichas operaciones, así como botones situados en el entorno del exoesqueleto.

25

En una posible realización, el sistema electromecánico está comprendido en una caja de la electrónica que a su vez se sitúa en el acoplamiento al torso, tal que dicho sistema electromecánico comprende además una batería y un microcontrolador.

30

En una posible realización, la superficie curva del soporte del antebrazo está cubierta por un material de textura esponjosa para facilitar el reposo del brazo.

35

En una posible realización, el soporte del antebrazo se une al antebrazo del usuario mediante

cintas de amarre que unidas al soporte del antebrazo rodean el antebrazo ajustándose al tamaño necesario mediante el uso de hebillas o cierres de tipo gancho o bucle. Alternativamente, el soporte del antebrazo se une al antebrazo del usuario mediante el uso de electroimanes de sujeción situados en el soporte del antebrazo, tal que el usuario lleva montada una chapa metálica de material ferromagnético en el antebrazo, de forma que cuando se activan los electroimanes se genera una fuerza electromagnética de atracción que une el antebrazo del usuario al soporte del antebrazo.

En una posible realización, el acoplamiento al torso comprende cuatro ranuras, dos para la parte alta del acoplamiento que se une a la cadera y torso superior, y otras dos en la parte baja para unirla al muslo del usuario.

En una posible realización, la parte interna del acoplamiento al torso comprende una textura esponjosa configurada para mejorar el contacto con el cuerpo del usuario y facilitar su acoplamiento.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra al cirujano en el entorno quirúrgico sujetando el endoscopio con su mano izquierda en la posición que debe mantenerse estática durante largo tiempo.

Figura 2.- Muestra al cirujano en la posición de sujeción del endoscopio donde el antebrazo izquierdo tiene que mantenerse elevado y en posición estática de aproximadamente 90 grados con respecto al brazo que se mantiene vertical. Esta figura muestra dos vistas del mismo cirujano en la misma posición, la vista (a) es una vista lateral y la vista (b) es una vista trasera. El cirujano lleva acoplado a la altura de la cadera el dispositivo objeto de esta invención lo que le permite utilizarlo como apoyo de reposo del antebrazo en el modo bloqueado y acoplado (Modo A).

Figura 3.- Muestra una perspectiva general del conjunto del dispositivo con todos los elementos, excluyendo de la representación las correas del arnés.

Figura 4.- Muestra una perspectiva en detalle del soporte del antebrazo en una realización preferente con electroimanes como mecanismo de acoplamiento. Se muestra la situación de estos electroimanes para el acoplamiento del brazo del cirujano.

5 Figura 5.- Muestra una perspectiva en detalle del brazo del cirujano llevando las cintas de amarre y la chapa metálica para su acoplamiento con el soporte del antebrazo mediante electroimanes en una realización preferente.

10 Figura 6.- Muestra una perspectiva explosionada del conjunto superior incluyendo el soporte del antebrazo, la articulación superior y la articulación inferior. También muestra la forma de fijación de dichas articulaciones.

15 Figura 7.- Muestra una perspectiva en detalle del conjunto superior indicando los movimientos de rotación proporcionados por las articulaciones.

20 Figura 8.- Muestra una perspectiva explosionada de la parte inferior del dispositivo mostrando el mecanismo de posicionamiento y las diferentes rotaciones y desplazamientos aportados por cada elemento.

25 Figura 9.- Muestra al cirujano con el dispositivo objeto de esta invención en modo desbloqueado y acoplado (Modo B) con el brazo en dos posiciones: (a) con el antebrazo en una posición baja, y (b) con el antebrazo en una posición elevada.

30 Figura 10.- Muestra dos vistas del cirujano con el dispositivo objeto de esta invención en modo desacoplado (Modo C) con el brazo elevado: (a) vista frontal-lateral y (b) vista trasera-lateral.

35 Figura 11.- Muestra esquemáticamente el sistema electromecánico de control del dispositivo objeto de esta invención formado por electroimanes, batería, microcontrolador, botones y sistema de reconocimiento de voz en una realización preferente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido
35 excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

5 Las características del dispositivo de la invención, así como las ventajas derivadas del mismo, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

10 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

15 A continuación, se describe un exoesqueleto para mejorar la ergonomía de cirujanos en cirugía mínimamente invasiva (CMI) y en procedimientos de radiología intervencionista. El dispositivo de la invención está diseñado para integrarse de manera adaptable al cuerpo del cirujano (o usuario), permitiendo los movimientos fluidos que requiere este tipo de actividad y actuando como un sistema reposabrazos cuando las condiciones de la actividad quirúrgica lo precisen. El
20 diseño está pensado para cirujanos en CMI, como puede ser el caso de: cirugía cardiovascular, urológica, cirugía general, neurocirugía, etc; así como para cirujanos en procedimientos de radiología intervencionista. La figura 1 muestra al cirujano (2) en el entorno quirúrgico sujetando un endoscopio con su mano izquierda en la posición que debe mantenerse estática durante largo tiempo, sin incluir el dispositivo de la invención.

25 El exoesqueleto (1) que se describe a continuación está diseñado para aportar reposo al cirujano o usuario (2) en el antebrazo (3), cuando debe mantener dicho brazo en posición estática y elevada durante un tiempo prolongado, tal y como muestra la figura 2.

30 El dispositivo de la invención comprende un acoplamiento al torso (4), un mecanismo de posicionamiento (18), un soporte del antebrazo (5), una articulación del soporte (7) y un sistema electromecánico (17) de control del dispositivo. El dispositivo completo comprende varias piezas mecánicas unidas mediante acoplamientos, tornillos y formando articulaciones que permiten el movimiento relativo de las diferentes partes del dispositivo. Además, el dispositivo permite ciertos
35 ajustes dimensionales para adaptarse a las condiciones antropométricas del cirujano (2), como pueden ser el tamaño de la superficie del acoplamiento al torso (4) y el soporte del antebrazo (5).

La figura 3 muestra una descripción completa del dispositivo.

El antebrazo (3) del cirujano (2) se acopla de forma solidaria al soporte del antebrazo (5), situado en la parte superior del dispositivo, que actúa como reposabrazos cuando es requerido por el usuario (2). El soporte del antebrazo (5) presenta una forma curva que sirve de apoyo y se adapta a la forma del antebrazo (3) del usuario (2), favoreciendo su comodidad. En una posible realización, esta superficie curva está cubierta por un material de textura esponjosa para facilitar el reposo del brazo, reduciendo así los puntos de presión. La parte inferior del soporte del antebrazo (5), esto es, el extremo opuesto a donde se sitúa el antebrazo (3) del usuario (2), se une a la articulación del soporte (7).

Para conseguir una unión continua entre el antebrazo (3) del usuario (2) y el dispositivo, en una posible realización, el soporte del antebrazo (5) se une al antebrazo (3) del usuario (2) mediante cintas de amarre (15) que unidas al soporte del antebrazo (5) rodean el antebrazo (3) ajustándose al tamaño necesario mediante el uso de hebillas o cierres de tipo gancho o bucle. En otra realización preferente, esta sujeción se realiza mediante el uso de electroimanes de sujeción (14) situados en el soporte del antebrazo (5), tal y como se muestra en la figura 4. Para ello es necesario que el usuario (2) lleve montada una chapa metálica (16) de material ferromagnético en el antebrazo (3) (ver figura 5). De esta forma, cuando se activan los electroimanes se genera una fuerza electromagnética de atracción que une el antebrazo (3) del usuario (2) al soporte del antebrazo (5). Cuando se desactivan los electroimanes se separa el antebrazo (3) del mencionado soporte.

En una posible realización, el soporte del antebrazo (5) comprende dos elementos: una pieza con forma curva (5a) en la parte superior que sirve de apoyo al antebrazo (3) del cirujano (2), y una guía (5b) en la parte inferior que sirve de conexión con la articulación del soporte (7), y que en una realización preferente tiene forma de cola de milano.

Por su parte, la articulación del soporte (7) comprende los componentes necesarios para permitir una rotación esférica en la base del soporte del antebrazo (5), actuando a la vez de unión entre este elemento y el mecanismo de posicionamiento (18), de tal manera que la articulación del soporte (7) se une en su extremo superior al extremo inferior del soporte del antebrazo (5), y en su extremo inferior al extremo superior del mecanismo de posicionamiento (18). También, la articulación del soporte (7) permite fijar la posición relativa del soporte del antebrazo (5) respecto de ella misma. El conjunto soporte del antebrazo (5) – articulación del soporte (7) está configurado para soportar directamente el antebrazo (3) del usuario (2)

cuando éste esté en reposo en el modo denominado bloqueado y acoplado (Modo A), y que se describirá más adelante. A la vez, debe permitir movimientos en el plano horizontal del antebrazo (3) del usuario (2) en este modo para ajustar ligeramente la posición de la mano que sujeta el endoscopio u otro instrumento quirúrgico. La disposición de estos elementos se observa en la figura 6 en una vista explosionada del soporte del antebrazo (5) y la articulación del soporte (7) y en la figura 7 en una vista del mismo ensamblaje.

