

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 743**

51 Int. Cl.:

**A61F 5/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2017 PCT/EP2017/075205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.04.2018 WO18065459**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2017 E 17780380 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3522838**

54 Título: **Dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior**

30 Prioridad:

**05.10.2016 SE 1651308**

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

**05.03.2021**

73 Titular/es:

**BIOSERVO TECHNOLOGIES AKTIEBOLAG  
(100.0%)  
Torshamngatan 35  
164 40 Kista, SE**

72 Inventor/es:

**INGVAST, JOHAN y  
WAHLSTEDT, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 809 743 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior podría, por ejemplo, ayudar a una persona con la función de la extremidad superior deteriorada.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo de soporte para ayudar a las personas que tienen una discapacidad en la extremidad superior. El soporte de elevación de extremidad superior debe ser fácil de llevar y usar para mejorar la vida del usuario y permitirle realizar movimientos y funciones sin necesidad de la ayuda de una persona que lo ayude. Otro objetivo es proporcionar un dispositivo de soporte de diseño delgado.

10 Previamente se conocen dispositivos de soporte de exoesqueleto, que se basan en la conexión de partes duras en el exterior del cuerpo de un usuario que imitan los huesos y sus funciones en el cuerpo. Esto crea un soporte muy voluminoso.

15 Por ejemplo, para poder aplicar fuerza para levantar la extremidad superior con respecto al tronco con un exoesqueleto tradicional, resulta difícil transferir la carga de la extremidad superior al torso debido a la complejidad de los movimientos de la articulación del hombro. El hombro no solo tiene una articulación esférica entre la escápula y el húmero. La escápula en sí está conectada de forma flexible a las costillas y la única conexión rígida con el resto del sistema esquelético es la clavícula. Por lo tanto, para controlar estos movimientos, los exoesqueletos que permiten movimientos del hombro normalmente tienen un cardán alrededor de la articulación esférica, pero también a menudo enganches para hacer que el cardán sea móvil. Tener alineaciones incorrectas de las articulaciones del exoesqueleto  
20 con el cuerpo puede causar dolor e incluso provocar lesiones.

A partir del documento US 4.559.932 se conoce un aparato externo para asistir en la elevación de la extremidad superior, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

Sumario de la invención

25 De acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior que comprende un soporte del torso y al menos un tendón artificial para la elevación vertical que discurre al menos desde un punto de tracción proporcionado en el soporte del torso, sobre un hombro del usuario y conectado a un medio de fijación de la extremidad superior para la fijación del al menos un tendón artificial en una extremidad superior de un usuario en uso. El punto de tracción se proporciona en un nivel por encima de las clavículas del usuario en uso. Un medio de redireccionamiento se sitúa sustancialmente vertical sobre la articulación de la extremidad superior/hombro  
30 del usuario en uso. De esta manera, es posible elevar la extremidad superior a un nivel sobre la enartrosis principal del hombro. También posibilita que la escápula se mueva de forma natural. Preferentemente, el punto de tracción se proporciona adyacente a una porción de cuello del soporte del torso. Lo más preferente es que el punto de tracción se proporcione en una porción rígida del cuello. Por tanto, el punto de tracción no se arrastrará hacia la extremidad superior que se va a elevar, sino que se mantendrá en la posición correcta.

35 De acuerdo con un modo de realización de la invención, se aplica una fuerza de tracción al tendón artificial, mediante un medio de tracción dispuesto a lo largo del tendón artificial o que está comprendido en el tendón artificial. Preferentemente, el dispositivo de soporte de elevación de la extremidad superior está dispuesto de modo que no limite el movimiento en el plano horizontal del brazo del usuario.

40 De acuerdo con un modo de realización de la invención, el soporte del torso comprende además una porción de hombro que tiene al menos dos partes de hombro separadas pero conectadas. Preferentemente, las al menos dos partes de hombro están parcialmente superpuestas. También es posible tener tres partes de hombro. Preferentemente, un medio de redireccionamiento del tendón artificial está dispuesto en una de las partes de hombro.

45 De acuerdo con un modo de realización de la invención, se proporciona un sistema de control que comprende un medio de control dispuesto para aplicar una fuerza de tracción deseada en dicho al menos un tendón artificial en un bucle de retroalimentación, cuya fuerza de tracción depende de una postura del usuario medida usando al menos un sensor de postura comprendido en el sistema de control. Preferentemente, dicho sensor de postura está dispuesto para medir una postura del torso y/o del brazo del usuario.

50 De acuerdo con un modo de realización de la invención, el sistema de control está dispuesto para detectar una fuerza de tracción real actual en dicho al menos un tendón artificial, y en el que un bucle de control de retroalimentación está dispuesto para lograr dicha fuerza de tracción deseada en base a dicha fuerza real actual detectada.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, el sistema de control comprende un regulador de fuerza, dispuesto para lograr dicha fuerza de tracción deseada en un bucle de retroalimentación interno en dicho regulador de fuerza, en base a dicha fuerza real actual detectada.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, la fuerza de tracción deseada se ha determinado, para varias

- 5 posturas diferentes del usuario, como una proporción relativa particular de la fuerza requerida para mantener quieta la extremidad superior del usuario. Preferentemente, el sistema de control está dispuesto además de modo que, para una fuerza real actual distinta de cero detectada dada, la fuerza de tracción deseada sea más fuerte cuanto más cerca de la horizontal esté el eje longitudinal del brazo del usuario, según lo leído por dicho sensor de postura. La fuerza de tracción deseada es sustancialmente cero cuando la orientación actual del brazo del usuario, según lo leído por dicho sensor de postura, es vertical o sustancialmente vertical.
- De acuerdo con un modo de realización de la invención, el dispositivo de soporte está dispuesto para que no lea ninguna otra postura o aceleración que no sea el indicado por el uso de dicho al menos un sensor de postura.
- 10 De acuerdo con un modo de realización de la invención, dicho al menos un tendón artificial es la única parte del sistema de control que media en la fuerza entre dichos puntos.
- De acuerdo con un modo de realización de la invención, el sistema de control comprende además un sensor del ángulo del codo, y que el sistema de control está dispuesto para no aplicar ninguna fuerza al tendón artificial en caso de que el sensor del ángulo del codo detecte actualmente un codo no flexionado. Preferentemente, ninguno de dichos sensores está dispuesto para que esté en contacto directo con la piel del usuario. Cada uno de dichos sensores está unido de forma fija a una estructura principal del propio dispositivo de soporte de elevación de la extremidad superior.
- 15 De acuerdo con un modo de realización de la invención, solo hay un tendón artificial para elevación vertical. Preferentemente, se proporciona una fijación deslizable del tendón artificial en la que el medio de fijación de la extremidad superior está provisto de un medio para un punto de fijación deslizable del tendón artificial en el medio de fijación de la extremidad superior, de modo que el punto de fijación se pueda deslizar a través de una trayectoria continua entre un primer y un segundo punto en la extremidad superior del usuario. Preferentemente, la capacidad de deslizamiento se proporciona a lo largo de la parte interna de una articulación del codo, es decir, en el lado que tiene la fosa cubital, a lo largo de la cual se puede deslizar el punto de fijación. Se puede proporcionar un cable a lo largo de la parte interna de la articulación del codo y la fijación deslizable del tendón artificial es una fijación de bucle alrededor del cable.
- 20 De acuerdo con un modo de realización de la invención, el medio de fijación de la extremidad superior comprende dos porciones, una porción superior provista para la fijación alrededor de un brazo de un usuario cuando el dispositivo de soporte de elevación de la extremidad superior está en uso y una porción inferior provista para la fijación en el antebrazo de un usuario. Las porciones superior e inferior pueden estar conectadas con algún tipo de junta. Preferentemente, el medio de fijación de la extremidad superior engloba un codo de un usuario en uso.
- 25 Breve descripción del dibujo adjunto
- La presente invención se describirá ahora con más detalle por medio de modos de realización en referencia al dibujo adjunto, en el que:
- La Fig. 1 muestra un modo de realización de un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior que tiene un soporte del torso.
- 35 La Fig. 2 muestra un modo de realización de un tendón artificial que discurre entre un soporte del torso y un medio de fijación del brazo.
- La Fig. 3 muestra una vista frontal de un modo de realización de la capacidad de deslizamiento proporcionada a través de una extremidad superior de un usuario cuando el dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior está en uso.
- 40 La Fig. 4 muestra otro modo de realización de la capacidad de deslizamiento proporcionada a través de una extremidad superior de un usuario en uso.
- La Fig. 5 muestra un modo de realización de una porción del hombro de un soporte del torso que tiene un medio de redireccionamiento del tendón artificial en el soporte del torso.
- La Fig. 6 muestra un modo de realización de una porción del cuello del soporte del torso.
- 45 La Fig. 7 muestra un modo de realización de un medio de fijación de extremidad superior.
- La Fig. 8 muestra un modo de realización de un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior desde el lado cuando lo lleva un usuario que eleva el brazo delante de él.
- La Fig. 9a, b y c muestra un modo de realización de un sensor dispuesto para detectar una posición de una extremidad superior de un usuario, mostrándose la extremidad superior en diferentes posiciones.
- 50 La Fig. 10 muestra un modo de realización de un bucle de retroalimentación.
- La Fig. 11 muestra un posicionamiento alternativo del punto de tracción.

Descripción detallada de modos de realización de la presente invención

La presente invención se describirá en detalle por medio de modos de realización. Esta descripción no limita el alcance de la invención. El alcance está representado por las siguientes reivindicaciones.

