

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 056**

51 Int. Cl.:

A61H 1/02 (2006.01)

A63B 22/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2008** **E 08775393 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 2298266**

54 Título: **Dispositivo portátil para la rehabilitación del miembro superior**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.11.2013

73 Titular/es:

**FUNDACION TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION (100.0%)
Parque Tecnológico De Bizcaia, C/ Geldo. Edificio
700
48160 Derio (Vizcaya), ES**

72 Inventor/es:

**CAVALLARO, ETTORE y
KELLER, THIERRY**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 431 056 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 portátil para la rehabilitación del miembro superior

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo portátil para rehabilitar a un usuario afectado por una discapacidad con dificultades para ejecutar funciones de extensión y de elevación simultáneas. El dispositivo es adecuado en particular para su uso en programas de fisioterapia y/o rehabilitación para el tratamiento de lesiones o enfermedades neurovasculares o musculoesqueléticas del miembro superior.

Descripción de la técnica relacionada

10 Cientos de miles de personas se ven incapacitadas cada año debido a alteraciones motoras del miembro superior. La alteración se puede deber a enfermedades neurológicas tales como ictus (véase por ejemplo las estadísticas de 2007 de ataques y enfermedades del corazón publicadas por la American Heart association y la American stroke association), o se puede deber a lesiones musculoesqueléticas. En ambos casos la enfermedad puede dar como resultado un rango de movimiento disminuido, debilidad muscular, pérdida de velocidad y/o coordinación reducida del miembro afectado.

15 Se sabe que la fisioterapia es eficaz para reducir el grado de discapacidad (Nancy Byl et al., *Neurorehabilitation and Neural Repair*, vol. 17, n.º 3, 176-191 (2003); Darlene Hertling, publicado por Lippincott Williams y Wilkins, 2005). El trabajo de investigación publicado recientemente (Liesbet De Wit et al., *Stroke*. 2007; 38; 2101) confirma que se obtienen mejores resultados en la rehabilitación en aquellos centros sanitarios en los que los pacientes reciben más tratamiento al día durante periodos de tiempo prolongados. Actualmente, la fisioterapia sólo se administra en
20 hospitales o centros sanitarios especializados. Un fisioterapeuta hace que el paciente realice una serie de ejercicios repetitivos durante sesiones de entrenamiento que generalmente tienen un número y duración limitados debido a la disponibilidad de terapeutas y al coste. Además, generalmente es difícil valorar el grado de alteración al inicio del tratamiento y cuantificar los beneficios de los tratamientos debido a la falta de técnicas de medición objetivas.

25 Los dispositivos robotizados tienen la posibilidad de mejorar esta situación. Un robot inteligente, acoplado mecánicamente con el brazo del paciente, se puede usar para ayudar al paciente a llevar a cabo los ejercicios durante el periodo de rehabilitación, aumentando así el tiempo invertido en el entrenamiento de rehabilitación. Además, los sensores del robot se pueden usar para valorar el grado de la alteración al inicio del ciclo terapéutico y monitorizar los progresos.

30 De hecho, se han desarrollado una serie de dispositivos robotizados en los últimos años tanto con fines académicos como comerciales. Por ejemplo, en la University of Washington, Seattle, EE.UU. se ha desarrollado un exoesqueleto de miembro superior accionado con 7 grados de libertad como un dispositivo de rehabilitación/asistencia para tratar las disfunciones que implican una pérdida de fuerza en el miembro superior. Investigadores en la Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italia desarrollaron el sistema MEMOS, un robot cartesiano con dos grados de libertad de bajo coste para la recuperación motriz del miembro superior tras un ictus. El sistema ACT 3D se ha desarrollado en la
35 North-western University, EE.UU., para crear un mundo virtual para el entrenamiento del movimiento del brazo durante las funciones de prensión y liberación.