En una posible realización, la rotación esférica se consigue mediante la implementación de dos giros entre dos ejes perpendiculares entre sí. Para ello, esta articulación comprende dos elementos: una articulación superior (7a) y una articulación inferior (7b). La articulación superior (7a) permite el giro del soporte del antebrazo (5) en un eje perpendicular al eje del antebrazo (5c) y la articulación inferior (7b) permite el giro en un eje transversal al eje del antebrazo (5c). La articulación superior (7a) se une a la guía (5b) del soporte del antebrazo (5), permitiendo así el desplazamiento solidario entre ambos elementos. Esta fijación se realiza con un tornillo de fijación (7c) situado en el eje transversal del conjunto articulación superior (7a)-guía (5b) y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación superior (7a) y en la guía (5b). Este tornillo de fijación (7c) bloquea la posición relativa entre estos dos elementos durante su uso, fijándose la posición al gusto del usuario (2) o adaptada a las dimensiones antropométricas del mismo. La articulación superior (7a) se une a la articulación inferior (7b) mediante un tornillo-pasador de la articulación (7e) que permite el giro relativo entre ellas en el eje perpendicular al eje del antebrazo (5c). Para ello, ambas articulaciones contienen los orificios concéntricos necesarios para el acoplamiento de dicho elemento. La articulación inferior (7b) se une al mecanismo de posicionamiento (18) mediante un tornillo-pasador de la barra interna (7f), véase figura 8, que permite el giro en un eje transversal al eje del antebrazo (5c). Para ello, la articulación inferior (7b) y el mecanismo de posicionamiento (18) cuentan con los orificios concéntricos necesarios para la materialización de esta unión articulada.

Por su parte, el mecanismo de posicionamiento (18) se une en su extremo superior al extremo inferior de la articulación del soporte (7), y en su extremo inferior al acoplamiento al torso (4) permitiendo el movimiento relativo entre ambos extremos y comprende los elementos mecánicos y articulaciones necesarios para posicionar el conjunto formado por la articulación del soporte (7) y el soporte del antebrazo (5) en cualquier posición que requiera el cirujano (2) en el desplazamiento voluntario de su brazo. También, permite el bloqueo del movimiento para proporcionar una estructura de reposo al brazo del cirujano (2).

Para posicionar el soporte del antebrazo (5) en el espacio de trabajo del cirujano (2) se requieren, al menos, tres grados de libertad que se obtienen mediante la combinación de movimientos de rotación y translación. Dependiendo de la configuración del mecanismo, estos movimientos pueden materializarse de distintas maneras, incluyendo: dos rotaciones y una translación (RRT), tres traslaciones (TTT), una rotación y dos translaciones (RTT), tres rotaciones (RRR) y otras combinaciones híbridas de los anteriores. Cada configuración presenta sus ventajas e inconvenientes en cuanto al tamaño del mecanismo, complejidad y facilidad de uso. Con cualquiera de estas disposiciones, este mecanismo permite situar al cirujano (2) su antebrazo (3) en la posición requerida en cada momento teniendo acoplado el soporte del antebrazo (5), posibilitando el movimiento del brazo del cirujano (2) de arriba abajo, de izquierda a derecha y de delante a detrás o cualquier combinación de dichos movimientos. El mecanismo de posicionamiento (18) está formado por elementos mecánicos que permiten actuar al dispositivo como estructura de soporte cuando esté activado, o como mecanismo articulado cuando esté desactivado. La figura 8 muestra una vista explosionada de este dispositivo.

En una realización preferente, el dispositivo de la invención está diseñado para permitir dos giros y una translación (RRT), ya que los inventores han determinado que es la elección más eficiente en este caso. En esta realización preferente, el mecanismo de posicionamiento (18) está formado por un soporte en C (8), una barra externa (9) y una barra interna (10). A través del movimiento relativo de este conjunto de elementos, junto con la articulación del soporte (7) ya descrita, se permite al usuario (2) situar el soporte del antebrazo (5) en cualquier posición para mantener sobre él el reposo del brazo. El soporte en C (8) se une al acoplamiento al torso (4) mediante un bulón, eje o tornillo del acoplamiento (11), permitiendo el giro sobre el acoplamiento al torso (4) alrededor de un eje perpendicular a dicho acoplamiento, lo que posibilita principalmente el movimiento del brazo del usuario (2) hacia delante y hacia detrás. A su vez, el soporte en C (8) se une a la barra externa (9) hueca, tal que la barra externa (9) hueca queda comprendida entre los extremos del soporte en C (8), de forma que un bulón, eje o tornillo de la barra externa (12) atraviesa tres aberturas concéntricas situadas en el soporte en C (8), la barra externa (9) hueca y de nuevo en el soporte en C (8). El soporte en C (8) tiene respecto de la barra externa (9) hueca un movimiento de rotación permitiendo el giro alrededor de un eje intermedio longitudinal al bulón, eje o tornillo de la barra externa (12), lo que permite el giro relativo entre los dos elementos y posibilita principalmente el movimiento del brazo del usuario (2) hacia la derecha y hacia la izquierda. En esta realización preferente, la forma en "C" permite una sujeción robusta de la barra externa (9) a la vez que permite el giro relativo. Finalmente, la barra interna (10) desliza por el interior de una oquedad de la barra externa (9) en ambos sentidos, permitiendo el movimiento del brazo del usuario (2) principalmente hacia arriba y hacia abajo, y se acopla en su extremo

superior con la articulación inferior (7b) uniéndose mediante el tornillo-pasador de la barra interna (7f) explicado anteriormente, situado en el eje perpendicular al eje principal de dicha barra y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación inferior (7b) y en el extremo superior de la barra externa (9). De esta manera, el mecanismo de posicionamiento (18) permite
 5 adaptar la altura y orientación del conjunto superior formado por el soporte del antebrazo (5) y la articulación del soporte (7). Hay que destacar que los elementos descritos no proporcionan los movimientos de adelante-atrás, arriba-abajo y giros de forma independiente, sino que todos influyen en cierto grado en los demás.

10 El acoplamiento al torso (4) se ajusta al torso del usuario (2) de acuerdo con sus medidas antropométricas, pudiendo ajustarse en el torso, cadera o muslo; en el lado izquierdo o derecho, dependiendo del brazo al que se desee proporcionar descanso. Este elemento tiene una superficie suficientemente amplia como para cubrir la cadera, o la parte inferior del torso o superior de la pierna del usuario (2) y presenta una forma curva configurada para adaptarse a la
 15 forma del cuerpo del usuario (2). Este acoplamiento comprende unas ranuras de arnés (4a) por donde introducir las correas ajustables (6) para su sujeción firme al cuerpo del cirujano (2), que pueden tener forma de arnés y que pueden abarcar tanto el tronco superior como el inferior. En una realización preferente, el acoplamiento al torso (4) comprende cuatro ranuras, dos para la parte alta del acoplamiento que se une a la cadera y torso superior, y otras dos en la parte baja
 20 para unirla al muslo del usuario (2).

En una posible realización, la parte interna comprende una textura esponjosa configurada para mejorar el contacto con el cuerpo del usuario (2) y facilitar su acoplamiento.

25 En una posible realización, el acoplamiento al torso (4) se fabrica en una sola pieza. En otra posible realización, este elemento se fabrica en dos o más partes para ajustar su tamaño al del usuario (2) y favorecer la comodidad.

Por su parte, el dispositivo presenta tres modos principales de funcionamiento:

- 30
- **Modo A:** acoplado y bloqueado, que funciona como una estructura reposabrazos y permite el descanso del brazo apoyado sobre el soporte del antebrazo (5) mientras sujeta el endoscopio u otro instrumento quirúrgico. En este modo de funcionamiento es necesario permitir ciertos movimientos en el plano horizontal del brazo apoyado del cirujano (2). Por tanto, no se persigue un bloqueo absoluto del antebrazo (3) en este
 35 modo. La rotación horizontal del brazo de aproximadamente ± 60 grados alrededor de la

posición neutra del brazo y el ligero giro vertical del brazo de aproximadamente ± 20 grados alrededor de la posición neutra del antebrazo (3) se consigue con el conjunto de las articulaciones del soporte situada debajo del soporte del antebrazo (5) descrita anteriormente. De esta manera, aunque el dispositivo esté en este modo, el cirujano (2) no siente restringido completamente el movimiento del brazo y le permite realizar pequeñas rotaciones en el antebrazo (3) para permitir pequeños ajustes en el posicionamiento del endoscopio u otro instrumento mientras mantiene el brazo en reposo. Esta posición se muestra en la figura 2 en dos vistas del cirujano (2) llevando el dispositivo exoesqueleto (1).

- **Modo B:** acoplado y desbloqueado, que funciona como un mecanismo libre que permite el movimiento sin restricciones del brazo del cirujano (2) gracias a los giros permitidos por el mecanismo de posicionamiento (18) anteriormente descrito, aunque el dispositivo continúa acoplado al antebrazo (3) y al torso del cirujano (2). Esta posición se muestra en la figura 9, permitiendo el dispositivo realizar al usuario (2) amplios movimientos del brazo.
- **Modo C:** desacoplado, que permite que, en caso de necesidad, el cirujano (2) pueda desacoplar el brazo del elemento que sirve de soporte del antebrazo (5) para alcanzar distintas herramientas o dispositivos que puedan estar fuera su alcance con el dispositivo acoplado. En este caso el mecanismo del dispositivo siempre estará desbloqueado. Esta posición, para mayor comodidad del usuario (2) en determinadas circunstancias, se muestra en la figura 10.