5 En la Fig. 1 se muestra un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior que tiene un soporte del torso 1, por ejemplo, formado por una sección posterior 2 (véase la Fig. 5), una sección frontal 3 que comprende una primera parte 3a y una segunda parte 3b. Ambas partes pueden estar interconectadas con la sección posterior 2 y conectadas de forma desmontable entre sí en la parte frontal. Por supuesto, es posible tener otra configuración del soporte del torso 1.

10 Al menos un tendón artificial 4 discurre al menos desde un punto de tracción 5, véase la Fig. 6, provisto en el soporte del torso 1 y está conectado a un medio de fijación de la extremidad superior 6, véase la Fig. 1 y 2. El tendón artificial 4 discurre sobre una parte del hombro 12 del soporte del torso 1 entre el punto de tracción 5 y el medio de fijación de la extremidad superior 6. La parte del hombro 12 puede ser una porción del soporte del torso 1 que tiene una línea de flexión para facilitar la flexión de la parte del hombro hacia arriba, como se muestra en las Figs. 1 y 2, o partes separadas pero conectadas como se muestra en la Fig. 5. El medio de fijación de la extremidad superior 6 se sitúa en una extremidad superior de un usuario cuando el dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior está en uso de modo que el tendón artificial 4 se fijará a la extremidad superior del usuario. Es posible tener más de un tendón artificial, por ejemplo, fijado a cada lado del medio de fijación de la extremidad superior 6 o para el movimiento de lado a lado de la extremidad superior del usuario en un plano.

20 Sin embargo, es una ventaja si solo se usa un tendón artificial 4, al menos para la elevación de la extremidad superior del usuario. Para evitar llevar un impulso no deseado a la extremidad superior del usuario, la rotación alrededor de su eje longitudinal, aun cuando solo se use un tendón artificial 4, la presente invención proporciona una fijación deslizable del tendón artificial 4 en el medio de fijación de la extremidad superior 6.

25 El tendón artificial 4 está fijado en un punto de fijación al medio de fijación de modo que el punto de fijación se pueda deslizar a través de una trayectoria continua entre un primer y un segundo punto en la extremidad superior del usuario. La capacidad de deslizamiento se proporciona a través de la extremidad superior del usuario, de lado a lado o por toda la circunferencia de la extremidad superior del usuario, a lo largo de la cual se puede deslizarse el punto de fijación. La capacidad de deslizamiento se proporciona preferentemente adyacente a la articulación del codo de la extremidad superior del usuario durante el uso. Al menos, la capacidad de deslizamiento se proporciona en la parte interna de la articulación del codo. Por ejemplo, puede ser un cable 7 que discorra de lado a lado de la articulación del codo, preferentemente en la parte interna de la misma, como se puede ver en la Fig. 3. Por ejemplo, el tendón artificial 4 se puede conectar con el cable 7 por medio de un bucle 8. Este tipo de solución también se puede ver en las Figs. 1 y 2.

30 Si la capacidad de deslizamiento se tiene que proporcionar por toda la extremidad superior del usuario, puede ser un riel 9 que rodee la extremidad superior del usuario cuando se proporciona en la extremidad superior en uso. Véase la Fig. 4. La conexión entre el tendón artificial 4 y el riel 9 puede ser, por ejemplo, un tipo ajustado de conexión donde la conexión se puede desplazar a lo largo del riel 9 pero sin separarse del mismo.

35 En la Fig. 7 se muestra un modo de realización de un medio de fijación de la extremidad superior 6. El medio de fijación de la extremidad superior 6 comprende dos porciones, una porción superior 6a prevista para la fijación alrededor de un brazo de un usuario en uso y una porción inferior 6b prevista para la fijación en el antebrazo de un usuario.

40 Un dispositivo de ajuste 15 (Fig. 3) está fijado a la porción superior 6a del medio de fijación de la extremidad superior 6. Con el dispositivo de ajuste 15, la longitud del cable 7 se puede ajustar manual o automáticamente para que el cable 7 se ajuste mejor al usuario.

45 Las dos porciones 6a, b están preferentemente interconectadas. La interconexión 14 podría ser una junta o una porción blanda para no delimitar la posibilidad de que el usuario flexione la extremidad superior. Preferentemente hay dos interconexiones 14, una a cada lado. Para minimizar el riesgo de deslizamiento del medio de fijación de la extremidad superior 6 hacia arriba a lo largo de la extremidad superior del usuario, está dispuesto preferentemente abarcando el codo de la extremidad superior del usuario en uso. La función de deslizamiento 7, 9 puede estar fijada cerca de las interconexiones 14.

En un modo de realización, la interconexión está hecha de dos cadenas, cables o similares que conectan dos puntos de cada porción y mantienen constante su distancia relativa.

50 En la Fig. 6, el punto de tracción 5 para el tendón artificial 4 se sitúa en un nivel por encima de las clavículas de un usuario en uso. Preferentemente está dispuesto cerca de la porción del cuello 10 del soporte del torso 1. La porción del cuello 10 es preferentemente rígida en al menos la dirección lateral, lo que es ventajoso para la distribución de la fuerza en el soporte del torso 1 y también delimita el riesgo de desplazamiento del punto de tracción 5. Si el soporte del torso 1 es del tipo que posibilita que el usuario se vista solo, la porción rígida del cuello será de ayuda en los movimientos para vestirse.

Una posición alternativa del punto de tracción 5 se ilustra en la Fig. 11, donde se sitúa detrás del hombro, en algún

lugar entre el hombro y el cuello. Esta alternativa se puede combinar o no con el medio de redireccionamiento 11 del tendón 4.

5 Como se puede ver en la Fig. 5, se proporciona un medio de redireccionamiento 11 del tendón artificial 4 en el soporte del torso 1. Preferentemente, el medio de redireccionamiento 11 está en uso situado verticalmente por encima de la enartrosis principal (articulación glenohumeral) en el hombro/extremidad superior del usuario. El medio de redireccionamiento 11 puede estar dispuesto en una porción de hombro 12 del soporte del torso 1.

10 De acuerdo con el modo de realización mostrado, la porción de hombro comprende dos partes de hombro separadas pero conectadas 13a y 13b. También es concebible disponer tres o más partes de hombro 13 en la porción del hombro 12. Las partes de hombro 13 a, b pueden estar parcialmente superpuestas o dispuestas de manera flexible una junta a otra. Al tener estas partes separadas pero conectadas, el soporte del torso puede seguir mejor el movimiento del cuerpo, especialmente durante la elevación alta de la extremidad superior del usuario, sin obstaculizar o contrarrestar el movimiento de la extremidad superior del usuario. El medio de redireccionamiento 11 se proporciona en una de las partes de hombro 13, en el caso mostrado la parte interna 13b como se ve desde la porción del cuello 10.

15 La parte de hombro puede tener un lado superior liso de modo que el tendón artificial 4 se pueda deslizar transversalmente a su eje cuando la extremidad superior esté haciendo movimientos laterales. La Fig. 1 ilustra esto con diferentes orientaciones del tendón artificial 4. Cuando la extremidad superior del usuario está en una posición frontal, el tendón artificial 4 está en una posición frontal 4a. Cuando la extremidad superior del usuario está en una posición neutra, el tendón artificial 4 está en una posición neutra 4b y cuando la extremidad superior está en una posición lateral (posición de costado) el tendón artificial 4 está en una posición lateral 4c.

20 La parte de hombro puede estar preferiblemente acolchada 30 como se ilustra en la Fig. 8, de modo que se incremente la distancia hacia arriba desde la enartrosis del hombro. Por tanto, las fuerzas requeridas sobre el tendón artificial 4 se reducirán.

25 De acuerdo con un modo de realización preferente de la presente invención, se proporciona un sistema de control 20 que comprende un medio de control 21, dispuesto para impartir una fuerza de tracción predeterminada o calculada deseada al tendón artificial 4.

30 Es preferente que el sistema de control 20 comprenda además uno o varios sensores de postura 23, dispuestos para detectar una orientación actual de al menos uno del torso del usuario y el brazo del usuario, con respecto al plano horizontal. Dicho sensor 23 puede, por ejemplo, estar dispuesto en dicho torso o en cualquier lugar a lo largo del brazo del usuario, tal como en o cerca del codo o como se representa en la figura 9a-c, a lo largo del brazo. El sensor de postura 23 puede comprender un acelerómetro y/o un giroscopio, y puede ser, por ejemplo, como tal una unidad IMU convencional. También puede comprender un sensor de ángulo (un goniómetro), que mide el ángulo relativo entre diferentes partes del cuerpo. El sensor de postura 23 está dispuesto además para proporcionar valores de medición de la orientación del torso y/o del brazo de dicho tipo al medio de control 21, tales como el uso de un cable o un canal de comunicación inalámbrica.

35 Entonces, el medio de control 21 está dispuesto preferentemente para impartir dicha fuerza de tracción deseada de modo que dependa de dicha orientación del torso y/o brazo como la leen uno o varios sensores de postura 23.

40 Es posible que la fuerza deseada se aplique usando un sistema completamente pasivo, tal como usando medios de resorte completamente mecánicos. Sin embargo, de acuerdo con otro modo de realización preferente, el sistema de control 20 también comprende un sensor de fuerza real 22 usado en un bucle de retroalimentación de control de fuerza del sistema de control 20. Se sabe que dicho sensor de fuerza real 22 puede estar dispuesto como una parte integral del medio de control 21, o de cualquier otra manera adecuada.

