

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 326**

51 Int. Cl.:

A63B 23/12 (2006.01)

A63B 21/00 (2006.01)

A61H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2012 PCT/IL2012/000256**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12176200**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2012 E 12802506 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2723458**

54 Título: **Aparato y método para rehabilitar una extremidad lesionada**

30 Prioridad:

23.06.2011 IL 21375611

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

13.02.2020

73 Titular/es:

**REHABIT-TEC LTD. (100.0%)
3 Hahilazon Street
52522 Ramat Gan, IL**

72 Inventor/es:

ELIA, SHLOMO

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 742 326 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

Aparato y método para rehabilitar una extremidad lesionada

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato de rehabilitación. Más específicamente, la presente invención se refiere a un aparato para la rehabilitación de una persona que ha sufrido una lesión traumática, más específicamente una apoplejía.

10

Antecedentes de la invención

Una apoplejía, anteriormente conocida médicamente como accidente cerebro vascular (ACV), es la pérdida de funciones cerebrales que se desarrolla rápidamente debido a una alteración en el suministro de sangre al cerebro. Esto puede deberse a isquemia (falta de flujo sanguíneo) provocada por oclusión (embolia arterial) o hemorragia (pérdida de sangre). Como resultado, el área afectada del cerebro no puede funcionar, lo que deriva en la incapacidad de mover una o más extremidades de un lado del cuerpo.

15

En los Estados Unidos, más de 700.000 personas sufren una apoplejía cada año, y aproximadamente dos tercios de estas personas sobreviven y necesitan rehabilitación. Los objetivos de la rehabilitación son ayudar a los supervivientes a ser lo más independientes posible y a conseguir la mejor calidad de vida posible. Aunque la rehabilitación no "cura" la apoplejía, ya que no revierte el daño cerebral, la rehabilitación puede ayudar sustancialmente a las personas a conseguir a largo plazo el mejor resultado posible.

20

La parálisis es una de las discapacidades más comunes que se producen a partir de una apoplejía. La parálisis se localiza, por lo general, en el lado del cuerpo opuesto al lado del cerebro dañado por la apoplejía y puede afectar la cara, brazo, pierna, o a todo el lateral del cuerpo. Esta parálisis unilateral se denomina hemiplejía (la adinamia unilateral se denomina hemiparesia). Los pacientes con hemiparesia o hemiplejía pueden tener dificultades con las actividades cotidianas, como caminar o agarrar objetos.

25

30

Después de una apoplejía, el lóbulo dañado pierde la capacidad de controlar sus extremidades (las extremidades contrarias) mientras que el lóbulo vecino puede permanecer ileso y tener el control total de sus extremidades. Se ha demostrado clínicamente que un lóbulo puede entrenarse para controlar, no solo las extremidades contrarias, sino también las extremidades del mismo lado. Este hecho es la fuerza impulsora que hay detrás de los tratamientos de fisioterapia para personas que han sufrido apoplejía.

35

La disfunción de una extremidad e incapacidad para moverla y realizar actividades funcionales de la vida diaria, hecho que requiere fisioterapia, puede haber sido provocada por al menos dos tipos de lesiones; lesiones neurológicas y lesiones físicas. Las lesiones neurológicas pueden incluir lesiones cerebrales traumáticas (LCT), debido a la fuerza mecánica externa en el cerebro, y lesiones cerebrales no traumáticas, debido a deficiencias internas que dañan el cerebro, por ejemplo, una apoplejía. Las lesiones físicas son lesiones causadas por fuerzas externas directamente en una de las extremidades.

40

Para permitir que una persona, que sufrió una apoplejía o cualquier otra lesión que cause la disfunción de una extremidad, recupere cuanto más se pueda el funcionamiento normal de la extremidad incapacitada, son necesarias muchas horas de fisioterapia. Para obtener mejores resultados, la fisioterapia debe comenzar lo antes posible después de la lesión; en el caso de una apoplejía, preferiblemente a las 24-48 horas. Sin embargo, por la falta de centros de rehabilitación, la escasez de fisioterapeutas y expertos, el paciente promedio comienza la terapia después del período crítico y, después de comenzar la fisioterapia, el paciente recibe solo sesiones poco frecuentes.

50

El documento US 2010/0152629 describe un aparato para la rehabilitación de una pierna lesionada. El paciente está de pie en una cinta de correr con la pierna lesionada unida a un dispositivo para andar por medio de brazos de sujeción, que se proyectan desde el interior del dispositivo para andar. Los sensores, por ejemplo, una cámara de video o acelerómetros conectados a la pierna sana del paciente, transmiten señales que advierten del movimiento de la pierna sana a un módulo de control que controla los motores en el dispositivo para andar. Los motores mueven los brazos de sujeción y la extremidad lesionada unida, lo que hace que la pierna lesionada se mueva imitando el movimiento de la pierna sana.

55

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato para tratar víctimas con lesiones neurológicas, que mejorará los resultados de la fisioterapia y enseñará a las partes sanas contrarias del cerebro a controlar la extremidad, en lugar de la parte lesionada.

60

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato para tratar personas que tengan problemas médicos u otras afecciones, enfermedades o lesiones relacionadas con la salud, que limiten sus capacidades para moverse y realizar actividades funcionales tan adecuadamente como querrian hacerlo en su vida diaria.

65

Otro objetivo más de la presente invención es reducir el coste de la rehabilitación al permitir que un paciente se entrene y reduzca las horas de trabajo con un fisioterapeuta.