La investigación en entornos académicos ha generado también una pequeña cantidad de dispositivos comerciales. Por ejemplo, el MIT-Manus desarrollado en el marco de la investigación académica en MIT, Boston, EE.UU. y patentado posteriormente (patente estadounidense n.º 5.466.213 (1995)) se comercializa ahora por Interactive
40 Motion Technology, EE.UU., como los dispositivos InMotion 1,2,3 para su uso en la rehabilitación del hombro, el codo y la muñeca.

45 De forma similar hay una serie de patentes presentadas en el campo. Por ejemplo, Erlandson (patente estadounidense n.º 4.936.299 (1990)) describe un aparato y procedimiento para rehabilitación que se aprovecha de un brazo robotizado controlado por una CPU. Baker (patente n.º CA 2 244 358 (2000)) describe un dispositivo terapéutico de rotación de la muñeca para la rehabilitación de la muñeca. Reinkensmeyer et al. (patente estadounidense n.º 6.613.000 (2003)) describe un sistema basado en ordenador que proporciona un tratamiento para el movimiento del brazo para pacientes con alteraciones sensoriales que puede ser operado a través de la web y proporciona programas personalizados de ejercicio terapéutico. Diaz et al. (patente estadounidense n.º 2005/0273022 A1 (2005)) describen un dispositivo médico portátil para la rehabilitación articular mediante un
50 movimiento pasivo continuo. Dewald et al. (patente estadounidense n.º 2007/0066918 A1 (2007)) describen un sistema para la rehabilitación de la disfunción en la coordinación de los miembros inducida por la fuerza de la gravedad después de un ictus u otros trastornos neurológicos.

Los resultados de ensayos clínicos y de estudio llevados a cabo con robots tales como el MIT-Manus muestran que el tratamiento mediante robot es seguro, bien aceptado por los pacientes y útil (véase por ejemplo Krebs et al.,
55 *Technol. Health Care* 7, 6 (diciembre 1999), 419-423.).

Sin embargo, la presente generación de robots de rehabilitación aún presenta algunas cuestiones sin resolver que

impiden su uso a gran escala. Entre éstas el coste es una importante. El dispositivo robotizado debería ser lo suficientemente económico para que los centros sanitarios lo adoptaran en gran medida. La simplicidad de uso es también una cuestión en caso de que los pacientes tengan que utilizar el dispositivo robotizado en el domicilio. La característica de “uso doméstico” también requiere la portabilidad del dispositivo.

- 5 De hecho los dispositivos y/o patentes descritos anteriormente se pueden clasificar en líneas generales en dos categorías: (1) dispositivos caros y no portátiles que se pueden usar para implementar una serie de diferentes programas de rehabilitación dada su compleja estructura; (2) dispositivos más sencillos, más especializados que se pueden usar para un número limitado de programas de rehabilitación.

Se han publicado diversas patentes para tales dispositivos especializados. Por ejemplo,

- 10 la patente estadounidense n.º 2007/0021692 describe un sistema para realizar movimientos inducidos de los miembros. Las trayectorias de la mano o el pie se registran mediante sensores de posición y se puede registrar la presión ejercida por el miembro.

- 15 La patente WO n.º 99/61110 describe un sistema para el entrenamiento de movimientos de extensión rápidos (movimientos de anticipación). El sistema incorpora medición de la posición (mano, brazo, articulaciones), medición con EMG y retroacción al usuario.

La patente estadounidense n.º 7.311.643 describe un tablero portátil de ejercicios para el hombro y el miembro superior. Proporciona medios para mover un asidero en un plano con un coeficiente de fricción discretamente variable.

- 20 La patente japonesa n.º 2007185325 describe un sistema para realizar ejercicios de extensión sobre una mesa. El sistema es portátil y proporciona medición de la posición y de la fuerza ejercida por el usuario en un asidero. La posición del asidero no proporciona información acerca de la configuración del brazo.

- 25 La patente japonesa n.º 2002272795 describe un dispositivo de rehabilitación del miembro superior que incluye una medición de la posición y de la fuerza ejercida por el usuario en un asidero (dispositivo de transporte) y medios de retroacción. El sistema requiere una mesa de instrumentos con guías sobre las que puede moverse el dispositivo de transporte.