45 En este caso de bucle de retroalimentación, el sensor de fuerza real 22 está dispuesto para detectar una fuerza de tracción real actual en el tendón artificial 4. En caso de que haya varios tendones artificiales 4, es preferente que el sensor de fuerza real 22 esté dispuesto para estimar una fuerza real total que actúe sobre la extremidad superior en base a los valores de fuerza medidos en varios de dichos tendones artificiales. Un ejemplo simple de cómo se puede hacer esta estimación es detectar una fuerza real actual máxima en los tendones artificiales en cuestión. El sensor de fuerza real 22 está dispuesto además para suministrar dicho valor de fuerza real detectado al medio de control 21, que a su vez está dispuesto para controlar la fuerza de tracción a lo largo de dicho al menos un tendón artificial 4 a dicho valor de fuerza deseado.

50 La fuerza de tracción se puede controlar usando una métrica de regulación particular, tal como un voltaje, una corriente, una potencia, una presión neumática o hidráulica, o similares, que a su vez se establece por el dispositivo de control y que afecta a la fuerza de tracción aplicada por actuación sobre el tendón o tendones 4 usando un mecanismo de accionamiento adecuado, tal como un motor eléctrico o un sistema neumático.

55 Como se describió anteriormente, varios tendones artificiales 4 se pueden usar en paralelo y controlar individualmente o al unísono. En lo siguiente, sin embargo, la descripción supone que solo hay un tendón artificial 4. Se sabe que todo lo que se dice con respecto al sistema de control 20 en relación con dicho tendón artificial único 4 es aplicable de manera correspondiente también al caso de varios tendones.

5 La fuerza deseada se puede lograr usando un medio de tracción convencional adecuado, tal como un medio de rodillo dispuesto para enrollar el tendón artificial 4 sobre un rollo, acortando/alargando de este modo el tendón 4. También se puede accionar usando un destornillador, accionado a su vez eléctricamente, neumáticamente o hidráulicamente; un músculo artificial neumático ("músculo McKibben"); una fibra polimérica electroactiva; o similares. Preferentemente, cuando es posible (como en los dos últimos ejemplos), el medio que imparte fuerza forma parte del tendón mismo.

10 La magnitud de la métrica de regulación depende en general preferentemente de la fuerza real medida del tendón 4. Más en particular, el medio de control 21 está dispuesto preferentemente para lograr dicha fuerza deseada de acuerdo con un bucle de control de retroalimentación, en base a dicha fuerza real actual detectada. El bucle de control de retroalimentación puede ser un algoritmo implementado por el sistema de control en hardware, programa informático o una combinación de ambos.

15 Dicho bucle de control de retroalimentación se puede diseñar preferiblemente de modo que la fuerza de tracción deseada compense la fuerza de la gravedad que actúa sobre la extremidad superior del usuario de una manera que se perciba como "natural" en el sentido de que la resistencia normal que siente la extremidad superior del usuario debido a la gravedad todavía está presente pero reducida, de modo que un movimiento previsto e iniciado por el usuario se realizará de forma natural pero con menos fuerza del usuario requerida. Para lograr esto, es preferente que el control de la fuerza de tracción se realice dinámicamente en el sentido de que actúe sobre el tendón artificial en movimiento 4. En otras palabras, como el tendón 4 se acorta o se alarga como resultado de que la extremidad superior del usuario está elevada o bajada, la fuerza de tracción deseada se aplica al tendón artificial acortado o alargado 4, por ejemplo, girando el rollo descrito anteriormente mientras el tendón 4 se enrolla o desenrolla del rollo en cuestión.

20 Preferentemente, la fuerza de tracción deseada no es lo suficientemente fuerte como para elevar la extremidad superior, incluso no lo suficientemente fuerte como para mantener la extremidad superior en una posición estable cuando se eleva por encima de una posición vertical. En particular, el medio de control 21 no está dispuesto para iniciar ningún movimiento de la extremidad superior; en otras palabras, el circuito de retroalimentación es preferentemente completamente reactivo en su diseño.

25 Preferentemente, la fuerza de tracción deseada no depende de si la extremidad superior se está elevando o bajando actualmente. Sin embargo, de acuerdo con un modo realización de alternativo preferente, un bucle de control de retroalimentación de diseño diferente se puede implementar para movimientos hacia arriba de la extremidad superior en comparación con movimientos hacia debajo de la extremidad superior. Esto, por ejemplo, puede ser útil si se usa como un dispositivo de disminución de carga para trabajos de montaje repetitivos o similares, o si se va a implementar un esquema de rehabilitación particular para grupos particulares de pacientes. La dirección del movimiento actual se puede detectar preferentemente de forma dinámica, tal como por un sensor de postura de la extremidad superior del tipo descrito anteriormente.

35 Es preferente que el sistema de control 20 comprenda un regulador de fuerza, dispuesto para lograr dicha fuerza deseada en un bucle de retroalimentación interno en dicho regulador de fuerza, en base a dicha fuerza real actual detectada. En este caso, es el regulador de fuerza el que controla el valor de dicha métrica de regulación para lograr la fuerza deseada. Dicho regulador de fuerza puede tener un sensor de fuerza incorporado para detectar la fuerza real actual, o estar conectado a un sensor de fuerza externo, tal como se dispone en el tendón 4, en el punto de tracción o en la extremidad superior del usuario.

40 Dicho diseño del sistema de control 20 posibilita que un solo accionador, en forma del medio de control 21, asista en todos los movimientos de la extremidad superior y del hombro del usuario. Esto es especialmente cierto en un dispositivo de soporte del tipo actual, que proporciona asistencia para la elevación vertical de la extremidad superior pero no afecta a los movimientos horizontales de la extremidad superior en sí misma. Dado que el sensor de fuerza real 22 puede estar dispuesto en o como parte del medio de control 21, todo el sistema de control 20 puede estar dispuesto como un único dispositivo, por ejemplo, en el punto de tracción descrito anteriormente 5 o, por medio de un medio de redireccionamiento del tendón 4 en el punto de tracción 5, en otro lugar, tal como en un paquete de control en la espalda del usuario.

50 De acuerdo con un modo de realización preferente, el sistema de control 20 comprende un medio de ajuste 24, por medio del cual el usuario puede ajustar una fuerza relativa de la fuerza de tracción deseada del tendón 4. Dicho ajuste preferentemente dará como resultado que se altere la fuerza deseada para cada postura detectada de la extremidad superior y/o del torso, preferentemente de manera lineal a lo largo de todo el intervalo de postura observado. Usando dicho medio de ajuste 24, el usuario puede ajustar el nivel general de asistencia proporcionado por el sistema de control 20 de una manera simple, sin que afecte al comportamiento general del sistema de control 20.

55 Además, es preferente que el bucle de retroalimentación esté dispuesto de modo que la fuerza de tracción deseada sea más fuerte cuanto más cerca de la horizontal esté el eje longitudinal del brazo del usuario, según lo leído por dicho(s) sensor(es) de postura 23. Esto significa que, moviéndose desde una posición verticalmente hacia abajo de la extremidad superior a una posición horizontal de la extremidad superior, la fuerza de tracción será mayor. Por encima de la horizontal, la fuerza de tracción puede ser nuevamente menor que en la horizontal. Por ejemplo, la fuerza deseada se puede variar de modo que sea máxima cuando el brazo esté en dicha posición horizontal.

Como la orientación actual del brazo del usuario es vertical, o sustancialmente vertical, según lo leído por dicho sensor de postura, la fuerza de tracción deseada es preferentemente cero o sustancialmente cero.

De manera correspondiente, la fuerza de tracción deseada se puede variar en función de una orientación del torso del usuario, según lo leído por un sensor de postura correspondiente 23. En este último caso, es preferente que la fuerza deseada se varíe en función de dicha postura leída de modo que las posiciones más rectas del torso proporcionen una mayor fuerza de asistencia deseada. Esto se puede o no combinar con la variación dependiente de la posición de la extremidad superior descrita anteriormente.

La figura 10 ilustra un ejemplo de un mecanismo de retroalimentación de acuerdo con la presente invención, dispuesto para leer el ángulo de postura del brazo  $\Phi$  y para aplicar una fuerza de tracción deseada  $F_{des}$ , con el objetivo de mantener dicha fuerza de tracción deseada del tendón dependiendo de dicho ángulo de postura de la extremidad superior leído. El regulador de fuerza mide internamente la fuerza real y regula la fuerza de tracción dependiendo de ella. El usuario puede controlar el nivel general de asistencia seleccionando un valor adecuado para la constante  $k$ , por ejemplo, usando un botón de ajuste del tipo mencionado anteriormente. En el ejemplo, la fuerza de tracción deseada es la función seno escalada del ángulo de postura actual medido de la extremidad superior. Se sabe que se pueden aplicar funciones de fuerza deseadas diferentes y/o más complejas, dependiendo de las necesidades particulares:

$$F_{des} = kF \sin\left(\frac{\pi}{2\phi_{max}}\phi\right),$$

en la que

$k$  se denomina constante que controla el nivel general de asistencia;

$F_{def}$  es una fuerza de tracción deseada por defecto predeterminada o ajustable;

$\phi_{max}$  es un ángulo de postura de la extremidad superior predeterminado o ajustable (véase a continuación) (como la extremidad superior orientada horizontalmente) en el que la fuerza de tracción deseada debe estar en su punto máximo; y

$\phi$  es el ángulo medido de la postura de la extremidad superior.