5 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato para un programa de entrenamiento de fisioterapia y terapia neurológica, que restablezca el funcionamiento normal de una extremidad incapacitada y permita que una persona que ha sufrido una apoplejía pueda moverse de manera casi normal en situaciones de la vida real.

Los fines y ventajas adicionales de esta invención aparecerán a medida que avance la invención.

10 Los problemas planteados se resuelven según la invención mediante las características técnicas de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

15 En un primer aspecto, la invención es un aparato para la rehabilitación y el entrenamiento de una extremidad lesionada utilizando la correspondiente extremidad sana y funcional, para así controlar el movimiento de la extremidad lesionada. El aparato comprende:

- 20 a) un sistema de sensores, que comprende sensores para medir el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y el hueso del otro lado de la articulación en la extremidad sana funcional;
- b) un mecanismo impulsado, que comprende accionadores adaptados para provocar el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y el hueso del otro lado de la articulación en la extremidad lesionada;
- 25 c) un módulo de procesamiento y comunicación, adaptado para recibir señales de salida de cada uno de los sensores del sistema de sensores, para así analizar las señales y para producir y transmitir al mecanismo impulsado señales que comprenden instrucciones relacionadas con la duración y magnitud de la fuerza que deberían aplicar los componentes del mecanismo impulsado para hacer que un hueso de la extremidad lesionada se mueva exactamente de la misma manera que se mueve el hueso correspondiente de la extremidad sana; y
- 30 d) una fuente de alimentación, adaptada para suministrar energía a los componentes del sistema de sensores, del mecanismo impulsado y del módulo de procesamiento y comunicación.

El aparato se caracteriza por que todos los componentes del sistema de sensores están ubicados en una extremidad sana y todos los componentes del mecanismo impulsado están ubicados en una extremidad lesionada de un usuario de dicho aparato.

35 En las realizaciones del aparato, los componentes del sistema de sensores se montan directamente en la extremidad sana funcional y los componentes del mecanismo impulsado se montan directamente en la extremidad lesionada.

40 En las realizaciones del aparato, los componentes del sistema de sensores están montados en un exoesqueleto en el que se puede introducir la extremidad sana funcional y los componentes del mecanismo impulsado se montan en un exoesqueleto en el que se puede introducir la extremidad lesionada. El exoesqueleto puede estar hecho a partir de un material flexible, rígido o semirrígido.

45 El sistema de sensores puede comprender sensores analógicos, sensores digitales, o sensores analógicos y digitales. En las realizaciones del aparato, los sensores se seleccionan de al menos uno de los siguientes tipos de sensores: sensores acelerómetro, extensómetros, sensores de flexión, sensores de fibra óptica y sensores de efecto Hall.

50 En realizaciones del aparato, los sensores analógicos están conectados a los huesos de la mano funcionalmente sana por medio de cables o varillas conectados a puntos de anclaje ubicados entre las articulaciones de la mano funcionalmente sana.

En realizaciones del aparato, los sensores digitales se ubican directamente sobre las articulaciones de la mano funcionalmente sana.

55 En realizaciones del aparato, los accionadores del mecanismo impulsado están conectados a los huesos de la mano lesionada por medio de cables o varillas conectados a puntos de anclaje ubicados entre las articulaciones de la mano lesionada.

60 Las señales enviadas hacia y desde el módulo de procesamiento y comunicación pueden enviarse a través de un enlace de comunicación por cable o inalámbrico. En realizaciones del aparato, los sensores del sistema de sensores y los accionadores del mecanismo impulsado pueden tener una dirección IP única.

65 En realizaciones del aparato, el mecanismo impulsado comprende un sistema de sensor de retroalimentación, que está adaptado para proporcionar información en tiempo real al módulo de procesamiento y comunicación, que utiliza la información para ajustar la magnitud de la fuerza de los accionadores en la extremidad lesionada.

Un método para usar el aparato del primer aspecto para la rehabilitación y el entrenamiento de una extremidad lesionada, mediante el uso de la extremidad sana funcional correspondiente para controlar el movimiento de la extremidad lesionada, comprende:

- 5 a) montar un sistema de sensores que comprende sensores para medir el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y el hueso del otro lado de la articulación en la extremidad sana funcional;
- b) montar un mecanismo impulsado que comprende accionadores adaptados para provocar el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y del hueso del otro lado de la articulación en la extremidad lesionada; y
- 10 c) llevar a cabo una serie de movimientos de los huesos de la extremidad sana funcional.

Todo lo anterior y otras características y ventajas de la invención se entenderán adicionalmente gracias a la siguiente descripción ilustrativa y no limitante de las realizaciones de esta, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En los dibujos, a veces se usan los mismos números para indicar los mismos elementos en diferentes dibujos.

15 **Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 ilustra esquemáticamente una realización del sistema de la invención;
- la figura 2 es un ejemplo de un exoesqueleto para un dedo, utilizado para garantizar la colocación de los medios que miden o provocan los movimientos de los huesos digitales;
- la figura 3 es un diagrama de bloques que muestra las características principales del circuito de control.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

25 La presente invención es un aparato utilizado para la rehabilitación y el entrenamiento de una extremidad lesionada utilizando la correspondiente extremidad funcional sana para controlar el movimiento de la extremidad lesionada. El aparato comprende un sistema de sensores para la extremidad sana y activa, un mecanismo impulsado para mover huesos específicos de la extremidad pasiva lesionada, una unidad de procesamiento y una fuente de alimentación.