Por su parte, el sistema electromecánico (17) está configurado para el bloqueo/desbloqueo y acople/desacople del dispositivo, actuando como soporte estructural del antebrazo (3) cuando se requiere reposo, o como mecanismo formado por elementos rígidos y articulaciones permitiendo el movimiento libre del brazo cuando no se requiere el reposo. El sistema electromecánico (17) comprende a su vez una interfaz de activación configurada para activar estos bloqueos y desbloqueos, acoples y desacoples; y un sistema de retención electromecánico configurado para implementar la activación/desactivación, con el objeto de que el cirujano (2) pueda contar con un soporte del antebrazo (5) (sistema activado) o mover el brazo libremente cuando lo considere necesario (sistema desactivado). De esta manera, este dispositivo proporciona soporte al cirujano (2) durante la operación de sujeción del endoscopio o instrumento quirúrgico, pero permite el movimiento libre del brazo en otras operaciones.

En una posible realización, la interfaz de activación son botones situados en el entorno del exoesqueleto (1). En otra posible realización preferente, esta interfaz de activación es un módulo de reconocimiento de voz, configurado para permitir al sistema electromecánico (17) identificar las órdenes orales del cirujano (2) y realizar dichas operaciones. No obstante, en esta última
5 realización preferente, se recomiendan los botones situados en el entorno del exoesqueleto (1) indicados anteriormente, como medida de seguridad por si fallase el reconocimiento de voz.

En una posible realización, y con independencia de cómo se produzca la activación, el sistema de retención electromecánico son electroimanes (13) situados en el dispositivo y configurados
10 para el bloqueo/desbloqueo y el acople/desacople. Estos electroimanes (13) se activan mediante corriente eléctrica bloqueando el mecanismo o acoplado el brazo del usuario (2) al soporte del antebrazo (5).

Para que el sistema de retención electromecánico funcione de una manera controlada y pueda
15 activarse y desactivarse, un experto en la materia entenderá que el sistema electromecánico (17) debe comprender además otros elementos electrónicos y de control incluyendo, por ejemplo: un microcontrolador, un transistor para poder controlar el sistema de retención electromecánico desde el microcontrolador y una batería o fuente de alimentación portátil que permita mayor movilidad y comodidad para el cirujano (2).

Es decir, en una realización preferente, y tal y como se muestra en la figura 11, el dispositivo de la invención comprende un sistema electromecánico (17) contenido en una caja de la electrónica (4b) que a su vez se sitúa en el acoplamiento al torso (4), configurado para activar las acciones de bloqueo y desbloqueo y acoplamiento y desacoplamiento en su caso. Este sistema
25 electromecánico (17) comprende todos los dispositivos electrónicos necesarios para controlar el sistema y sus diferentes modos de funcionamiento. En esta configuración preferente, el sistema electromecánico (17) comprende un sistema de retención electromecánico, cuatro electroimanes: dos electroimanes (17a) para el bloqueo del sistema y otros dos electroimanes (17b) para el acoplamiento del antebrazo (3), una batería (17c), un microcontrolador (17d) que
30 activa los relés de los electroimanes (17e), un módulo de reconocimiento de voz (17f) para activar el sistema mediante la voz del usuario (2), y unos botones (17g) para activarlo alternativamente mediante la mano del usuario (2).

Por ejemplo, el modo bloqueado del dispositivo (Modo A) se puede conseguir mediante el
35 bloqueo de una o varias de las articulaciones que forman este dispositivo. En una realización preferente, el bloqueo del dispositivo se obtiene mediante el impedimento de deslizamiento de la

barra interna (10) sobre la barra externa (9), lo que impide el desplazamiento arriba/abajo del brazo, pero sigue permitiendo realizar pequeños giros del brazo y antebrazo (3) descritos en la anterior descripción del Modo A. En una realización preferente, para conseguir este efecto se emplean electroimanes (13) de bloqueo, aunque un experto en la materia entenderá que este

5 bloqueo puede realizarse mediante cualquier sistema electromecánico de retención de un elemento sobre otro. En este caso, el mecanismo de bloqueo se basa en el uso de estos electroimanes (13) para reducir el movimiento de la barra interna (10), que debe fabricarse en material ferromagnético. Para ello, el electroimán (13) de bloqueo se fija sobre la barra externa

10 (9) en una posición funcional en relación a la barra interna (10). Cuando se activa el electroimán (13) mediante la aplicación de corriente eléctrica, éste genera un campo electromagnético que induce la polarización magnética de la barra interna (10). Esta polarización genera una fuerza de atracción entre ambas barras que bloquea su desplazamiento relativo, haciendo que no pueda modificarse la altura del soporte del antebrazo (5) y actuando éste como una estructura de apoyo para el antebrazo (3). Aun así, el bloqueo del brazo no es completo, ya que se permiten pequeños

15 movimientos como se ha comentado previamente alrededor de la articulación del soporte (7). Al interrumpir el suministro de corriente eléctrica en el electroimán (13), el campo electromagnético desaparece, permitiendo que la barra interna (10) recupere su movilidad frente a la barra externa (9) y que puedan deslizarse libremente en el modo desbloqueado. Para mejorar la fuerza de bloqueo se pueden utilizar uno o varios electroimanes (13) situados sobre las diferentes caras

20 de la barra externa (9). En una realización preferente, la activación y desactivación de estos electroimanes (13) puede hacerse electrónicamente mediante la voz del usuario (2), ordenando verbalmente el bloqueo o desbloqueo del dispositivo. En cualquier caso, y como se ha comentado anteriormente, el usuario (2) siempre tendrá a su disposición botones para activar y desactivar cualquiera de los modos de funcionamiento del dispositivo.

25 El propósito fundamental de esta invención radica en la creación de un dispositivo exoesqueleto (1) diseñado específicamente para reducir la fatiga y aliviar o prevenir los trastornos musculoesqueléticos experimentados por los cirujanos (2) durante la ejecución de distintos tipos de cirugía que requieren mantener al menos un antebrazo (3) en una posición estática elevada.

30 Esta situación se da especialmente en la CMI y en procedimientos de radiología intervencionista y por eso el dispositivo de la invención está especialmente diseñado para la sujeción prolongada del endoscopio u otro instrumento quirúrgico en estas condiciones, pero puede aplicarse a cualquier tipo de cirugía que sufra de estos mismos inconvenientes. La finalidad principal es contar con un dispositivo de apoyo del antebrazo (3) y de esta manera contrarrestar los efectos

35 adversos derivados de estas posturas estáticas utilizadas para sujetar el endoscopio u otro instrumento quirúrgico.

Para ello, y como se ha explicado a lo largo del documento, esta invención plantea un dispositivo exoesqueleto (1) que se une de manera permanente a la anatomía del usuario o cirujano (2). Por una parte, está unido al cuerpo del cirujano (2) en su torso/cadera/muslo. Por otra parte, se une al antebrazo (3) del cirujano (2) donde se requiere proporcionar el reposo. Además, el dispositivo comprende un sistema electromecánico que actúa como soporte estructural del antebrazo (3) cuando se requiere reposo (modo A), o como mecanismo formado por elementos rígidos y articulaciones permitiendo el movimiento libre del brazo cuando no se requiere el reposo (modos B y C).

Por tanto, en el modo A, cuando sea demandado por el cirujano (2) el dispositivo actúa como soporte estructural permitiendo mantener en reposo el antebrazo (3) que mantiene el endoscopio u otro instrumento quirúrgico durante largos periodos de tiempo. De esta manera puede descansar el brazo de una manera segura y sin necesidad de que el usuario (2) ejerza la tensión muscular adicional que termina provocando fatiga y los mencionados trastornos musculoesqueléticos. Además, el reposo del brazo no impide pequeños movimientos de rotación para posicionar o reposicionar la mano del cirujano (2) según el requerimiento de la cirugía. Así, en este modo el dispositivo proporciona estabilidad mediante un sistema de retención electromecánico que bloquea una o varias articulaciones del mecanismo de posicionamiento (18) para convertirse en un soporte o estructura y mantener el brazo estático y en reposo durante largo tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo exoesqueleto para cirugía mínimamente invasiva y para procedimientos de radiología intervencionista, que comprende:

- 5 -un soporte del antebrazo (5) con forma curva que sirve de apoyo y se adapta a la forma del antebrazo del usuario, estando dicho soporte del antebrazo (5) situado en la parte superior del dispositivo y configurado para proporcionar reposo al antebrazo (3) del cirujano (2);
- un acoplamiento al torso (4) que se ajusta al torso del usuario (2) de acuerdo con sus medidas antropométricas configurado para poder ajustarse en el torso, cadera o muslo; en el lado
- 10 izquierdo o derecho, en función del brazo al que se desee proporcionar descanso, tal que presenta una forma curva configurada para adaptarse a la forma del cuerpo del usuario (2), y tal que este acoplamiento comprende unas ranuras de arnés (4a) por donde introducir las correas ajustables (6) para su sujeción firme al cuerpo del cirujano (2);