En general, es preferente que el bucle de retroalimentación interno esté diseñado para funcionar sustancialmente de la misma manera principal correspondiente a lo largo del intervalo completo de orientaciones detectadas del brazo. En particular, es preferente que la orientación detectada del brazo solo afecte al bucle de retroalimentación mediante uno o varios factores o variables de compensación constantes o variables (a lo largo de los valores de la postura del brazo) con respecto al valor de fuerza de tracción deseada del tendón, por ejemplo, de modo que el factor de compensación se aplique a la fuerza de tracción por defecto  $F_{def}$  o como argumento para una función dependiente del ángulo usada para calcular  $F_{des}$ , antes de usar la fuerza de tracción deseada en el bucle de retroalimentación interno descrito anteriormente. Esto posibilita separar la funcionalidad basada en el sensor de postura 23 del resto del sistema de control 20, de modo que el sensor de postura 23 se pueda encender o apagar mientras se mantiene la funcionalidad de retroalimentación interna. Además, el sensor de postura 23 se puede instalar posteriormente en un sistema de control existente 20. Lo correspondiente también es cierto con respecto a un bucle de retroalimentación basado en la postura del torso, como se describe anteriormente.

En la figura 10, hay dos factores de compensación -  $k$  y  $\frac{\pi}{2\phi_{max}}$ .

En general, la fuerza de compensación deseada se puede calcular como o basar en una función continua al menos en sección, tal como una función seno, de la postura detectada de la extremidad superior y/o del torso. Es preferente que se proporcione un medio de ajuste separado 25, tal como un botón, para ajustar a qué valor de orientación del brazo  $\phi_{max}$  se ha de aplicar la fuerza de tracción máxima deseada, tal como por el medio de ajuste separado.

De acuerdo con un modo de realización preferente, la función de fuerza deseada dependiente de la postura se determina empíricamente en una etapa de configuración inicial, realizada usando una función de programa informático adecuada que se puede ejecutar, por ejemplo, en un procesador de hardware en el sistema de control 20. Durante dicha configuración, se varía la postura de la extremidad superior y/o el torso del usuario, tal como mediante el accionador que acciona o ayuda al usuario a mover la extremidad superior a un conjunto de orientaciones preferentemente predeterminadas, y se detecta mediante uno o varios sensores de postura correspondientes, como se describe anteriormente. En el momento de dicha detección, es preferente que el peso de la extremidad superior, preferentemente sin la ayuda de la fuerza muscular del usuario, se imparta al sensor. Al mismo tiempo, se puede leer la fuerza real actual del tendón 4, y el conjunto de datos resultante, que comprende las fuerzas reales medidas del tendón 4 para una serie de diferentes posturas del usuario conocidas, se usa para calcular dicha función de fuerza del tendón deseada dependiente de la postura para su uso durante el funcionamiento del sistema de control 20.

Por ejemplo, se puede indicar al usuario que mueva la extremidad superior y/o el torso en un patrón de movimiento predeterminado, cuya secuencia de posturas se detecta a continuación conjuntamente con las correspondientes mediciones de la de fuerza real del tendón 4 para cada postura detectada, y se almacena en una memoria digital por el sistema de control 20. En un modo de realización, el sistema de control 20 está dispuesto para controlar una fuerza de tracción aplicada, de una manera correspondiente a la descrita anteriormente, para ofrecer apenas o con precisión la asistencia requerida al usuario para permitir que el usuario mantenga cada una de una serie de posturas predeterminadas, mientras se registra(n) la(s) postura(s) correspondiente(s) detectada(s) y la fuerza real del tendón.

Durante la configuración, se puede indicar al usuario que realice una serie de posturas mientras ejerce una fuerza máxima. Esto creará automáticamente un punto de referencia para la fuerza que el usuario puede ejercer a lo largo de un intervalo de posturas diferentes del torso y/o el brazo, en base a las cuales dicha función de fuerza deseada se puede ser determinar automáticamente por el programa informático del sistema de control 20. Después de esto, el usuario puede controlar la asistencia de fuerza real durante el uso ajustando dicho botón o botones de ajuste descritos anteriormente, dependiendo del nivel de fatiga actual o tipo de actividad.

Como resultado de dicha configuración, o en base a ajustes de parámetros predeterminados o manuales, es preferente que la fuerza deseada del tendón en el bucle de control de retroalimentación analizado anteriormente se determine, para una serie de posturas del usuario diferentes, como una proporción relativa particular de la fuerza requerida para mantener quieta la extremidad superior del usuario, con o sin el uso de cualquier fuerza muscular, en la postura en cuestión. Esta proporción se puede ajustar a continuación usando el botón o botones de ajuste como se describe en el presente documento.

Durante una etapa de configuración del tipo descrito anteriormente, también es preferente que se determine automáticamente una postura horizontal del brazo, por ejemplo, indicando al usuario que sitúe la extremidad superior en dicha postura horizontal tipo y que permita que el sistema de control 20 detecte a continuación los datos reales del sensor de postura cuando esté en esta postura, y que use estos datos como referencia de postura horizontal en los algoritmos de retroalimentación descritos anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización preferente adicional, el sistema de control 20 es configurable, por ejemplo, durante dicha etapa de configuración, para permitir una asistencia más fuerte en intervalos de postura predeterminados particulares, como en posturas en las que el usuario, en una actividad actual, como cuando hace compras o realiza una tarea de montaje repetitiva particular, debe ejercer más fuerza. Dichos intervalos, y dicha fuerza de asistencia adicional, se implementan a continuación en dicha función de fuerza deseada del tendón dependiente de la postura, preferentemente como una función de programa informático en dicho dispositivo de control.

Preferentemente, además, el sistema de control 20 comprende además un sensor de ángulo del codo 26, que está dispuesto para detectar un ángulo de flexión actual del codo del usuario, y que está conectado al medio de control 21, para suministrar valores de medición del ángulo del codo, de una manera que puede ser similar a la conexión del sensor de postura 23. Preferentemente, en el caso de que se usen tanto un sensor de postura 23 como un sensor de ángulo del codo 26, pueden estar dispuestos como una única unidad integrada, usando una única interfaz de comunicación para comunicarse con el medio de control 21. En este caso, es preferente que dicha unidad integrada esté dispuesta en el codo, tal como en el medio de fijación de la extremidad superior 6, posiblemente como parte de la interconexión 14.

En caso de que se use un sensor de ángulo del codo 26, el bucle de control de retroalimentación del sistema de control 20 está dispuesto de modo que no se aplique ninguna fuerza de tracción o ninguna sustancial al tendón artificial 4 en caso de que el sensor de ángulo del codo detecte actualmente un codo no flexionado. Aparte de esta función, el valor detectado del sensor de ángulo del codo 26 preferentemente no tiene ningún efecto sobre la fuerza de tracción aplicada. Esto evitará que se tire del medio de fijación de la extremidad superior 6 directamente hacia adentro hacia el hombro del usuario en caso de que la extremidad superior esté completamente recta, sacando de este modo el medio de fijación del brazo 6 fuera de su sitio. Por consiguiente, este modo de realización es el más preferente en caso de que el punto de tracción 5 y el posible medio de redireccionamiento del tendón 11 se sitúan de modo que la fuerza de tracción se aplique a lo largo de una línea que esté relativamente cerca de la enartrosis del hombro, preferentemente de modo que el tendón 4 discorra sustancialmente en paralelo al brazo del usuario. Preferentemente, un ángulo de flexión del codo de aproximadamente 5°, o incluso menos, dará como resultado que se aplique el bucle de control de retroalimentación normal.

Además de medir la postura de la extremidad superior y/o del torso, como se describe anteriormente, también se pueden usar sensores de postura similares para medir otros aspectos geométricos de la postura de la extremidad superior del usuario y con el objetivo de modificar la fuerza deseada descrita anteriormente en base a dichas mediciones. Los ejemplos comprenden la posición del brazo, con respecto al torso del usuario, en el plano horizontal; el ángulo de giro/torsión de la extremidad superior; y/o la flexión del codo. Por ejemplo, se pueden usar mayores fuerzas deseadas (y, por consiguiente, un soporte más potente para el usuario) cuando la extremidad superior se ubica y se mueve en el plano medio en comparación con el plano frontal; y una extremidad superior más flexionada puede requerir una fuerza de tracción deseada menor.

De forma similar, la fuerza de tracción deseada se puede determinar dinámicamente en reacción a una derivada de

5 primer orden o mayor detectada de un ángulo de postura de la extremidad superior, y/o de cualquier otra postura leída. En particular, se desea que los cambios de postura continuos más rápidos, en particular los movimientos de la extremidad superior den como resultado fuerzas de tracción deseadas mayores, lo que da lugar a una asistencia más natural debido a los efectos de fricción viscosa que se producen normalmente en las extremidades superiores humanas.

10 Además, el dispositivo de soporte, y en particular el sistema de control 20, está dispuesto preferentemente para que no lea ninguna otra postura o aceleración que las del uso de dicho(s) sensor(es) de postura 23 (en particular, preferentemente solo un sensor de postura del brazo en caso de que no se use ningún sensor de postura del torso) y, si corresponde, dicho sensor de ángulo del codo 26. Esto proporciona un sistema muy simple pero versátil y útil para proporcionar asistencia en el movimiento de la extremidad superior iniciado por el usuario a un usuario.