30 A medida que el usuario mueve la extremidad sana, los sensores miden el movimiento de cada uno de los huesos, que transmite y procesa el procesador, que luego transmite una señal al mecanismo impulsado que activa los accionadores correspondientes de la extremidad lesionada, obligando al hueso específico a moverse exactamente de la misma manera que se movió el hueso de la extremidad sana.

35 El hecho de que el usuario vea el movimiento repetido de su extremidad sana y lesionada, es decir, permitiendo al usuario crear movimientos repetidos con su extremidad sana y observar los movimientos (realizados mecánicamente) proyectados en su extremidad lesionada, crea un ciclo de biorretroalimentación que, en caso de lesión neurológica, puede volver a entrenar el cerebro y el sistema neurológico para que, con el tiempo, puedan recuperar el control de la extremidad lesionada.

40 El término "extremidad", utilizado en la presente invención, se refiere a cualquiera de los miembros articulados de un ser humano o animal, como un brazo, pie, mano y pierna, utilizado para locomoción o agarre. La invención se puede aplicar en cualquiera de los miembros articulados mencionados anteriormente. Con el fin de ilustrar la invención, se describirá aquí el caso específico de volver a entrenar una mano humana que se paralizó como resultado de una apoplejía o de cualquier otro tipo de lesión. Sobre la base de la siguiente descripción, el experto en la materia sabrá cómo adaptar la invención *mutatis mutandis* para utilizarla con un tipo diferente de extremidad.

45 La figura 1 muestra esquemáticamente los componentes principales de una realización de la invención. Estos componentes son: Un sistema de sensores (2), que comprende una pluralidad de sensores digitales o analógicos para registrar el movimiento de los huesos digitales individuales de los dedos de la mano, está montado en una extremidad funcional sana (5). Un mecanismo impulsado (10) incluye accionadores para mover los diferentes huesos de la extremidad lesionada como respuesta a las mediciones realizadas por el sistema de sensores (2) de la extremidad sana (5). Un módulo de procesamiento y comunicación (18) y una fuente de alimentación (20).

55 La figura muestra un sistema analógico. En esta realización, los sensores del sistema de sensores (2) son potenciómetros (16), que están conectados por cables (14a) y (140a) a puntos de anclaje de sensores remotos (8) que están fijados en cada hueso digital (3) de la mano sana (5). Los puntos de anclaje (8) se pueden unir directamente al dedo, por ejemplo, en forma de anillos, como se muestra en la figura 1, o se puede unir a un exoesqueleto que se puede adaptar a toda la mano, como se describirá más adelante. (Téngase en cuenta que, para mayor claridad, en las figuras solo se muestra el número mínimo de sensores, cables, etc. requeridos para describir el aparato y explicar el método)

65 Cuando se usa la mano, por ejemplo, para agarrar o soltar un objeto, los huesos adyacentes de cada dedo se mueven uno con respecto al otro. Los sensores detectan el movimiento de un hueso digital, en este documento, denominado el hueso objeto (3), con respecto a otro hueso, denominado aquí hueso de referencia (6). El hueso objeto (3) y el hueso de referencia (6) están conectados por una articulación que permite el movimiento relativo de uno con respecto

al otro. En el ejemplo ilustrado, el hueso objeto (3) es la falange intermedia y el hueso de referencia (6) es la falange proximal.

5 En la realización que se muestra en la figura 1, el sistema de sensores comprende, para cada articulación de los dedos de la mano, un conjunto de cables flexibles (140a, 14a) para medir el movimiento relativo del hueso objeto con respecto al hueso de referencia cuando la articulación se dobla. El conjunto de cables comprende un cable interno (140a) que pasa a través del centro hueco de un cable externo (14a). El cable externo, que es esencialmente un tubo flexible, está unido en uno de sus extremos a un punto de anclaje (8) sobre el hueso de referencia (6) y, en su otro extremo, a una ubicación fija en el brazo del paciente. El cable interno (140a) está unido en uno de sus extremos al punto de anclaje (8) del hueso del objeto (3), pasa a través del centro hueco del cable externo (14a) y está conectado en su otro extremo a la palanca (21). La flexión de la articulación entre el hueso objeto (3) y el hueso de referencia (6) hace que el cable interno (140a) tire de la palanca (21), que gira alrededor del pivote (19), tirando de la conexión (25) y cambiando la salida del potenciómetro (16). En la figura no se ve un resorte ubicado en el pivote (19). El resorte tira hacia atrás del extremo de la palanca a la que está conectado el cable interno para que, cuando se estire la articulación del dedo, se mantenga la tensión del cable interno y la conexión (25) sea empujada en la dirección opuesta, cambiando la salida del potenciómetro (16). La salida del potenciómetro (16) se transmite al módulo de procesamiento y comunicación (18).

20 De esta forma, los movimientos del hueso objeto (3) con respecto al hueso de referencia (6) se transmiten al sensor relacionado tirando del cable. Mientras los huesos se muevan juntos, la distancia entre los puntos de anclaje (8) sobre el hueso objeto (3) y el hueso de referencia (6) permanece constante, el potenciómetro no se mueve y el sistema no reacciona. Es decir, la muñeca puede moverse libremente siempre que los cables externos e internos se muevan juntos.