La patente japonesa n.º 2004008605 describe un aparato de entrenamiento de rehabilitación de miembros. Proporciona medios para medir la fuerza ejercida por un miembro sobre un dispositivo fijo junto con medios para proporcionar retroacción al usuario, tal como vídeo, sonido, vibración).

- 30 El documento WO 2008/050297 divulga un dispositivo de entrenamiento para pacientes con discapacidades físicas. Se puede mover sobre una superficie y tiene un disco dedicado. Además está equipado con un soporte Shell, sobre el que puede estar colocada al menos parcialmente una extremidad del paciente.

- 35 El documento US 6.155.933 divulga un instrumento para medir variables cinéticas y cinemáticas de funciones motoras multiarticulares, que comprende: una conexión que tiene cuatro enlaces conectados a cuatro articulaciones, teniendo cada articulación una unión con un eje, siendo los cuatro ejes de la articulación sustancialmente paralelos; medios de acoplamiento del miembro para acoplar un miembro a la conexión, manteniendo los medios de acoplamiento del miembro la alineación de centros de rotación de dos articulaciones del miembro con centros de rotación de dos articulaciones de la conexión; medios para proporcionar una carga a al menos una de las dos articulaciones de la conexión y medios para obtener datos respecto a la posición angular de al menos una de las articulaciones de la conexión.

- 40 Es un objeto de la invención proporcionar un dispositivo sencillo y económico que permita al usuario realizar movimientos de extensión en un área amplia de trabajo.

Sumario de la invención

Para ello, según un aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo portátil según la reivindicación 1 independiente. Realizaciones favorables se definen en las reivindicaciones 2 a 16 dependientes.

- 45 El dispositivo portátil para rehabilitar a un usuario afectado por una discapacidad con dificultades para ejecutar funciones de extensión y de elevación simultáneas, según la presente invención, comprende un reposabrazos al que se puede sujetar el antebrazo del usuario y medios para permitir el movimiento del reposabrazos sobre una superficie. Además comprende medios para monitorizar el movimiento del reposabrazos, es decir, la posición/velocidad/aceleración y orientación (es decir el ángulo del eje largo del reposabrazos respecto a su posición inicial) del mismo. Comprende medios de sujeción para sujetar el antebrazo al reposabrazos. Finalmente comprende
50 medios para detectar una fuerza ejercida por el brazo del usuario sobre el reposabrazos en una dirección ortogonal a la superficie y más en particular para medir una fuerza de elevación ejercida por el brazo del usuario.

En el dispositivo según la presente invención se introducen en el diseño una simplificación y reducción de costes. El

dispositivo propuesto es de hecho un robot móvil en lugar de ser un dispositivo fijo, un dispositivo con base en un almacén o un dispositivo que se mueve sobre un carril o guía. De este modo se proporciona portabilidad. Además trata las necesidades de técnicas de rehabilitación especiales mediante modularidad.

5 El dispositivo según la presente invención, a diferencia de los dispositivos anteriormente descritos de la técnica anterior, permite al usuario realizar movimientos de extensión en un área amplia de trabajo teniendo el antebrazo soportado y sujeto. El hecho de que el antebrazo esté soportado y sujeto al dispositivo permite un mejor control de los movimientos de entrenamiento del hombro, evitando trayectorias descontroladas a nivel del codo que son posibles en caso de agarrar sólo un asidero. Al mismo tiempo detectar la rotación y posición del dispositivo, por el hecho de que el antebrazo está fijado al dispositivo, garantiza una mejor valoración cuantitativa de la posición tridimensional del brazo.