Por razones similares, es preferente que dicho al menos un tendón artificial 4 sea la única parte del sistema de control que medie en la fuerza 20 entre el punto de tracción 5 y el medio de fijación de la extremidad superior 6.

15 De acuerdo con un modo de realización preferente, ninguno de dichos sensores 23, 26 está dispuesto para que esté en contacto directo con la piel del usuario. Tener un sensor dispuesto en contacto directo con la piel se puede percibir como incómodo por el usuario, y usando presente dispositivo de soporte dicha disposición no es necesaria. En cambio, los sensores se pueden disponer en las partes principales del dispositivo de soporte 6, 12, etc. En particular, es preferente que los sensores 23, 26 no estén dispuestos para que lean las señales del sistema nervioso del usuario del mismo, sino que estén dispuestos para que lean datos de ángulo y postura puramente mecánicos en base a su orientación en el espacio, y posiblemente también en base a su orientación con respecto a otras partes del dispositivo de soporte.

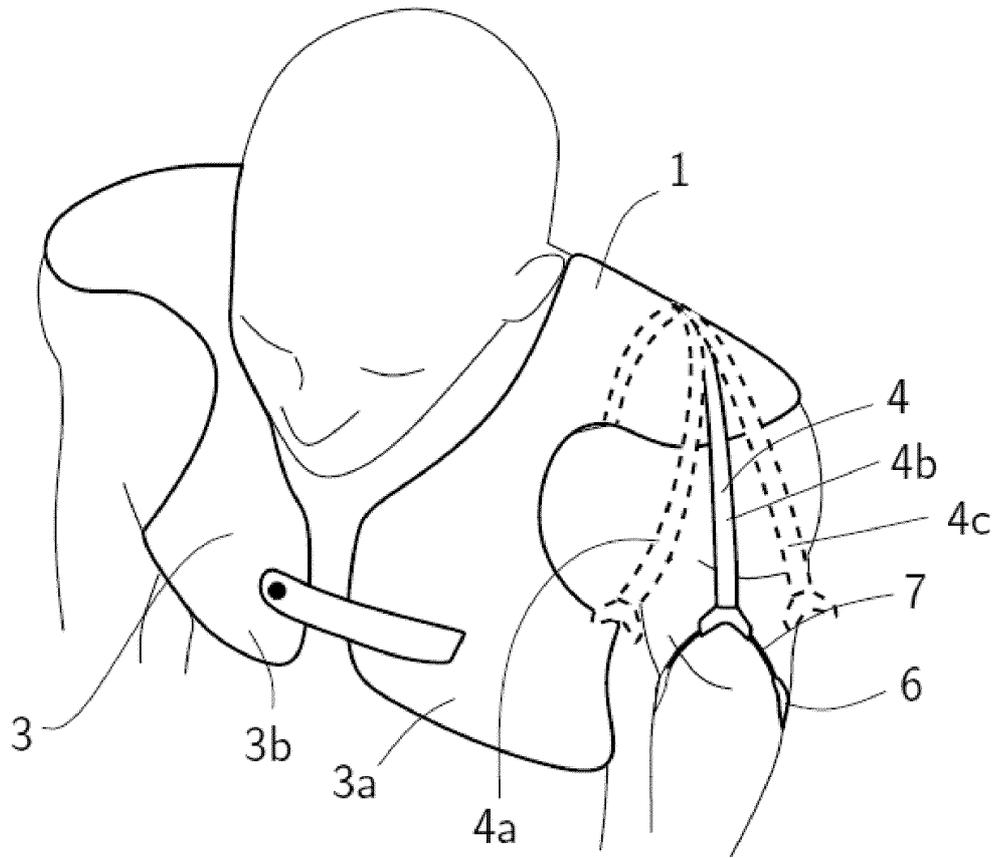
20 En particular, cada uno de dichos sensores 23, 26 está fijado preferentemente de manera fija a una estructura principal del dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior, de tal manera que no entre en contacto directo con la piel del usuario cuando se lleve. Por ejemplo, los sensores se pueden sujetar encima de una capa de tela.

25 Además de los sensores descritos anteriormente, se pueden usar sensores adicionales en algunos modos de realización, para controlar el bucle de retroalimentación, pero en particular para lograr una funcionalidad temporal específica basada en circunstancias medidas específicas. Por ejemplo, se puede usar un sensor electromiográfico (EMG) para proporcionar temporalmente un impulso adicional, tal como cuando se detecta un esfuerzo muscular del usuario en un tejido muscular relevante. Esto da como resultado un producto más complejo y, por lo tanto, no es preferente en algunos modos de realización en los que se busca simplicidad.

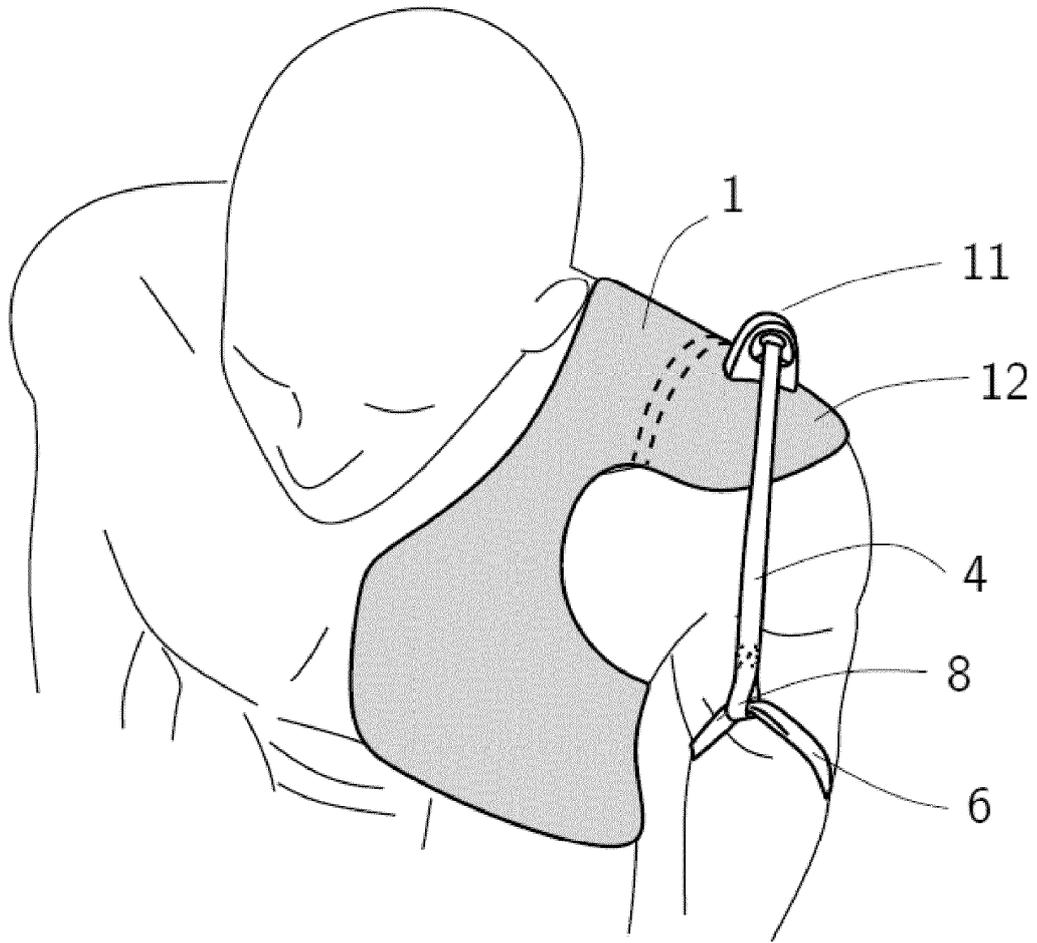
30 Se entiende que el sistema de control descrito anteriormente 20 se puede implementar para asistir en los movimientos de extremidades superiores de solo una de las extremidades superiores del usuario, o de ambas. En el último caso, la funcionalidad de retroalimentación puede ser idéntica o diferente, dependiendo de las necesidades del usuario. En un modo de realización preferente, la configuración analizada anteriormente se realiza independientemente para cada una de las dos extremidades superiores del usuario, y a continuación se aplica un bucle de retroalimentación resultante respectivo independientemente a los movimientos y posturas de cada extremidad superior respectiva.