25 Los sensores pueden ser digitales o analógicos, p. ej. sensores acelerómetro, extensómetros, sensores de flexión, sensores de fibra óptica o sensores de efecto Hall. En el caso de que se utilicen sensores digitales, los sensores se ubican sobre los huesos, en las ubicaciones de los puntos de anclaje (8). Las señales de salida de cada sensor o potenciómetro se pueden transmitir mediante un enlace de comunicación por cable (24) al módulo procesador (18). En realizaciones de la invención, los transmisores inalámbricos que tienen una dirección IP única están asociados a algunos o todos los sensores y el enlace de comunicación (24) es una red inalámbrica que utiliza, por ejemplo, tecnología Wi-Fi o Bluetooth.

35 En el módulo de procesamiento y comunicación (18) se analiza la salida de cada uno de los sensores (16) y, después, las señales se transmiten a un mecanismo impulsado (10) en la extremidad lesionada (13). Las señales transmitidas son instrucciones relacionadas con la duración y la magnitud de la fuerza que deben aplicar los componentes del mecanismo impulsado (10) en cada hueso específico de la extremidad lesionada (13) para hacer que ese hueso se mueva exactamente de la misma manera que se movió el hueso correspondiente de la extremidad funcional (5).

40 Un ejemplo de un accionador que se puede usar en el mecanismo impulsado (10) es un motor eléctrico en miniatura que se une de manera fija al brazo del paciente y que se conecta mecánicamente a los cables o varillas que están conectados a los puntos de anclaje (12) de los huesos digitales. Otro ejemplo es una bomba neumática o hidráulica y una guía mecánica de accionamiento conectada a los huesos de manera similar. Los accionadores reciben la energía eléctrica para activarlos desde la fuente de alimentación (20) por medio de una red de cables 26.

45 En la realización que se muestra en la figura 1, el accionador para mover el hueso digital objeto con respecto al hueso de referencia es un pequeño motor eléctrico (22) que se activa mediante las instrucciones recibidas desde la unidad procesadora (18). En la mano lesionada, a diferencia de la mano sana, para cada articulación, el mecanismo impulsado (10) comprende dos juegos de cables flexibles (150a, 15a) uno en la parte superior de la articulación, para estirar la articulación, y otro juego similar (no se muestra en la figura para una mayor claridad) en la parte inferior, para causar la flexión de la articulación. Cada conjunto de cables comprende un cable interno (150a) que pasa a través del centro hueco de un cable externo (15a). El cable externo, que es esencialmente un tubo flexible, está unido en un extremo a un punto de anclaje (12) del hueso de referencia y, en el otro extremo, a una ubicación en el brazo, por encima de la muñeca. El cable interno (150a) está unido en un extremo a un punto de anclaje (12) del hueso de referencia, pasa a través del centro hueco del cable externo (15a) y está conectado a un extremo de la palanca (21). Los puntos de anclaje (12) se pueden unir directamente al dedo, por ejemplo, en forma de anillos, como se muestra en la figura 1, o se puede unir a un exoesqueleto que se puede adaptar a toda la mano, como se describirá a continuación.

60 El motor (22) está acoplado a un tornillo (23) que, dependiendo de la dirección en la que el motor gira el tornillo, hace que el extremo de la palanca 21' a la que está unido sea empujado hacia adelante o hacia atrás. A medida que se mueve el extremo de la palanca (21') conectado al tornillo (23), la palanca (21') gira alrededor del pivote (19') tirando de los extremos de los cables (150a) haciendo que el hueso objeto se mueva con respecto al hueso de referencia, haciendo que la articulación entre ellos se doble o se estire, dependiendo de si se tira del cable interno de la parte superior o inferior.

65 Según una realización de la invención, se proporciona un sistema de sensores de retroalimentación en la mano lesionada. El sistema de sensores de retroalimentación es idéntico al conjunto de sensores (2) de la mano sana (5).

En la realización que se muestra en la figura 1, los cables y puntos de anclaje del mecanismo impulsado (10) que se utilizan para mover los dedos lesionados también se utilizan para el sistema de sensores de retroalimentación. El extremo de la palanca (21') del mecanismo impulsado al que están conectados los cables (150a) en la parte superior e inferior del dedo también está conectado por una conexión (25') al potenciómetro (16'). Cuando la palanca (21) se mueve, se empuja o se tira de la conexión (25'), lo que cambia la señal de salida del potenciómetro (16'). La salida del potenciómetro (16') se transmite al procesador y al módulo de comunicación (18).

El sistema de sensores de retroalimentación de la extremidad lesionada proporciona información en tiempo real al módulo (18), que utiliza esta información para ajustar la magnitud de la fuerza de los accionadores en la extremidad lesionada (13). Esta retroalimentación es importante para hacer coincidir exactamente el movimiento de los huesos digitales de la extremidad lesionada (13) con el del hueso digital correspondiente de la extremidad sana (5) y para evitar la aplicación de una fuerza excesiva en el hueso, que podría dañar aún más la mano.

En el presente documento, la invención se ha ilustrado con una modificación en la que los puntos de anclaje (8) y (12) son anillos colocados en los huesos de los dedos y los sensores, los accionadores y otros componentes están unidos directamente al brazo del paciente por encima de la muñeca. Al comienzo de cada sesión de terapia, todos estos componentes deben estar unidos a los dedos y al brazo del paciente, la longitud de los cables podría tener que ser ajustada y se tendrían que haber hecho todas las conexiones eléctricas o, al menos, ser verificadas. Al final de cada sesión, el sistema debe desmontarse y desinstalarse de las manos y los brazos del paciente. Estos son procedimientos complejos que requieren tiempo y coordinación y no son algo que el paciente pueda hacer por sí mismo. Una forma mucho más práctica de implementar la invención es unir el componente del sistema a los exoesqueletos que se ajustan sobre las extremidades.