10 El dispositivo está diseñado para el entrenamiento del codo y del hombro, aunque también se puede utilizar para entrenar la muñeca y la prensión añadiendo módulos específicos. El número, duración, intensidad y tipo de sesión de entrenamiento se pueden controlar mediante un software que se ejecute en la unidad de procesamiento central del dispositivo. Las capacidades en red del dispositivo según una realización preferente de la invención permiten su uso en entornos de tele-rehabilitación, en los que el usuario y el fisioterapeuta no están en el mismo lugar, aunque el fisioterapeuta puede monitorizar y cambiar los parámetros del programa de rehabilitación en cualquier momento que se requiera.

15 En el campo de la rehabilitación, uno de los problemas que se soluciona mediante el dispositivo según la presente invención está relacionado con la valoración y el tratamiento de disfunciones del miembro superior debidas a sinergias anómalas entre la abducción del hombro y la flexión del codo activadas por el peso del propio miembro. Los pacientes con ictus crónico son un ejemplo de individuos con una alteración que presentan generaciones de patrones anómalos de par motor. Cuando un sujeto con una alteración intenta realizar una extensión alejándose del cuerpo y tiene que compensar completamente la gravedad que actúa sobre el miembro, su movimiento de extensión va unido involuntariamente a una flexión de codo. Esto impide que el sujeto realice el movimiento de extensión de una forma natural. No obstante, está demostrado que la capacidad de aprendizaje motor aún está presente en pacientes con ictus crónico, que podría permitir recuperar un patrón más funcional de la activación del hombro y el codo. (Ellis et al., Muscle Nerve. 2005 agosto;32(2):170-8).

20 Mediante la presente invención un sujeto puede realizar movimientos de extensión teniendo el brazo soportado y midiéndose el grado de fuerza de elevación que puede ejercer, preferentemente mediante un sensor de fuerza. En una realización preferente también se proporciona al sujeto una retroacción acerca de la posición y orientación del antebrazo, y de la fuerza de elevación ejercida. El/ella se puede dedicar entonces a movimientos de extensión y elevación para realizar algunas funciones representadas en un escenario virtual que se puede utilizar para entrenar su recuperación funcional de las sinergias correctas del codo/hombro. Por ejemplo se pueden utilizar la posición y la fuerza de elevación para controlar dos grados de libertad en un escenario a modo de juego mostrado en una pantalla LCD. Por tanto, la invención se puede usar para proporcionar una valoración cuantitativa del estado del sujeto al inicio del entrenamiento de rehabilitación y para proporcionar un entrenamiento de manera eficaz. Además, este resultado se consigue evitando el uso de robots articulados u ortesis suspendidas de cables.

25 La invención proporciona un dispositivo y procedimientos de entrenamiento y medición para entrenar y/o autoentrenarse y asistir a individuos que tienen trastornos neurológicos o musculoesqueléticos que tienen como resultado la pérdida parcial de la capacidad de mover las extremidades superiores. El dispositivo es preferentemente modular permitiendo alcanzar un grado diferente de funcionalidad/complejidad del sistema.

30 En una de sus realizaciones, el dispositivo es un robot móvil de peso ligero y tamaño reducido que es operado sobre una mesa (o cualquier otra superficie adecuada). El robot está dotado de una plataforma base que tiene ruedas convencionales o ruedas esféricas. Un reposabrazos está montado sobre la plataforma base en el que el usuario puede sujetar su antebrazo. El reposabrazos está conectado a la base del robot, de modo que su altura con respecto a la base se puede seleccionar en un intervalo de valores predeterminados. Además está dotado de sensores de par/fuerza, de modo que al menos las fuerzas ejercidas por el usuario a lo largo del eje vertical se pueden medir y registrar. La base móvil está dotada de sensores, tales como sensores de seguimiento óptico, que permiten la monitorización de posición/velocidad/aceleración del robot y por lo tanto también de su reposabrazos. El dispositivo comprende medios de sujeción para sujetar el antebrazo al reposabrazos, en los que los medios de sujeción se seleccionan del grupo de: cintas de velcro, pulseras neumáticas, y pulseras impresas en 3D adaptadas a la forma del antebrazo de un único usuario. Se proporciona una interfaz de retroacción, normalmente una pantalla de vídeo (aunque se podría usar de vídeo, de audio, táctil o una combinación de las mismas) de modo que el usuario puede monitorizar su propia actividad. El dispositivo forma parte de un sistema dotado de una unidad de procesamiento, una unidad de almacenamiento y una unidad de comunicación por cables/inalámbrica.