**REIVINDICACIONES**

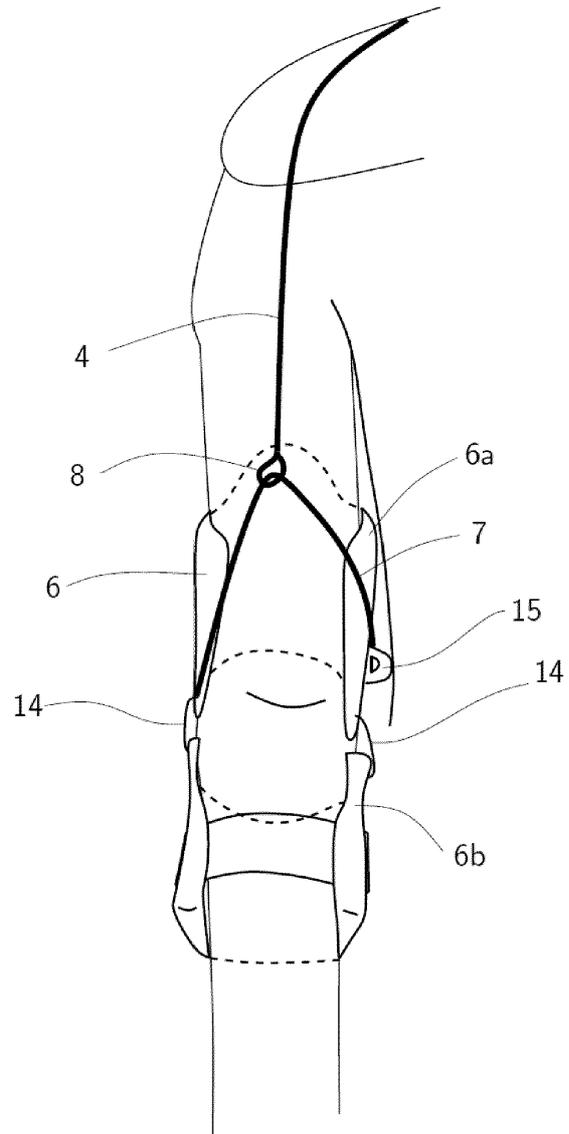
- 5 1. Un dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior, que comprende un soporte del torso (1), al menos un tendón artificial (4) para elevación vertical, que discurre al menos desde un punto de tracción (5) proporcionado en el soporte del torso, sobre un hombro del usuario y conectado a un medio de fijación de la extremidad superior (6) para la fijación del al menos un tendón artificial en una extremidad superior de un usuario cuando el dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior está en uso, caracterizado por que
- el punto de tracción se proporciona en un nivel por encima de las clavículas del usuario en uso y se proporciona un medio de redireccionamiento (11) verticalmente por encima de la enartrosis principal, que es la articulación glenohumeral, del usuario en uso.
- 10 2. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se aplica una fuerza de tracción al tendón artificial mediante un medio de tracción dispuesto a lo largo del tendón artificial o que está comprendido en el tendón artificial.
- 15 3. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el medio de tracción está dispuesto para aplicar dicha fuerza de tracción en un punto de tracción dispuesto adyacente a una porción del cuello (10) del soporte del torso.
4. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el punto de tracción se proporciona en una porción rígida del cuello.
- 20 5. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte del torso comprende al menos una parte de hombro (13) que tiene un lado superior liso de modo que el tendón artificial se pueda deslizar transversalmente a su eje cuando un usuario esté haciendo movimientos laterales.
- 25 6. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un sistema de control (20) que comprende un medio de control (21) dispuesto para aplicar una fuerza de tracción deseada en dicho al menos un tendón artificial en un circuito de retroalimentación, dependiendo dicha fuerza de tracción de una postura del usuario medida usando al menos un sensor de postura (23) comprendido en el sistema de control.
7. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho sensor de postura está dispuesto para medir la postura del torso y/o el brazo del usuario.
- 30 8. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el sistema de control está dispuesto para detectar una fuerza de tracción real actual en dicho al menos un tendón artificial, y en el que un bucle de control de retroalimentación está dispuesto para lograr dicha fuerza de tracción deseada en base a dicha fuerza real actual detectada.
- 35 9. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el sistema de control comprende un regulador de fuerza, dispuesto para lograr dicha fuerza de tracción deseada en un bucle de retroalimentación interno en dicho regulador de fuerza, en base a dicha fuerza real actual detectada.
10. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, en el que el sistema de control está dispuesto además de modo que, para una fuerza real actual distinta de cero detectada, la fuerza de tracción deseada se establece más fuerte cuanto más cerca de la horizontal esté el eje longitudinal del brazo del usuario, según lo leído por dicho sensor de postura.
- 40 11. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-10, en el que dicho al menos un tendón artificial es la única parte del sistema de control que media en la fuerza entre dicho punto de tracción y dicho medio de fijación de la extremidad superior.
- 45 12. El dispositivo de soporte de elevación de extremidad superior de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-11, en el que el sistema de control comprende además un sensor de ángulo del codo (26), y que el sistema de control está dispuesto para no aplicar ninguna fuerza al tendón artificial en caso de que el sensor de ángulo del codo detecte actualmente un codo no flexionado.