El exoesqueleto se puede fabricar a partir de un material flexible, por ejemplo, tejido elástico o elastómero, y se puede proporcionar en una variedad de tamaños para adaptarse a extremidades de diferentes tamaños. Los puntos de anclaje (8, 12) se pueden unir al exoesqueleto por medio de cualquier método conocido en la técnica, por ejemplo, soldadura, costura, adhesión o remachado.

Las realizaciones del exoesqueleto se pueden fabricar a partir de un material rígido o semirrígido como el aluminio, chapa metálica de calibre pesado, plástico y goma dura. Para mayor comodidad, el exoesqueleto puede estar acolchado en su interior y proporcionarse en una variedad de tamaños, adaptando algunas realizaciones para que puedan ajustarse a los tamaños de las distintas extremidades. En estas realizaciones, los puntos de anclaje (8, 12) se pueden unir al exoesqueleto mediante cualquier método conocido en la técnica, por ejemplo, soldadura, adhesión o remachado, o puede crearse directamente en la superficie durante el proceso de fabricación.

Se prefiere un exoesqueleto hecho a partir de un material rígido en el caso de una extremidad lesionada neurológicamente, y es mucho más fácil introducir la mano lesionada en un exoesqueleto rígido, que también brindará un mejor soporte a la extremidad flácida que el que puede proporcionar un exoesqueleto flexible.

La figura 2 ilustra una sección (un dedo) de una realización de un exoesqueleto (7) para usar en una mano humana lesionada. En esta realización de la invención, la parte del exoesqueleto está fabricada con material plástico duro. Se compone de una cubierta de base y de tres cubiertas cilíndricas para cada uno de los cuatro dedos y de dos cubiertas cilíndricas para el pulgar. Como se muestra en la figura 2, las tres cubiertas (29'), (3') y (6') que forman cada dedo están conectados en los puntos de pivote (17), permitiendo que las articulaciones de los dedos se doblen o estiren libremente. La longitud de cada cubierta es un poco más corta que el hueso que cabe dentro de ella y, cuando la mano está dentro del exoesqueleto (7), los puntos de pivote (17) están a los lados de cada articulación, con los nudillos de los dedos centrados en el área abierta (17') entre las cubiertas. La cubierta proximal de cada dedo (6') está conectada de manera pivotante a una cubierta de base (no mostrada), que es un brazalete que cubre la muñeca o una manga más larga que se extiende en parte hacia arriba del brazo para proporcionar una superficie para la fijación de motores, etc. En el último caso, se prevé la flexión de la muñeca y el codo (si la manga se extiende más allá del codo). La realización que comprende una manga permite el entrenamiento de una extremidad lesionada completa y no solo de los dedos.

En la figura 2 se usan cables externos (15a) y (15b) y cables internos correspondientes (150a) y (150b), para doblar y estirar respectivamente la cubierta (3') con la cubierta (6'), como cables de referencia y externos (15d) y (15c), y los cables internos correspondientes (150d) y (150c) se utilizan para doblar y estirar respectivamente la cubierta (29') con la cubierta (3') como referencia. Los extremos de los cables internos (150a) y (150b) que no están conectados a los puntos de anclaje (12a) y (12b) están conectados al extremo de una palanca (21') que puede mover un motor, como se muestra en la figura 1. Existe una disposición distinta pero similar de palanca y motor para el par de cables internos (150c) y (150d). Por tanto, cuando el módulo de procesamiento y comunicación activa los motores tirando de los cables internos, las cubiertas y los huesos del dedo dentro de cada cubierta se verán obligados a moverse reflejando el movimiento de los huesos correspondientes de la mano sana.

La figura 3 es un diagrama de bloques general que presenta una realización de un circuito de control de la invención. Los elementos de conversión analógico/digital conectados a los conjuntos de sensores no son necesarios cuando se utilizan sensores digitales. El módulo de procesamiento y comunicación (18) puede ser una unidad específica

conectada o separada del resto del aparato o puede ser un ordenador de fines generales, un PC o un dispositivo portátil. Además del procesador en sí, este módulo comprende otros componentes que incluyen: una o más barras de bus de entrada/salida para facilitar la conexión eléctrica con los componentes del aparato; medios de transmisión y recepción para la comunicación inalámbrica y/o por cable con los sensores; una o más unidades de memoria para registrar las actividades y los resultados de las sesiones y los datos del historial que muestran el progreso del paciente; dispositivos de entrada, por ejemplo, teclado, panel táctil o pantalla táctil, para introducir información sobre el paciente o detalles de la sesión e instrucciones para el aparato, por ejemplo, limitar la cantidad máxima de fuerza que pueden aplicar los accionadores en la extremidad lesionada; y dispositivos de salida, por ejemplo, una pantalla de visualización o señales sonoras para permitir el seguimiento del progreso y de los resultados de la sesión. Asimismo, independientemente del tipo de unidad de procesamiento empleada, el procesador se carga con un *software* específico adaptado para recibir las señales de los sensores y convertirlas en instrucciones para los accionadores y también para controlar el funcionamiento general del aparato.