15 estando el exoesqueleto caracterizado por que comprende:

-una articulación del soporte (7) que está configurada para permitir una rotación esférica en la base del soporte del antebrazo (5) y para fijar la posición relativa con el soporte del antebrazo (5), y que se une en su extremo superior al extremo inferior del soporte del antebrazo (5) y en

20 su extremo inferior al extremo superior de un mecanismo de posicionamiento (18);

-un mecanismo de posicionamiento (18) que está configurado para posicionar el conjunto formado por la articulación del soporte (7) y el soporte del antebrazo (5) en cualquier posición que requiera el cirujano (2) en el desplazamiento voluntario de su brazo, y que funciona en los siguientes modos:

25 - Modo acoplado y bloqueado: configurado para proporcionar soporte estructural y descanso al brazo del cirujano (2) apoyado sobre el soporte del antebrazo (5), aunque el bloqueo no es absoluto facilitando movimientos en el plano horizontal del brazo apoyado del cirujano (2);

30 - Modo acoplado y desbloqueado: configurado para permitir el movimiento sin restricciones del brazo del cirujano (2), aunque el dispositivo continúa acoplado al antebrazo (3) y al torso del cirujano (2);

- Modo desacoplado: configurado para que el cirujano (2) pueda desacoplar el brazo del elemento que sirve de soporte del antebrazo (5);

35 y que se une en su extremo superior al extremo inferior de la articulación del soporte (7), y en su extremo inferior al acoplamiento al torso (4) posibilitando el movimiento relativo entre ambos extremos;

-un sistema electromecánico (17) configurado para el bloqueo/desbloqueo y acople/desacople del dispositivo y que permite al dispositivo actuar como soporte estructural del antebrazo (3) cuando se requiere reposo, o como mecanismo formado por elementos rígidos y articulaciones permitiendo el movimiento libre del brazo cuando no se requiere el reposo, y que comprende a su vez:

- una interfaz de activación configurada para activar estos bloqueos y desbloqueos, acoples y desacoples;
- un sistema de retención electromecánico configurado para implementar la activación/desactivación.

2. El dispositivo de la reivindicación anterior donde la articulación del soporte (7) comprende dos elementos: una articulación superior (7a) configurada para permitir el giro del soporte del antebrazo (5) en un eje perpendicular al eje del antebrazo (5c) y una articulación inferior (7b) configurada para permitir el giro en un eje transversal al eje del antebrazo (5c).

3. El dispositivo de la reivindicación anterior donde el soporte del antebrazo (5) comprende dos elementos: una pieza con forma curva (5a) en la parte superior que sirve de apoyo al antebrazo (3) del cirujano (2), y una guía (5b) en la parte inferior que sirve de conexión con la articulación del soporte (7).

4. El dispositivo de la reivindicación anterior donde la articulación superior (7a) se une a la guía (5b) del soporte del antebrazo (5), tal que esta fijación se realiza con un tornillo de fijación (7c) situado en el eje transversal del conjunto articulación superior (7a)-guía (5b) y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación superior (7a) y en la guía (5b), de forma que este tornillo de fijación (7c) bloquea la posición relativa entre estos dos elementos durante su uso, fijándose la posición al gusto del usuario (2) o adaptada a las dimensiones antropométricas del mismo; y donde la articulación superior (7a) se une a la articulación inferior (7b) mediante un tornillo-pasador de la articulación (7e) configurado para permitir el giro relativo entre articulación superior (7a) y articulación inferior (7b) en el eje perpendicular al eje del antebrazo (5c), tal que ambas articulaciones contienen los orificios concéntricos necesarios para el acoplamiento de dicho elemento; y donde la articulación inferior (7b) se une al mecanismo de posicionamiento (18) mediante un tornillo-pasador de la barra interna (7f) situado en el eje perpendicular al eje principal de dicha barra y que atraviesa unas aberturas concéntricas situadas en la articulación inferior (7b) y en el extremo superior de la barra externa (9), tal que el mecanismo de posicionamiento (18) está configurado para permitir adaptar la altura y orientación del soporte del antebrazo (5) y de la articulación

superior (7a).

5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el mecanismo de posicionamiento (18) está formado por un soporte en C (8), una barra externa (9) hueca y una barra interna (10); tal que el soporte en C (8) se une al acoplamiento al torso (4) mediante un bulón, eje o tornillo del acoplamiento (11) configurado para permitir el giro sobre el acoplamiento al torso (4) alrededor de un eje perpendicular a dicho acoplamiento, lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario (2) principalmente hacia delante y hacia detrás; y tal que el soporte en C (8) se une a su vez a la barra externa (9) hueca, tal que la barra externa (9) hueca queda comprendida entre los extremos del soporte en C (8), de forma que un bulón, eje o tornillo de la barra externa (12) atraviesa tres aberturas concéntricas situadas en el soporte en C (8), la barra externa (9) hueca y de nuevo en el soporte en C (8), de forma que el soporte en C (8), estando el bulón, eje o tornillo de la barra externa (12) configurado para permitir el giro relativo entre el soporte en C (8) y la barra externa (9), lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario (2) principalmente hacia la derecha y hacia la izquierda; y tal que la barra interna (10) desliza por el interior de una oquedad de la barra externa (9) en ambos sentidos, lo que posibilita el movimiento del brazo del usuario (2) principalmente hacia arriba y hacia abajo.

6. El dispositivo de la reivindicación anterior donde el sistema de retención electromecánico es al menos un electroimán situado sobre la barra externa (9) configurado para impedir el deslizamiento de la barra interna (10) sobre la barra externa (9), lo que impide el desplazamiento arriba/abajo del brazo, y donde la barra interna (1) es de material ferromagnético.

7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la interfaz de activación son botones situados en el entorno del exoesqueleto (1).

8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 donde la interfaz de activación es un módulo de reconocimiento de voz, configurado para permitir al sistema electromecánico (17) identificar las órdenes orales del cirujano (2) y realizar dichas operaciones, así como botones situados en el entorno del exoesqueleto (1).

9. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el sistema electromecánico (17) está comprendido en una caja de la electrónica (4b) que a su vez se sitúa en el acoplamiento al torso (4) y donde dicho sistema electromecánico (17) comprende además una batería (17c) y un microcontrolador (17d).

10. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la superficie curva del soporte del antebrazo (5) está cubierta por un material de textura esponjosa para facilitar el reposo del brazo.

5 11. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el soporte del antebrazo (5) se une al antebrazo (3) del usuario (2) mediante cintas de amarre (15) que unidas al soporte del antebrazo (5) rodean el antebrazo (3) ajustándose al tamaño necesario mediante el uso de hebillas o cierres de tipo gancho o bucle.

10 12. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 donde el soporte del antebrazo (5) se une al antebrazo (3) del usuario (2) mediante el uso de electroimanes de sujeción (14) situados en el soporte del antebrazo (5), tal que el usuario (2) lleva montada una chapa metálica (16) de material ferromagnético en el antebrazo (3), de forma que cuando se activan los electroimanes se genera una fuerza electromagnética de atracción que une el antebrazo
15 (3) del usuario (2) al soporte del antebrazo (5).

13. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el acoplamiento al torso (4) comprende cuatro ranuras, dos para la parte alta del acoplamiento que se une a la cadera y torso superior, y otras dos en la parte baja para unirla al muslo del usuario (2).

20 14. El exoesqueleto de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la parte interna del acoplamiento al torso (4) comprende una textura esponjosa configurada para mejorar el contacto con el cuerpo del usuario (2) y facilitar su acoplamiento.