35 El robot está diseñado de modo que puede ser operado por los pacientes. Se puede proporcionar un sistema auxiliar que se comunique a distancia con el robot a través de un protocolo de red. Este sistema auxiliar está diseñado para su uso por el personal facultativo y proporciona medios de almacenamiento de datos y procesamiento junto con el software adecuado para analizar e interpretar los datos recogidos y enviados por el robot durante las sesiones de rehabilitación.

Con el fin de establecer el grado inicial de alteración y monitorizar la mejora del paciente con el tratamiento, se puede implementar un procedimiento de medición. El procedimiento se basa en la medición y registro del movimiento de la base móvil del robot y de los pares motores/fuerza aplicados por el usuario en el reposabrazos.

5 El procedimiento de entrenamiento de rehabilitación se aprovecha de un software que de manera interactiva instruye al paciente acerca de la función que tiene que llevar a cabo utilizando el robot móvil. El paciente recibe continuamente una retroacción acerca de su función en una especie de juego interactivo.

El tipo de ejercicio a realizar se puede decidir a distancia por el personal del centro sanitario y/o adaptarse de manera constante al rendimiento del usuario.

10 El sistema completo puede ser modular, de modo que la realización anteriormente descrita puede estar integrada por módulos de ampliación para ampliar su funcionalidad.

15 En una realización, se pueden añadir accionadores a la base móvil con el fin de introducir un desplazamiento asistido (el usuario inicia el movimiento y el sistema ayuda al usuario a completarlo) o activo (el sistema mueve el brazo del usuario, de una manera segura, a través de trayectorias predeterminadas) del robot móvil sobre la superficie de la mesa, de modo que se pueden simular campos de fuerza. Sin embargo, según una realización alternativa el dispositivo portátil se usa para soportar pasivamente el antebrazo.

En otra realización, la unidad móvil no tiene ruedas, sino una base que se puede arrastrar sobre una almohadilla. La fricción entre la almohadilla y la base del robot móvil se puede variar seleccionando los materiales de los que están hechos. Por ejemplo el Teflón sobre Teflón presenta un coeficiente de fricción estática de 0,04.

20 En otra realización, se puede incluir el entrenamiento de la pronosupinación de la muñeca o la inclinación radiocubital mediante un dispositivo de reposabrazos desarrollado de manera adecuada. El entrenamiento de la prensión se puede añadir del mismo modo.

En otra realización, se puede añadir la estimulación eléctrica funcional (EEF) a la capacidad del sistema con el fin de mejorar el tratamiento.

25 En otra realización, se puede añadir monitorización con EMG de los músculos del miembro superior con el fin de proporcionar al personal facultativo más datos acerca de las activaciones del músculo para poder ajustar el tratamiento adecuadamente.

En otra realización, se puede introducir monitorización con EEG para proporcionar al personal facultativo información acerca de los patrones de activación cerebrales durante la rehabilitación.

30 En otra realización, se puede añadir un accionador lineal a la interfaz entre el reposabrazos y el dispositivo móvil a lo largo del eje vertical.

En otra realización, un sistema de medición de la posición articular se puede integrar en el dispositivo para monitorizar directamente las articulaciones del hombro, codo y la muñeca del paciente.

35 En otra realización, un sistema de medición de la posición en 3D (tal como por ejemplo el Patriot o Fastrak Polhemus y similares) se pueden integrar en el dispositivo para monitorizar directamente las articulaciones del hombro, codo y la muñeca del paciente.

En otra realización, las ruedas esféricas se dotan de frenos controlados eléctricamente, de modo que se pueda controlar el esfuerzo requerido para mover el robot móvil.