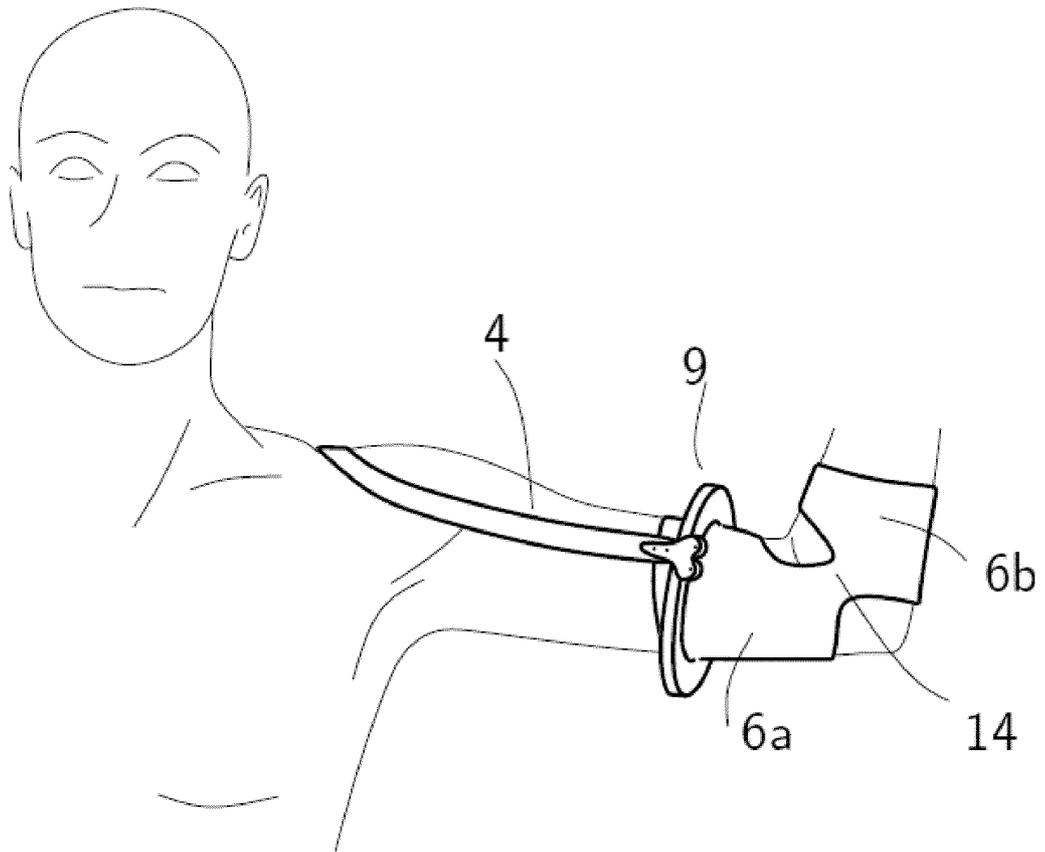
**Fig. 1**



**Fig. 2**

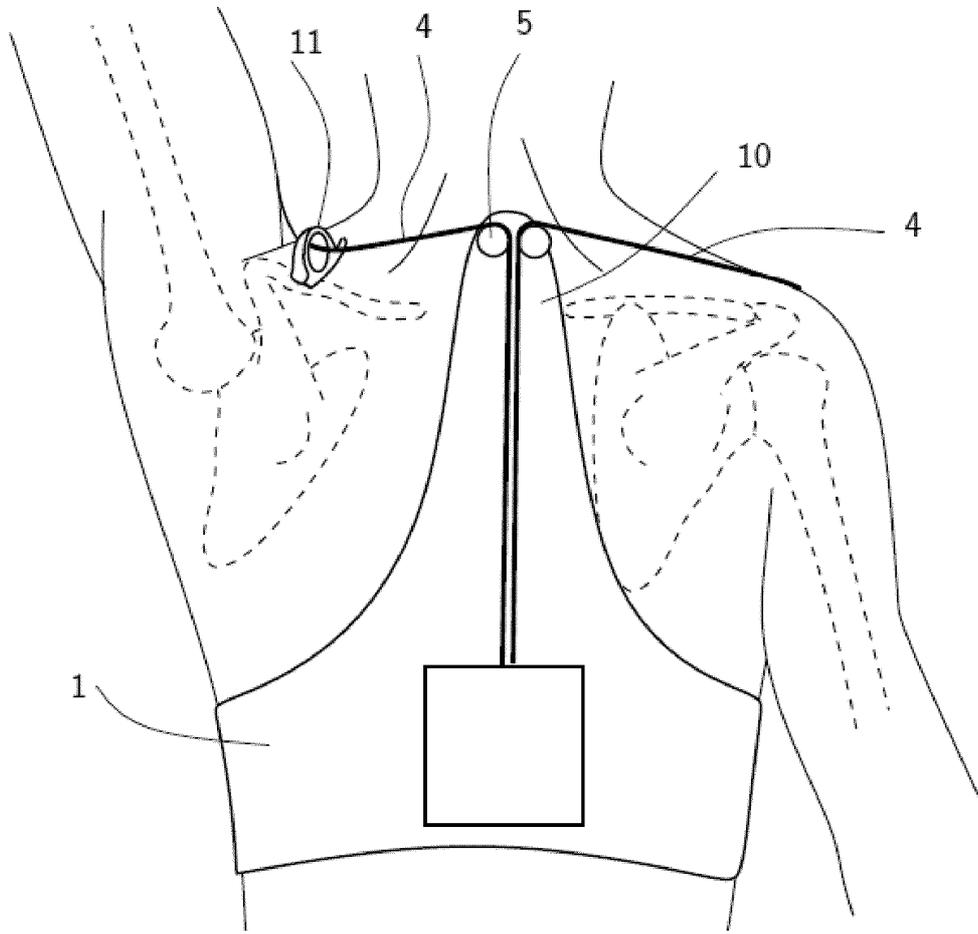


**Fig. 3**

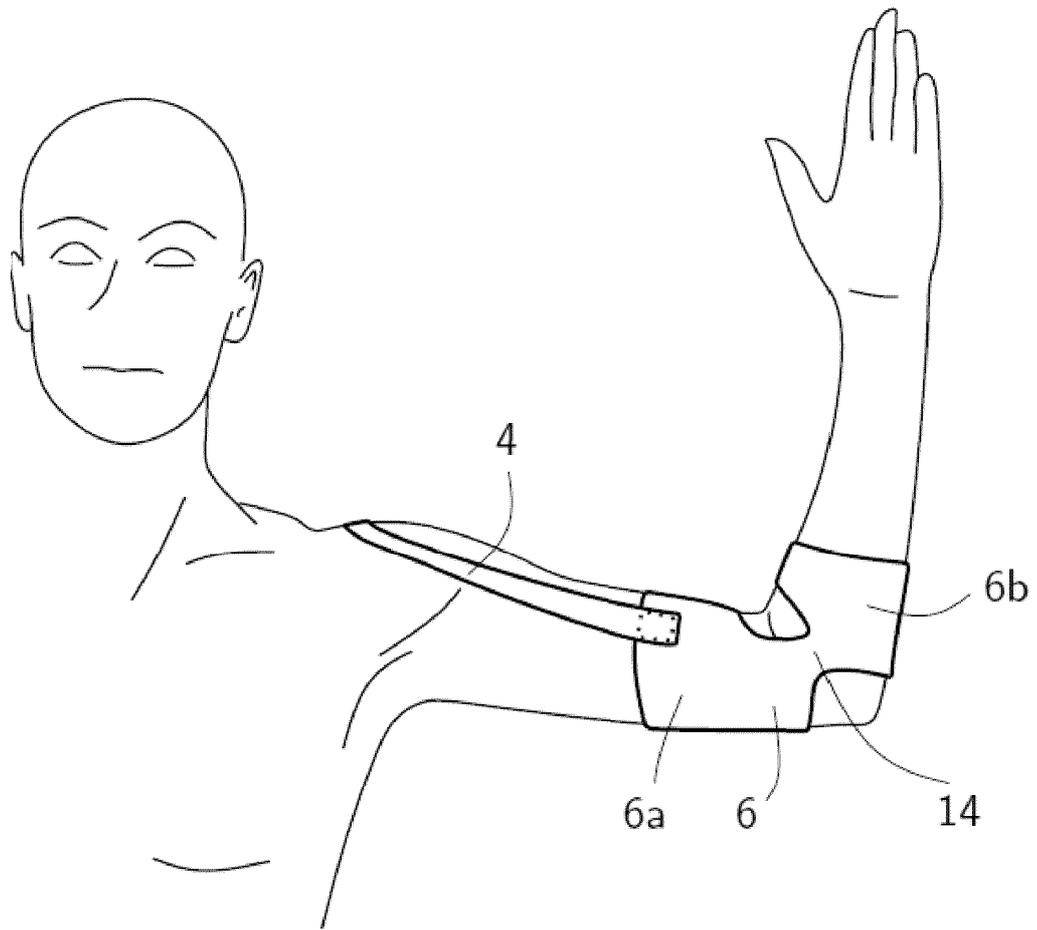


**Fig. 4**

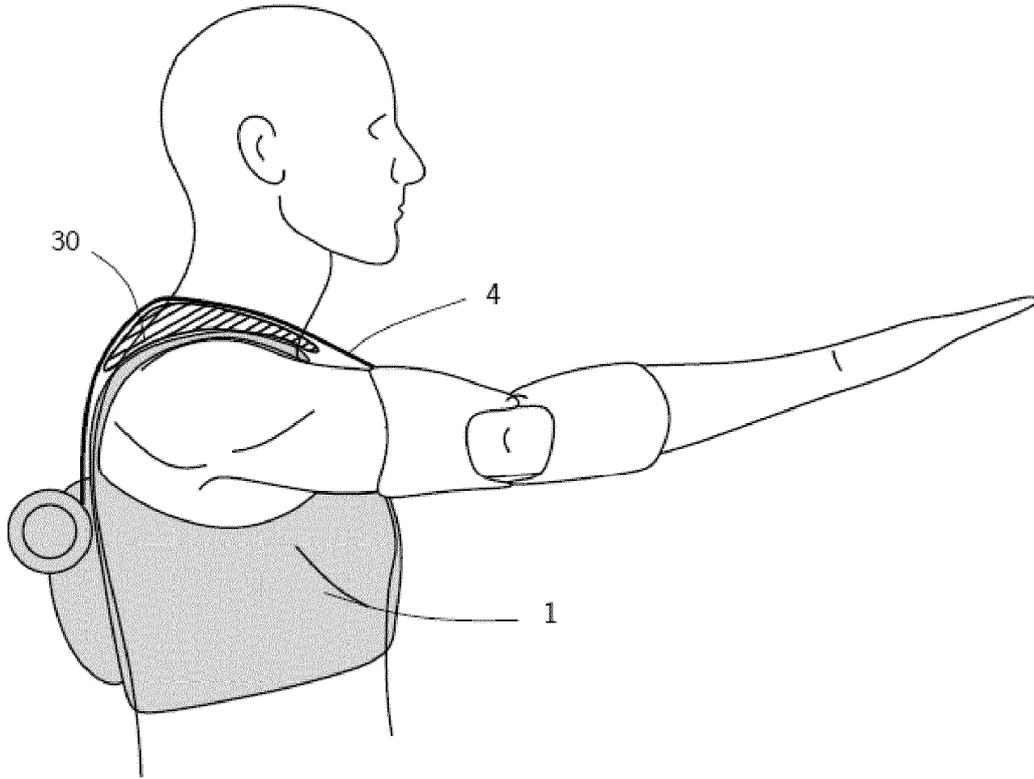




**Fig. 6**

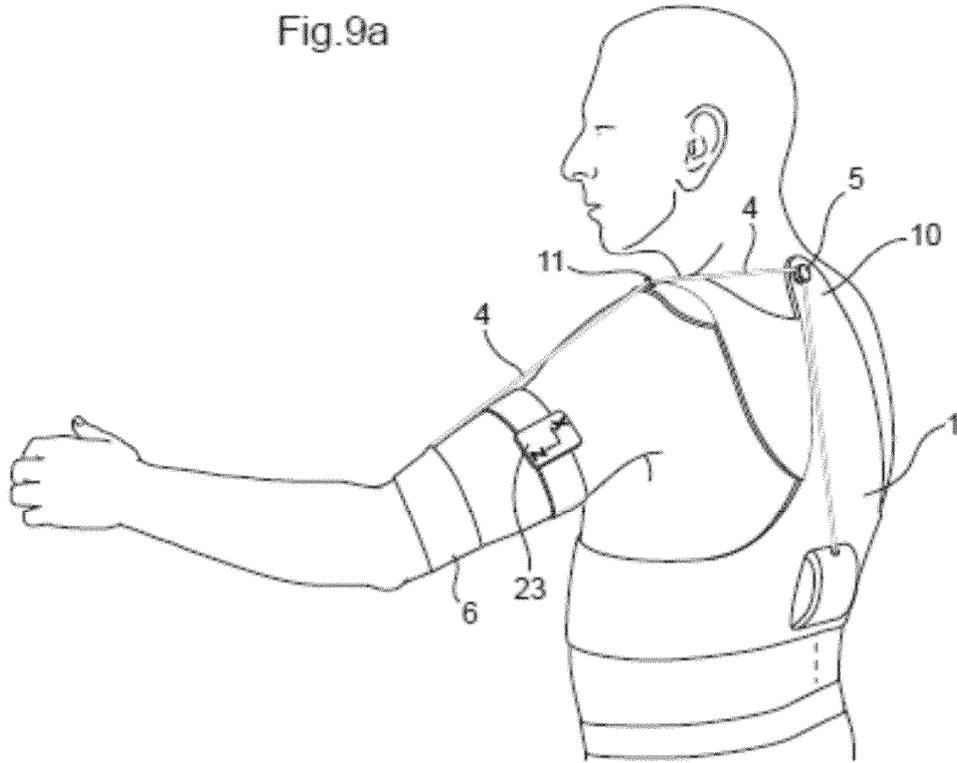