25

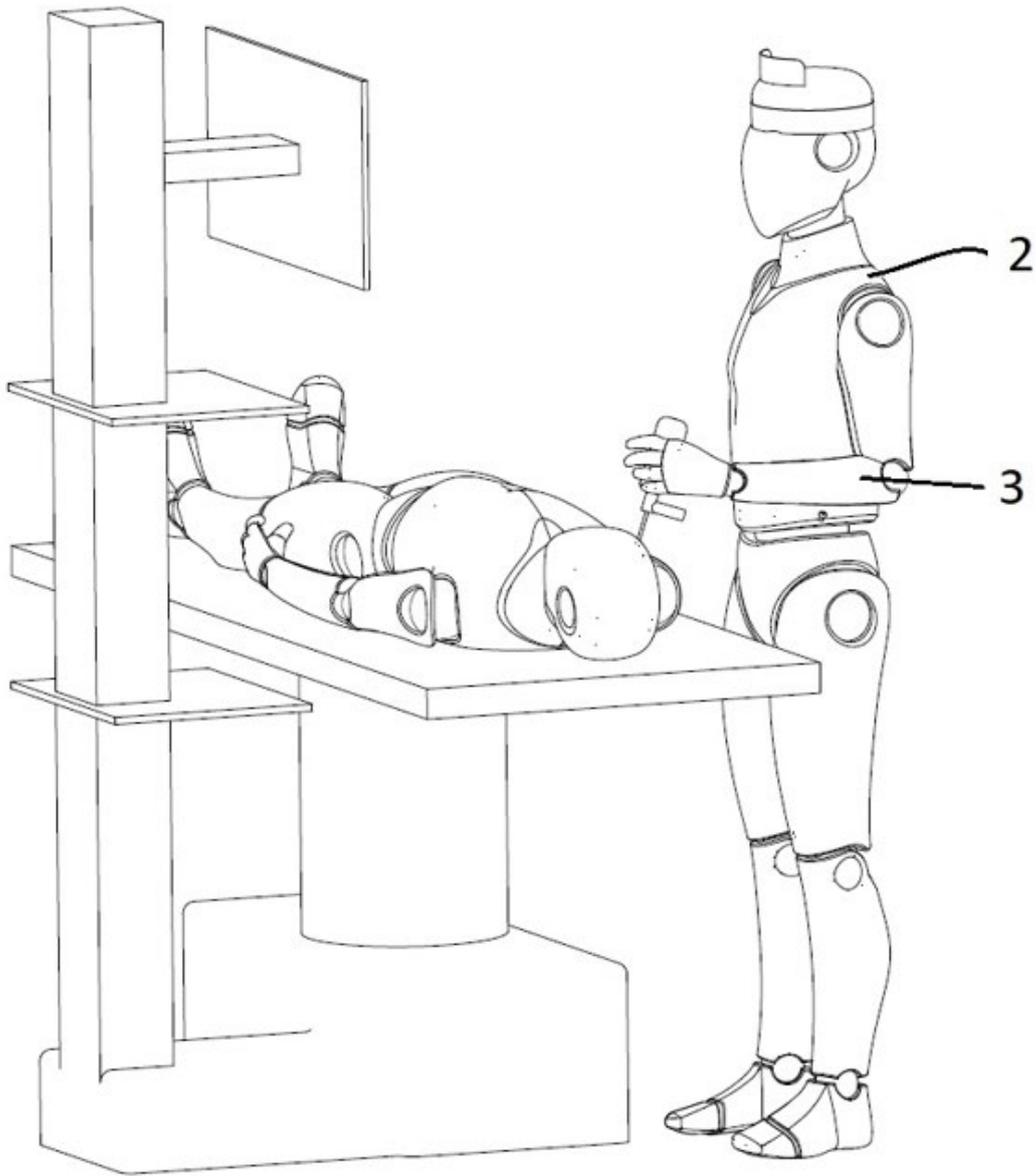


Fig. 1

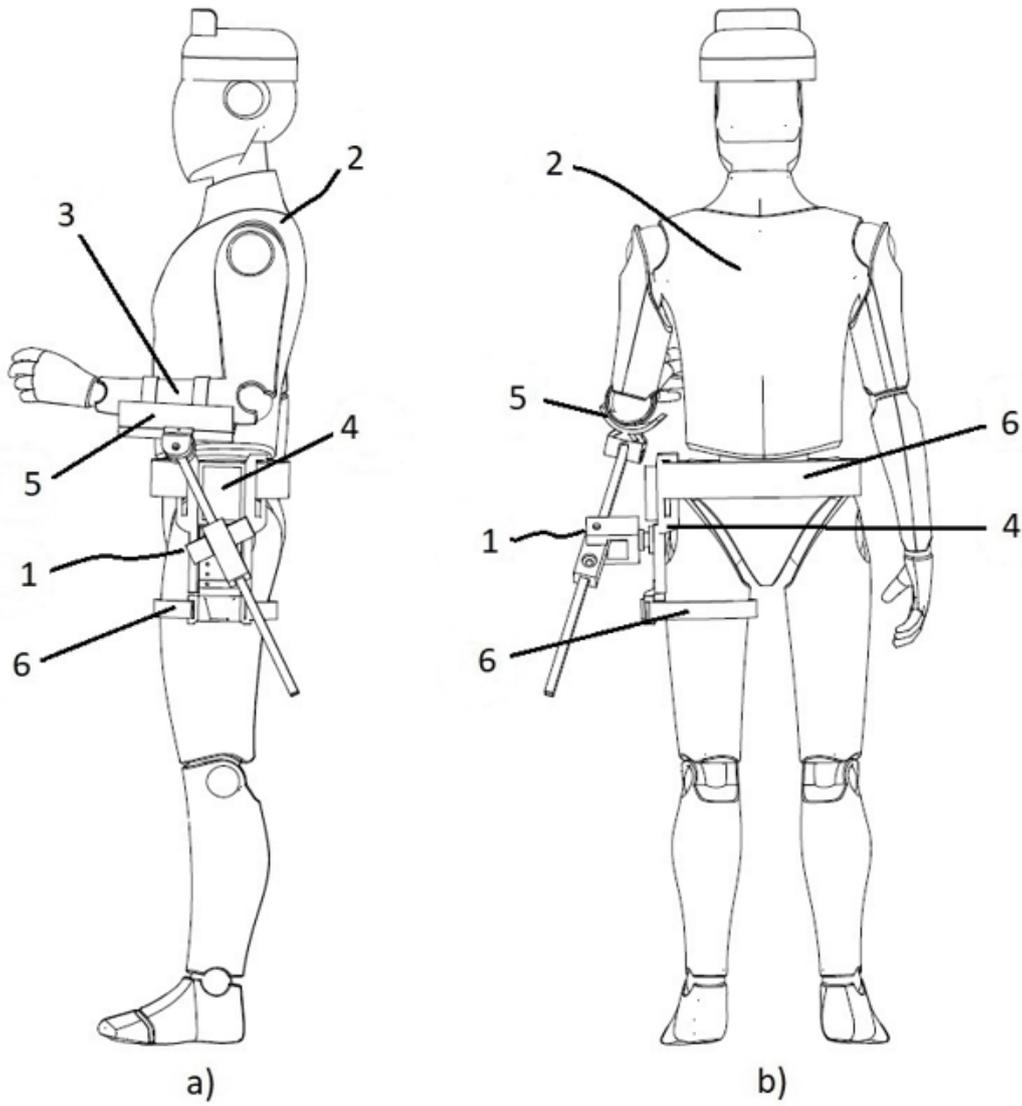


Fig. 2

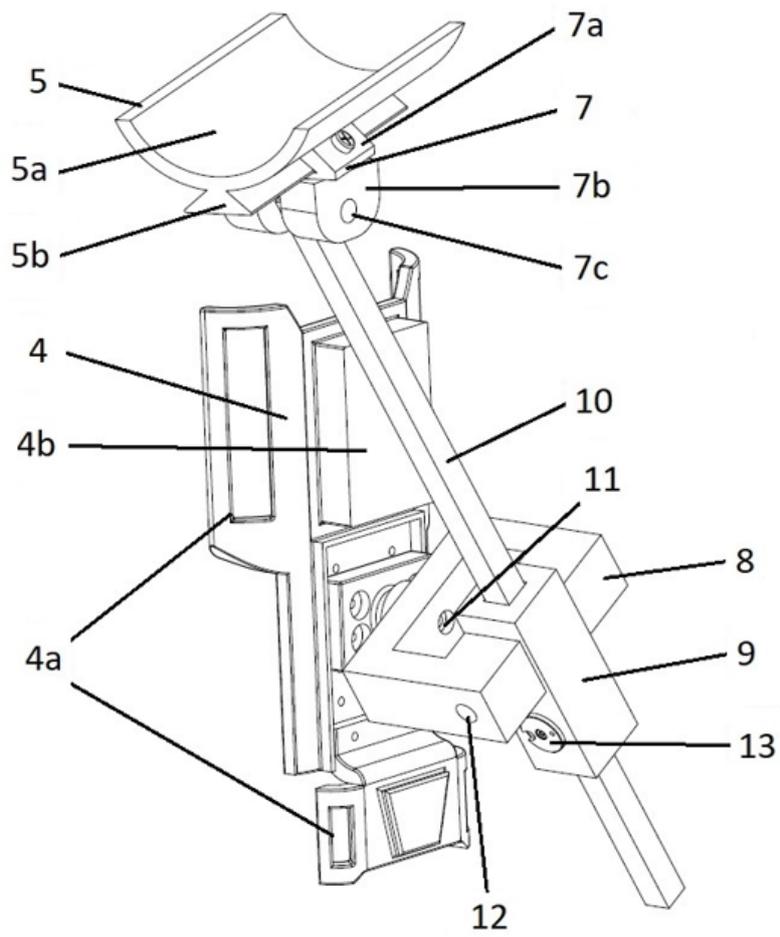