40 En otra realización, hay un conjunto de cámaras CMOS o CCD que se pueden usar para monitorizar con vídeo los movimientos de entrenamiento de manera cualitativa y/o cuantitativa (trayectorias y/o posiciones angulares del miembro).

En otra realización, el dispositivo móvil se usa sobre una almohadilla. La almohadilla puede contener zonas con alturas diferentes. La posición vertical del dispositivo se deduce por la posición del dispositivo en el plano junto con un mapa de software en 3D de la almohadilla.

45 Estos y otros aspectos de la invención se harán evidentes a partir de, y se aclararán con, la referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor y sus numerosos objetivos y ventajas se harán más evidentes para los expertos en la técnica haciendo referencia a los dibujos siguientes junto con la memoria descriptiva adjunta, en los que:

La figura 1 muestra una vista desde arriba esquemática del dispositivo portátil según una realización de la presente invención.

La figura 2 muestra una vista esquemática lateral longitudinal del dispositivo representado en la figura 1.

La figura 3 muestra una vista desde abajo esquemática del dispositivo representado en la figura 1.

5 La figura 4 muestra una vista esquemática lateral transversal del dispositivo representado en la figura 1.

La figura 5 muestra una vista tridimensional simplificada del dispositivo representado en la figura 1.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques de un sistema de rehabilitación según una realización de la presente invención.

10 La figura 7 muestra una vista esquemática de un caso de uso posible del dispositivo representado en la figura 1.

La figura 8 muestra un diagrama de bloques del concepto de rehabilitación simultánea.

La figura 9 muestra el cálculo de la posición y orientación del dispositivo portátil.

En todas las figuras, números de referencia similares se refieren a elementos similares.

Descripción detallada de la presente invención

15 Ahora, con referencia a las figuras 1 a 5, se describirá una realización ejemplar del dispositivo 10 portátil según la invención. El dispositivo portátil, al que también se hace referencia en esta descripción como unidad móvil o robot móvil, está compuesto por una base 14 del dispositivo, a la que también se hace referencia en esta descripción como plataforma móvil con tres ruedas 16 esféricas, dispuestas en los vértices de un triángulo equilátero, que permiten el desplazamiento del dispositivo portátil. Como ruedas esféricas pasivas se pueden utilizar Alwaysse u
20 Omnitrack o dispositivos comerciales de transferencia de bolas similares. Un reposabrazos 12, al que se puede sujetar el antebrazo del usuario, está conectado a la plataforma móvil. Un dispositivo de seguimiento óptico está insertado en la plataforma 14 móvil, de modo que se pueden calcular la posición y orientación del dispositivo mientras se mueve.

25 El dispositivo de seguimiento óptico está compuesto por dos sensores 18 de ratón ópticos. Uno de los dos sensores está situado en el centro de la plataforma móvil; el otro está situado a una distancia L del centro y en la dirección del eje longitudinal del reposabrazos. La lectura de los dos sensores proporciona una medición de posición relativa. El sistema se calibra al inicio del uso colocándolo en una orientación y posición predefinidas.

30 Ahora, con referencia a la figura 9, si $P \equiv (X_p, Y_p)$ es la posición del sensor óptico central y $Q \equiv (X_q, Y_q)$ es la posición del otro sensor con respecto al sistema de referencia ortogonal centrado en la posición inicial de P (P_0), el eje X de P a Q y el eje Y y orientado para que el eje Z se dirija hacia arriba desde la superficie de la mesa, entonces la posición del dispositivo en cada momento es (X_p, Y_p) y la orientación del dispositivo (ángulo del eje longitudinal del reposabrazos con respecto a su posición inicial) se puede calcular con fórmulas trigonométricas sencillas. Por ejemplo, para $(X_q - X_p) > 0$ e $(Y_p - Y_q) \geq 0$, $\beta = \arctan((Y_p - Y_q) / (X_q - X_p))$. La extensión de esta fórmula u otras fórmulas equivalentes para cubrir todo el espacio de orientación es evidente para los expertos en la materia.