La fuente de alimentación (20) puede suministrar corriente continua, por ejemplo, procedente de baterías recargables, o corriente alterna de bajo voltaje hacia el sistema de sensores (2) de la extremidad sana, el mecanismo impulsado (10) de la extremidad lesionada y hacia el procesador y el módulo de comunicación (18) por medio de cables eléctricos (26), según sea necesario.

El aparato de la invención permite que un paciente entrene y reduzca las horas de trabajo con un fisioterapeuta. Para sesiones de auto entrenamiento sin la presencia de un fisioterapeuta, un paciente recibe, junto con el aparato de la invención, un programa de entrenamiento con instrucciones específicas del tipo y número de movimientos a realizar con la mano sana. Los movimientos de la mano sana provocarán, de acuerdo con la invención, los movimientos de la extremidad lesionada, lo que ayudará a recuperar el uso de la extremidad lesionada. Básicamente, la extremidad sana se utiliza para reemplazar al fisioterapeuta durante el entrenamiento de la extremidad lesionada. Según una realización de la invención, el aparato comprende, como se mencionó anteriormente, medios para permitir el seguimiento del progreso y de los resultados de la sesión, lo que permite además que no haya un fisioterapeuta presente.

La invención descrita es un aparato y un método para que una persona realice fisioterapia por sí misma y para proporcionar biorretroalimentación para entrenar una articulación dañada neurológicamente usando su parte contraria sana del cuerpo. La invención permite una mejor rehabilitación y estimula nuevas vías neurológicas al proporcionar biorretroalimentación de los movimientos de la articulación lesionada de acuerdo con las órdenes del cerebro. Así mismo, la invención permite un menor costo de fisioterapia al permitir que el paciente se entrene a sí mismo.

A pesar de que las realizaciones de la invención se han descrito a modo de ilustración, se entenderá que la invención puede llevarse a cabo con muchas variantes, modificaciones y adaptaciones, sin sobrepasar el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la rehabilitación y entrenamiento de una mano lesionada (13) mediante el uso de la mano sana funcional correspondiente (5) para controlar el movimiento de dicha mano lesionada (13), comprendiendo dicho aparato:
- a) un sistema de sensores (2), que comprende sensores para medir el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y del hueso del otro lado de dicha articulación para cada articulación sobre los dedos de dicha mano funcional sana (5);
 - b) un mecanismo impulsado (10), que comprende accionadores adaptados para provocar el movimiento relativo de un hueso de un lado de una articulación y del hueso del otro lado de dicha articulación para cada articulación sobre los dedos de dicha mano lesionada (13);
 - c) un módulo de procesamiento y comunicación (18), adaptado para recibir señales de salida desde cada uno de los sensores en dicho sistema de sensores (2), para analizar dichas señales y para producir y transmitir a dicho mecanismo impulsado (10) señales que comprenden instrucciones relacionadas con la duración y magnitud de la fuerza que deben aplicar los componentes del mecanismo impulsado (10) para hacer que cada hueso de dicha mano lesionada (13) se mueva exactamente de la misma manera que se mueve el hueso correspondiente de la mano sana (5); y
 - d) una fuente de alimentación (20) adaptada para suministrar energía a los componentes de dicho sistema de sensores (2), a dicho mecanismo impulsado (10) y a dicho módulo de procesamiento y comunicación (18);
- en donde todos los componentes de dicho sistema de sensores (2) están montados directamente sobre la mano y el brazo sanos funcionales (5) y todos los componentes de dicho mecanismo impulsado (10) están montados directamente sobre la mano lesionada (13) y el brazo de un usuario de dicho aparato.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde los componentes del sistema de sensores (2) están montados en un exoesqueleto (7) en el que puede introducirse la mano sana funcional (5) y los componentes del mecanismo impulsado (10) están montados en un exoesqueleto (7) en el que puede introducirse la mano lesionada (13).
3. El aparato de la reivindicación 2, en donde el exoesqueleto (7) está hecho a partir de un material flexible.
4. El aparato de la reivindicación 2, en donde el exoesqueleto (7) está hecho a partir de un material rígido o semirrígido.
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el sistema de sensores (2) comprende sensores de al menos uno de los siguientes grupos: sensores analógicos, sensores digitales, y sensores analógicos y digitales.
6. El aparato de la reivindicación 5, en donde el sistema de sensores (2) comprende sensores seleccionados de al menos uno de los siguientes tipos de sensores: sensores acelerómetro, extensómetros, sensores de flexión, sensores de fibra óptica y sensores de efecto Hall.
7. El aparato de la reivindicación 5, en donde los sensores del sistema de sensores (2) son sensores analógicos que están conectados a los huesos de la mano funcionalmente sana (5) por medio de cables (14a, 140a) o varillas conectadas a puntos de anclaje (8) ubicados entre las articulaciones de dicha mano funcionalmente sana (5).
8. El aparato de la reivindicación 5, en donde los sensores del sistema de sensores (2) son sensores digitales que se ubican directamente sobre las articulaciones de la mano funcionalmente sana (5).
9. El aparato de la reivindicación 1, en donde los accionadores del mecanismo impulsado (10) están conectados a los huesos de la mano lesionada (13) por medio de cables (15a, 150a) o varillas conectadas a puntos de anclaje (12) ubicados entre las articulaciones de dicha mano lesionada (13).
10. El aparato de la reivindicación 1, en donde al menos una de las señales enviadas hacia y desde el módulo de procesamiento y comunicación (18) se envía a través de un enlace de comunicación por cable.
11. El aparato de la reivindicación 1, en donde al menos una de las señales enviadas hacia y desde el módulo de procesamiento y comunicación (18) se envía a través de un enlace de comunicación inalámbrica.
12. El aparato de la reivindicación 11, en donde al menos uno de los sensores del sistema de sensores (2) o accionadores del mecanismo impulsado (10) tiene una dirección IP única.
13. El aparato de la reivindicación 1, en donde el mecanismo impulsado (10) comprende un sistema sensor de retroalimentación que está adaptado para proporcionar información en tiempo real al módulo de procesamiento y comunicación (18), que utiliza dicha información para ajustar la magnitud de la fuerza de los accionadores sobre la mano lesionada (13).