**Fig. 7**



**Fig. 8**

Fig.9a



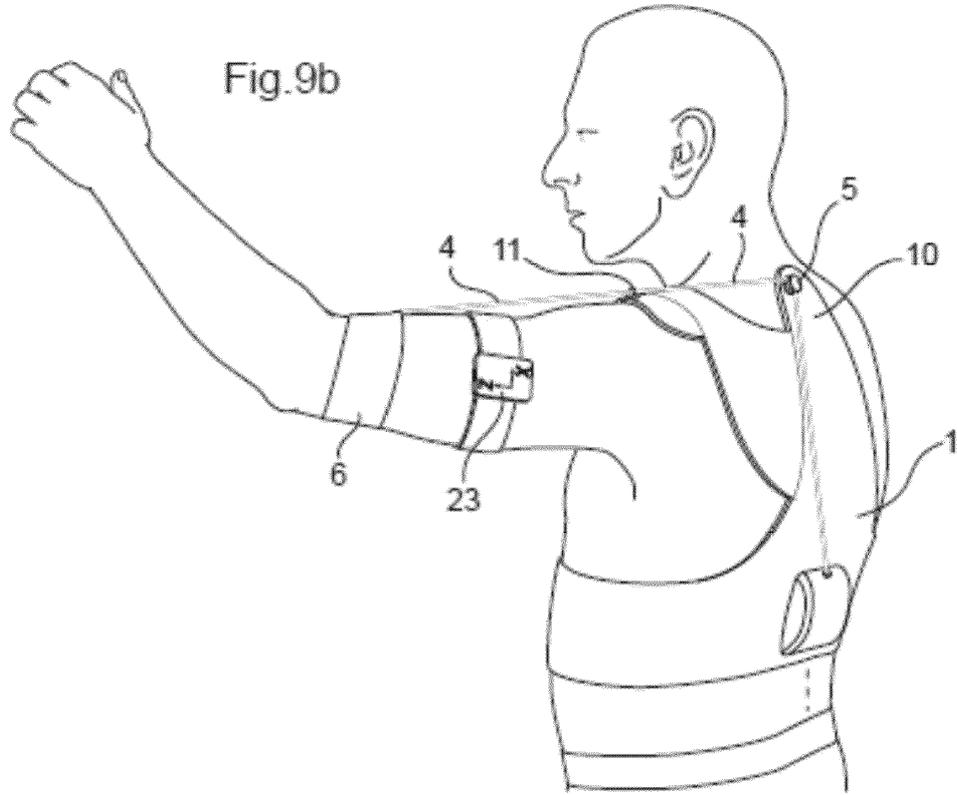


Fig.9c

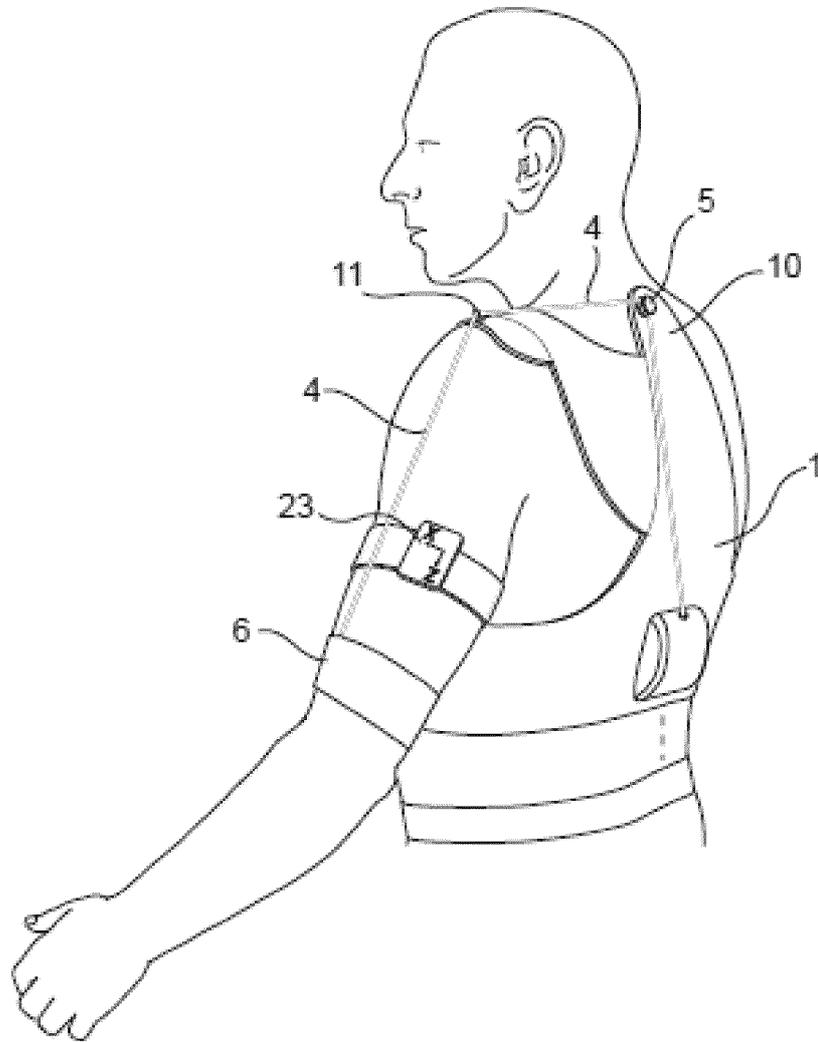
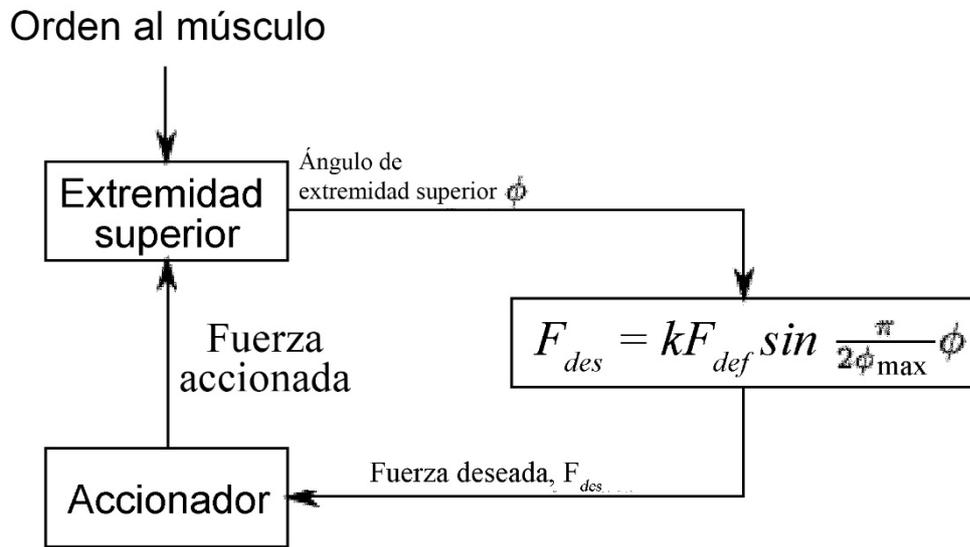
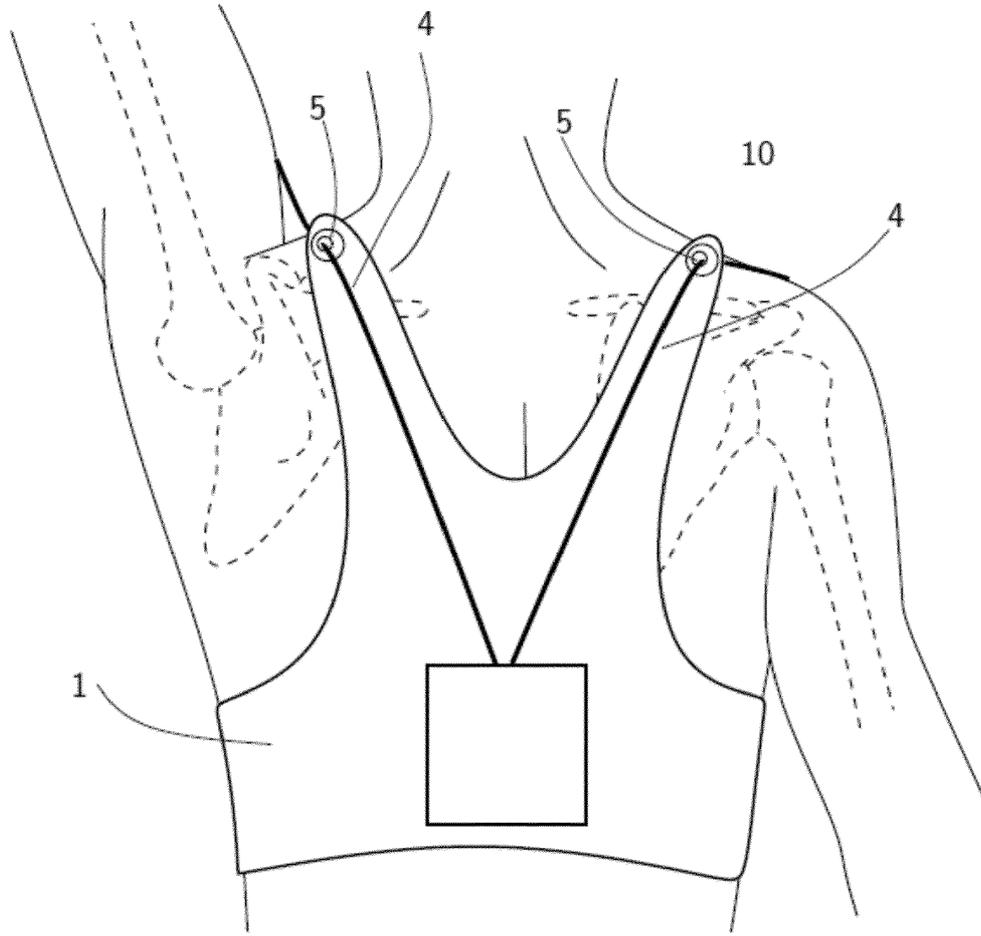


Fig. 10





**Fig. 11**