Fig. 3

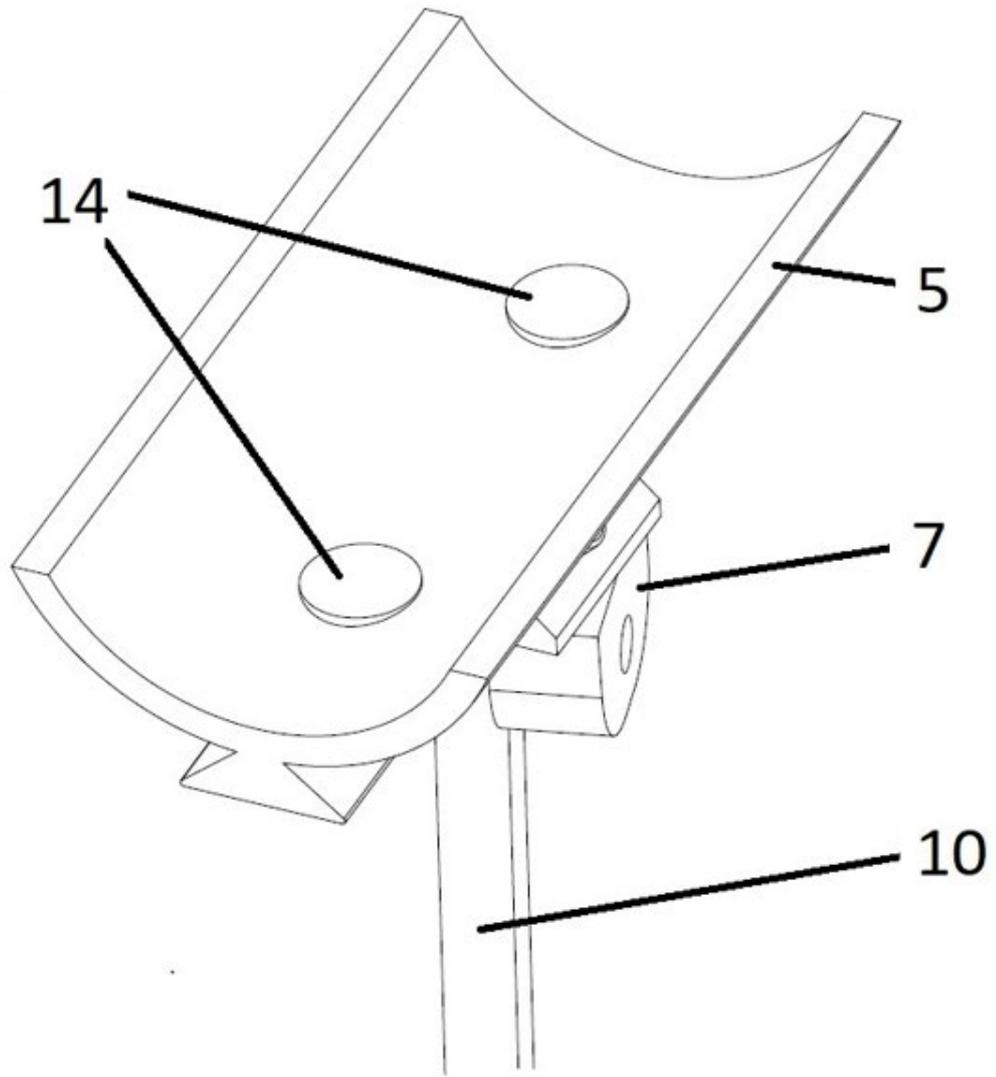


Fig. 4

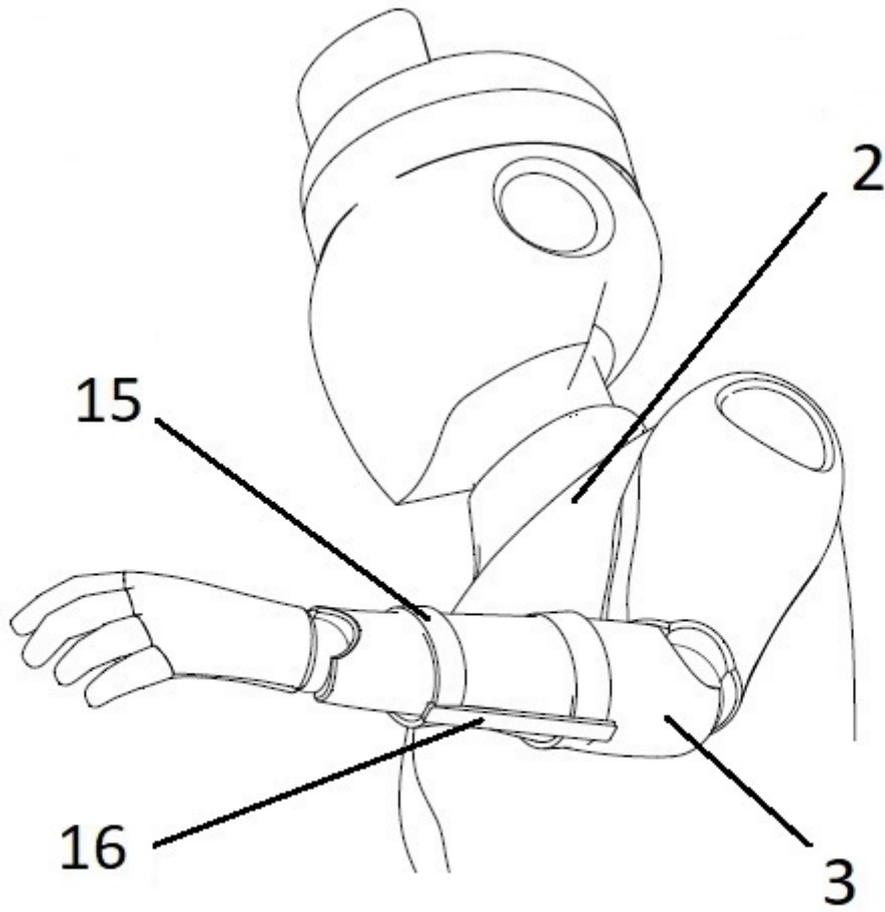


Fig. 5

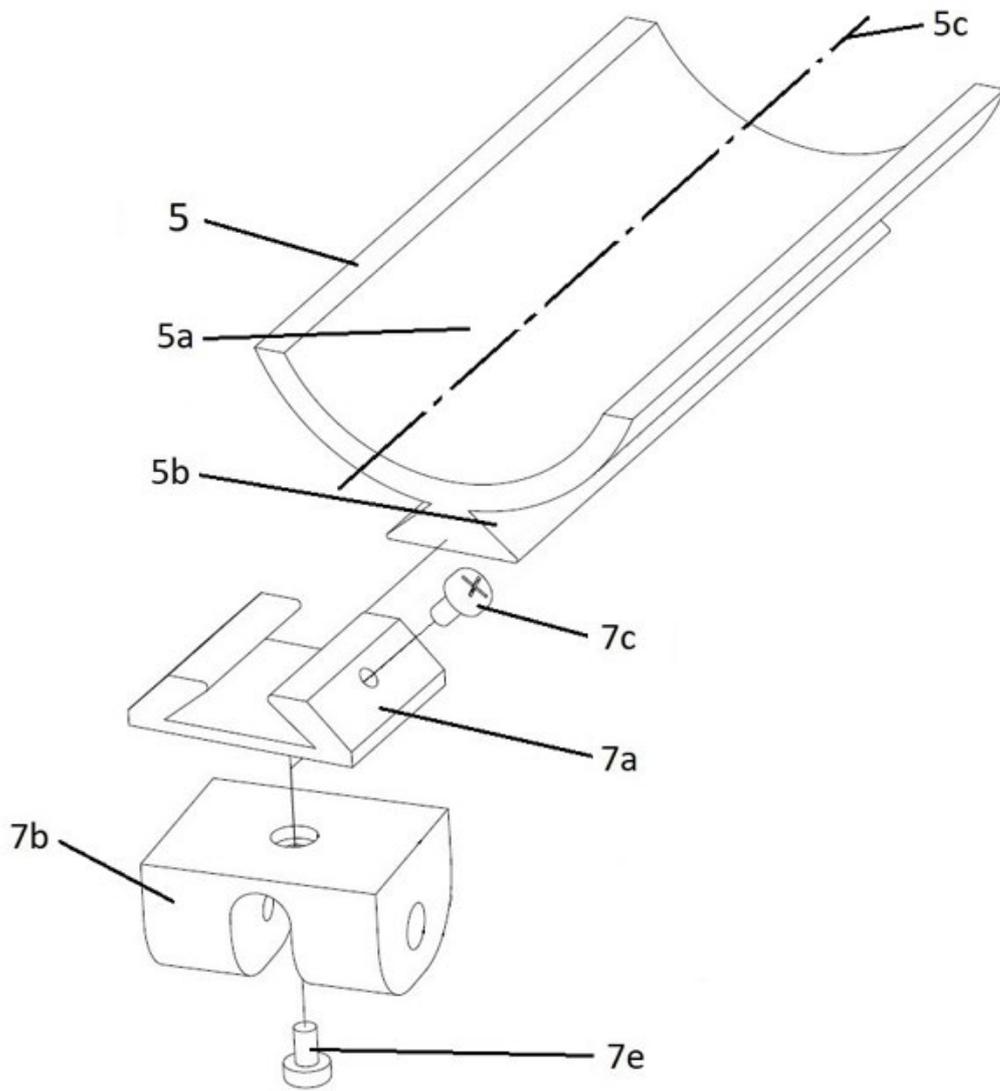