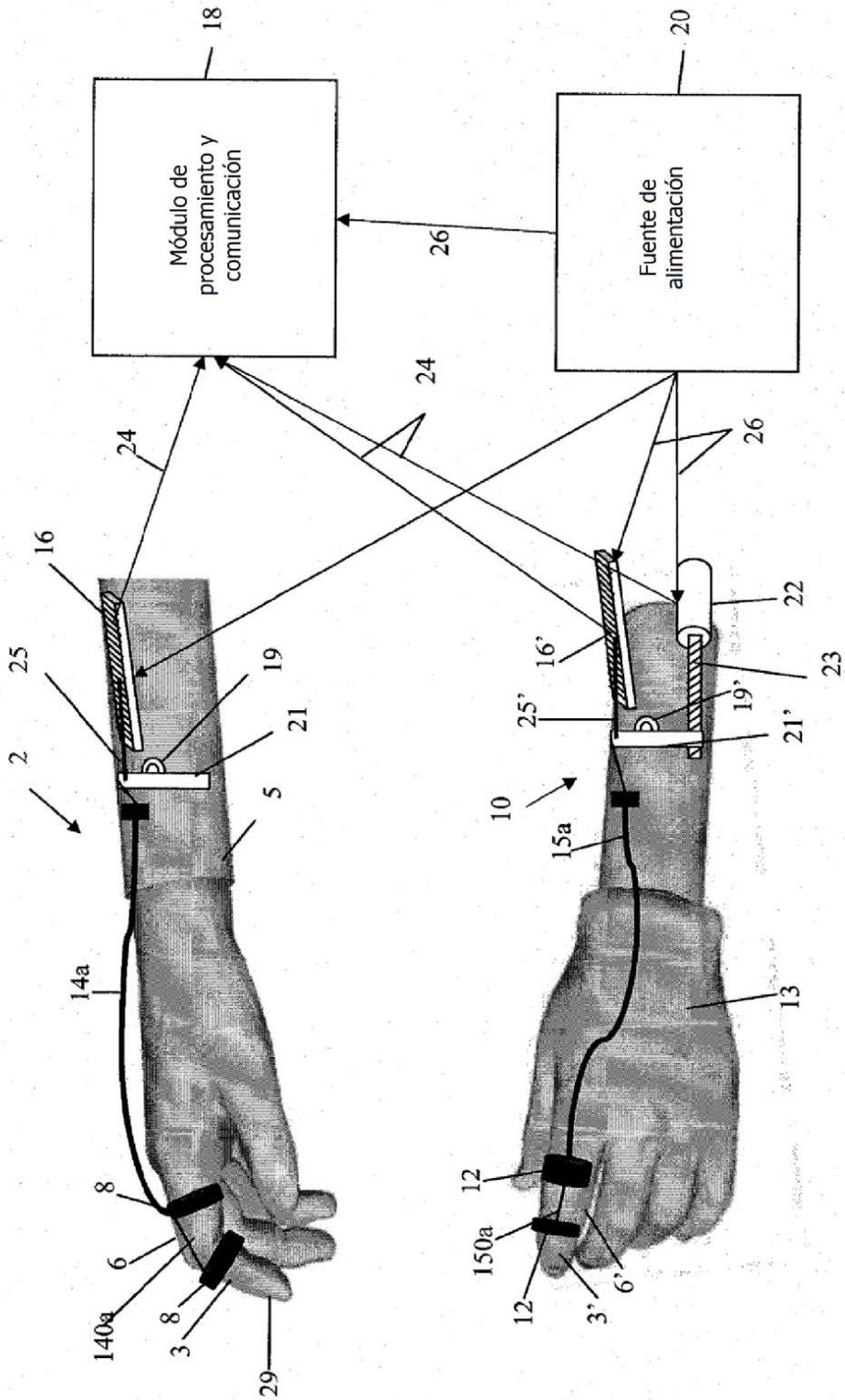


Fig. 1

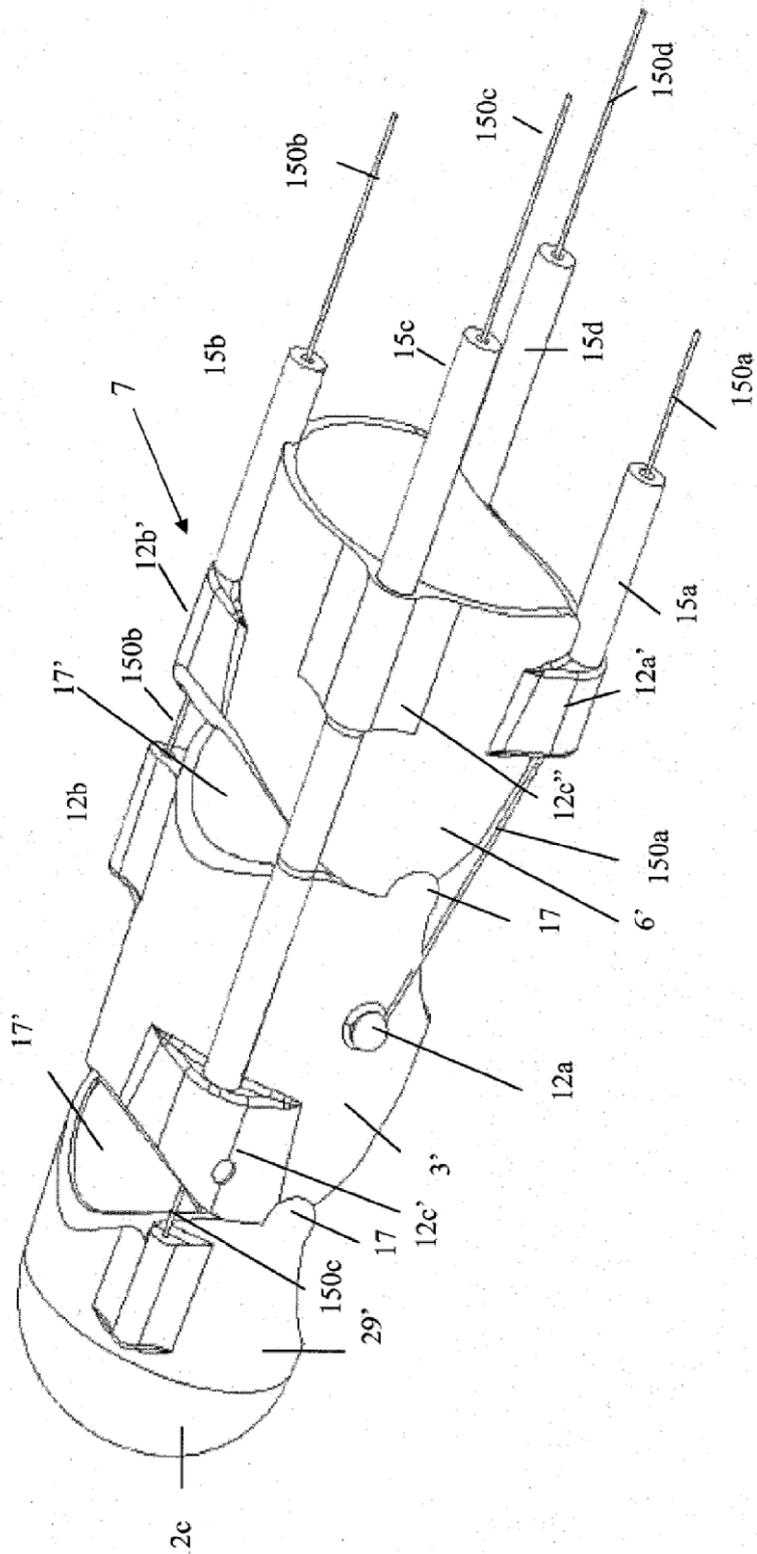