Fig. 6

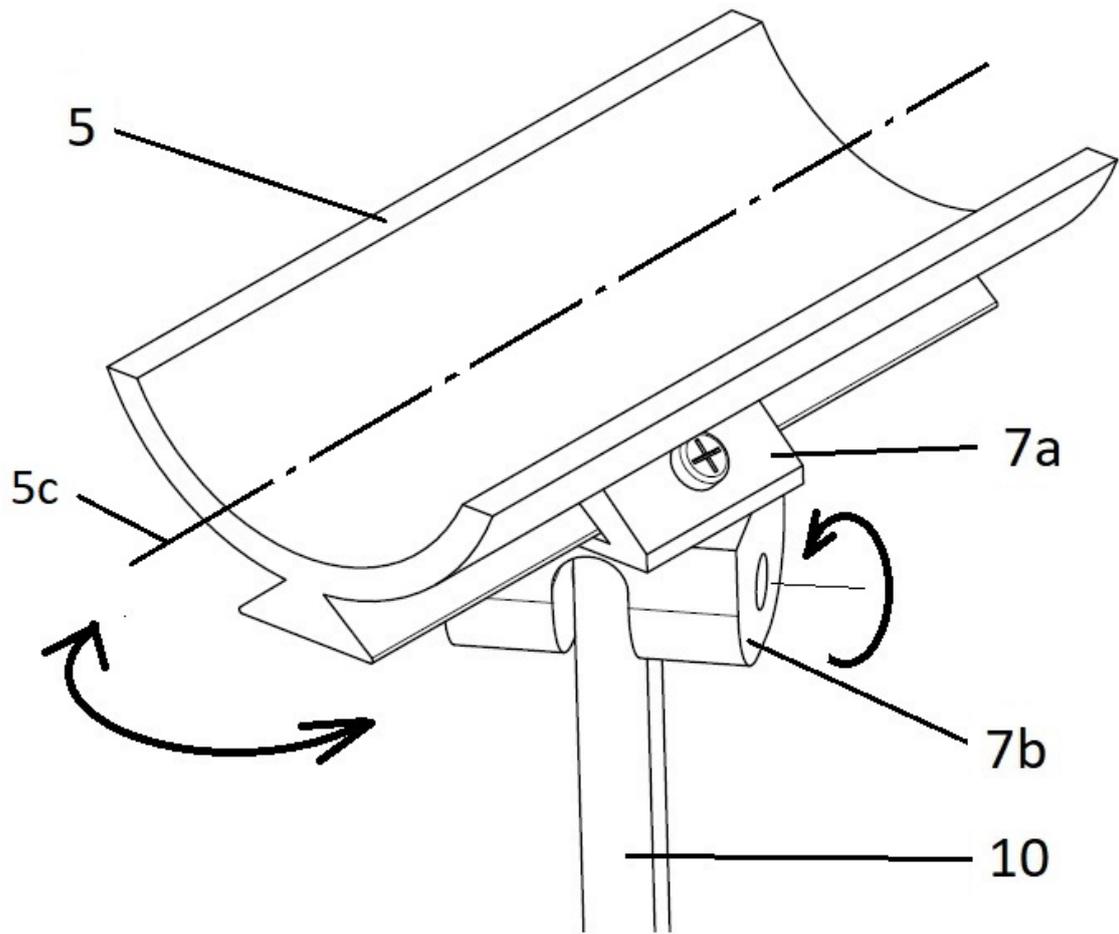


Fig. 7

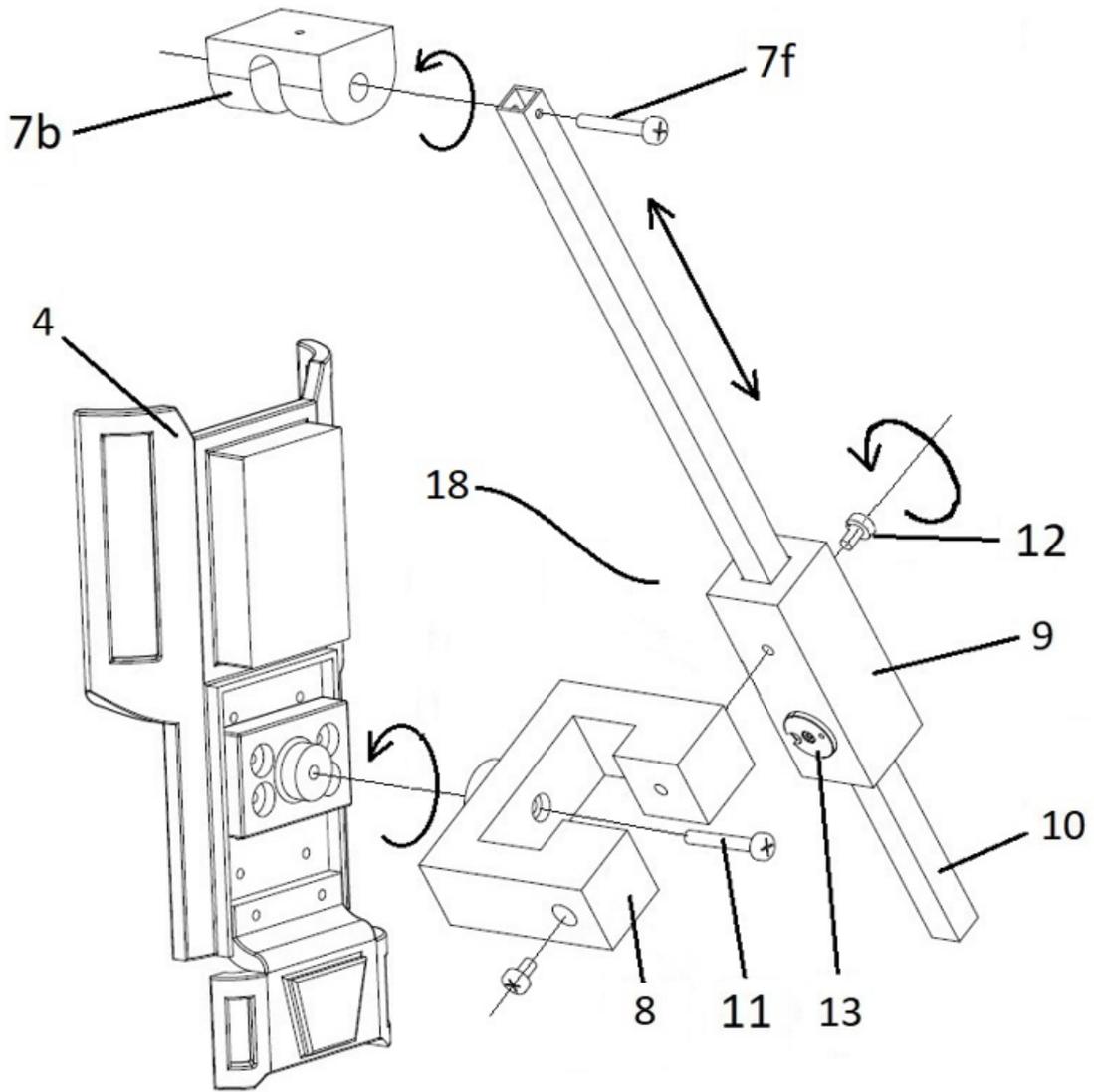


Fig. 8