Fig. 2

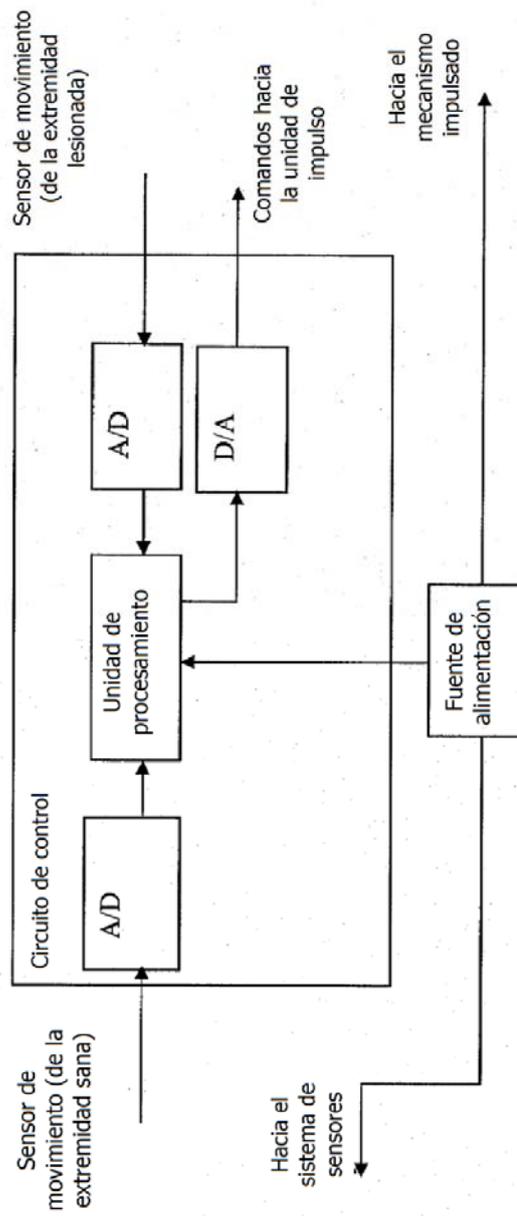


Fig. 3