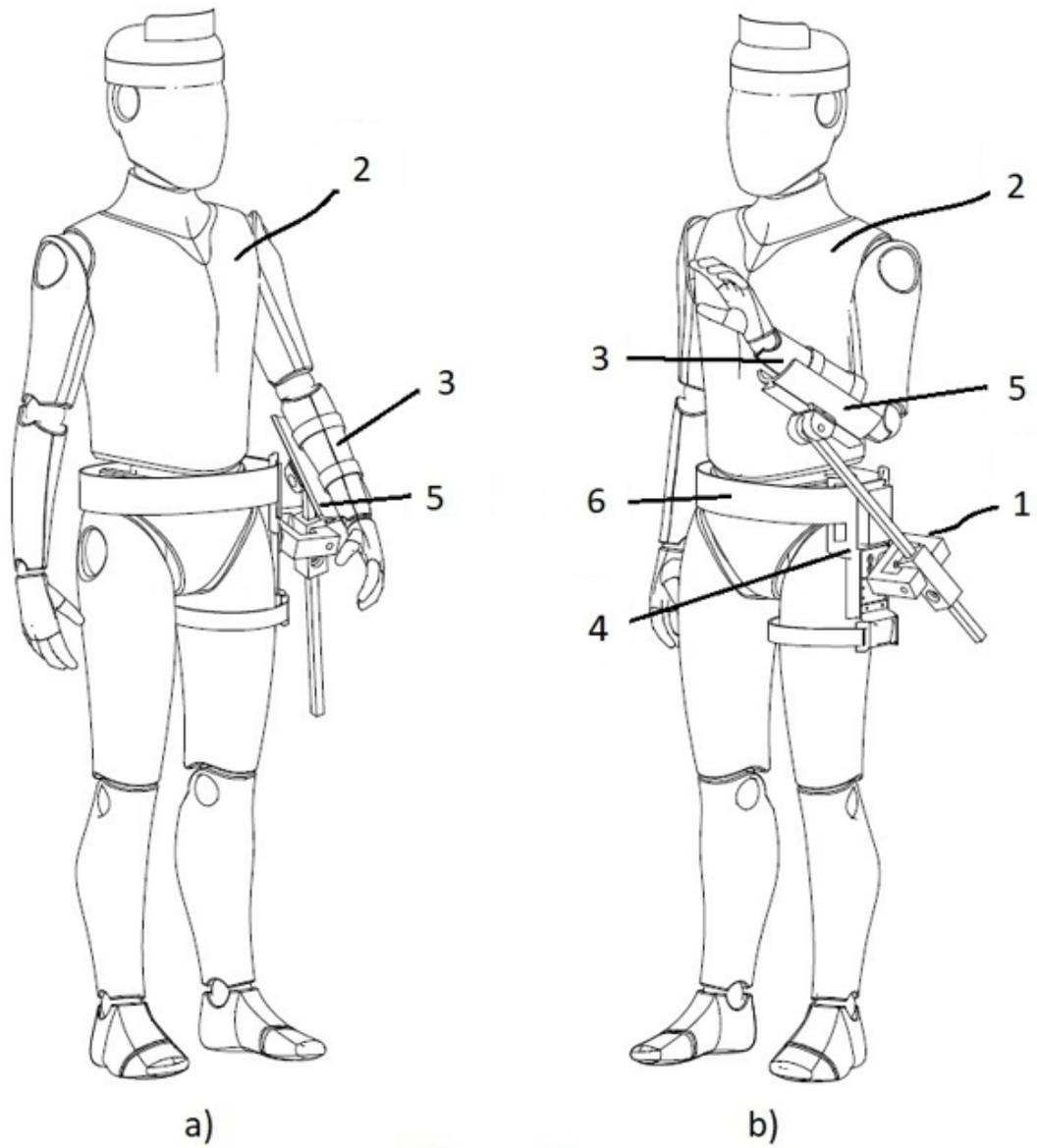


Fig. 9

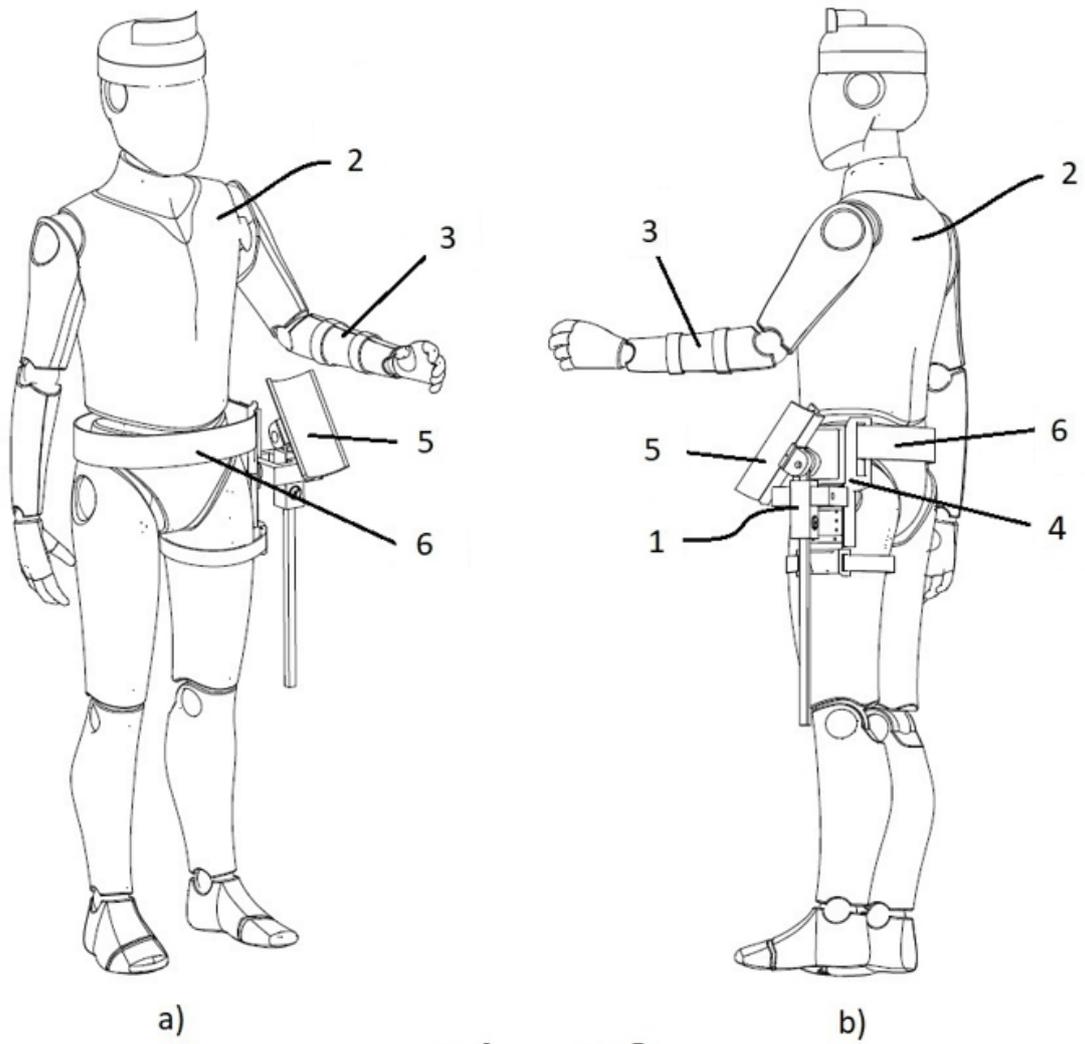


Fig. 10

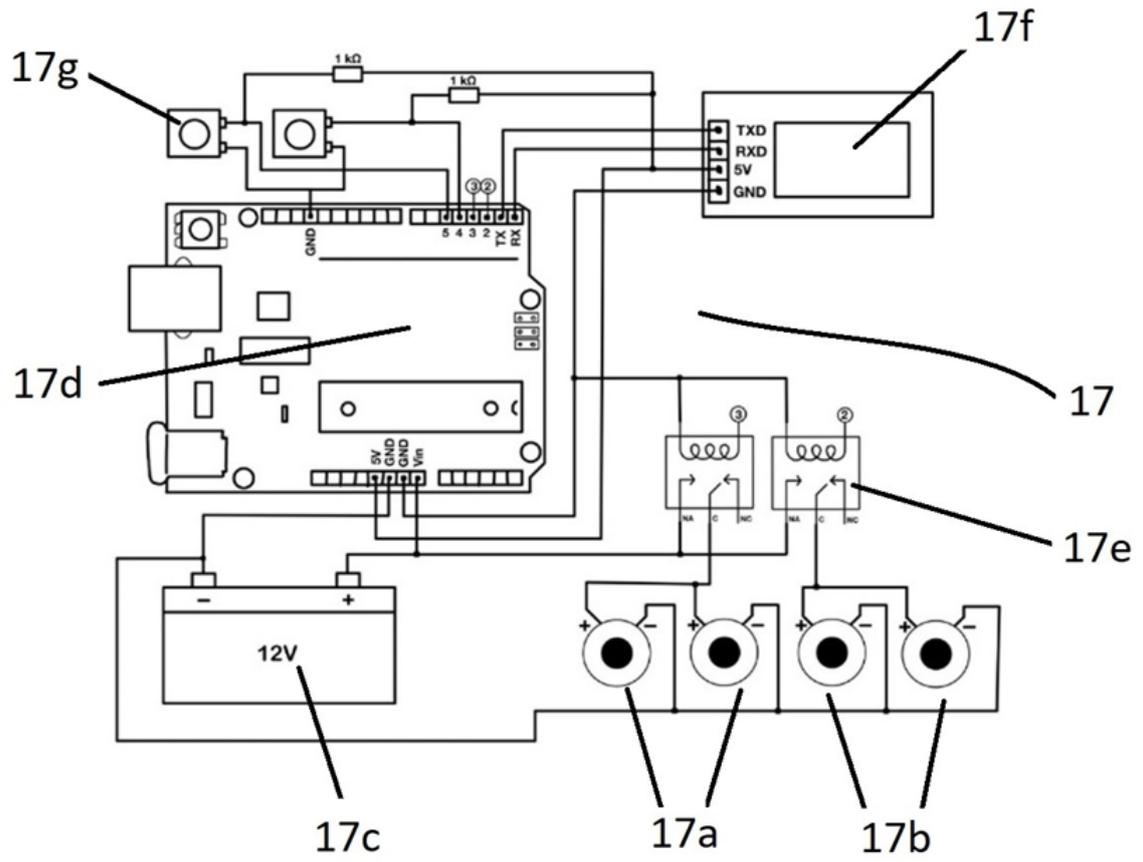


Fig. 11