35 El dispositivo portátil representado en las figuras 1 a 5 se puede usar ventajosamente en un sistema representado en la figura 6, que está compuesto por tres unidades principales: el dispositivo 10 portátil usado para soportar pasiva o activamente un miembro contra la fuerza de la gravedad mientras permite un movimiento en el plano ilimitado, una unidad 30 de cálculo y retroacción y una unidad 60 de visualización y control a distancia. Además, una almohadilla (con una superficie de polímero texturizado o una superficie de poliéster o similar) se puede usar para proporcionar
40 una superficie adecuada para el movimiento del dispositivo 10 portátil. La almohadilla puede incluir algunos obstáculos o trayectos o estructuras tridimensionales diseñados específicamente en los que se puede mover el dispositivo móvil.

45 La plataforma 14 móvil presenta una unidad 26 de procesamiento insertada (tal como un módulo Gumstix™ o similar) que tiene una expansión de entrada analógica, una expansión de entrada/salida digital y una expansión de comunicación por cables/inalámbrica. La expansión de entrada analógica acepta señales desde los sensores 13 de par/fuerza que miden la fuerza ejercida sobre el reposabrazos 12, desde los sensores (18) ópticos o ambos.

50 En una realización del dispositivo, el reposabrazos 12 está dotado de un sensor de fuerza de 3 grados de libertad que monitoriza las fuerzas sobre el eje vertical y sobre los dos ejes que identifican el plano paralelo a la superficie horizontal. El sensor de fuerza se puede implementar usando extensómetros o técnicas similares tal como se realiza en los productos comerciales (sensores de par/fuerza ATI o similares). El reposabrazos también puede estar dotado de un dispositivo de amortiguación que permita un desplazamiento limitado y que se pueda seleccionar del reposabrazos sobre el eje vertical cuando se aplica una fuerza sobre ese eje. El reposabrazos también está dotado

de cintas de Velcro u otros medios 20 similares para sujetar el brazo del paciente al dispositivo móvil.

El dispositivo portátil puede comprender accionadores 22 para proporcionar un movimiento asistido o movimiento activo de la base móvil y accionadores 24 para controlar la altura del reposabrazos con respecto a la base del dispositivo y/o flexibilidad frente a fuerzas verticales.

- 5 La unidad 30 de cálculo y retroacción comprende una unidad 32 de procesamiento, una unidad 34 de transceptor para transmitir datos a y recibir datos desde la unidad 26 de procesamiento insertada, una unidad 36 de almacenamiento y una interfaz 40 de retroacción para proporcionar la retroacción a un usuario 50.

10 La unidad 30 de cálculo y retroacción proporciona la retroacción visual y/o acústica y/o táctil que permite al paciente actuar en un escenario virtual mediante el brazo afectado soportado por el dispositivo 10 portátil. En una realización, la unidad de cálculo y retroacción está compuesta por una pantalla (LCD u otra pantalla comercial) y altavoces, que se comunican con un PC comercial. El PC puede adquirir datos transmitidos a través de un enlace inalámbrico desde los sensores situados en el dispositivo 10 portátil o desde un sensor situado en el entorno o sobre el cuerpo del usuario, o ambos. La transmisión inalámbrica se puede realizar usando el protocolo 802.11 o similar (por ejemplo WUSB, etc.). Un software a modo de juego se ejecuta en el PC y el usuario juega con el fin de realizar las funciones de rehabilitación. El software también realiza una recogida de datos sin procesar y una recogida y cálculo de estadísticas de rendimiento de usuario mediante rutinas escritas ex profeso. Además, el software tiene la capacidad de enviar datos a un servidor presente en el centro médico a través de una conexión de Internet convencional. El software también puede recibir nuevos conjuntos de parámetros para ajustar las funciones de rehabilitación según las decisiones del personal facultativo en el centro médico.

20 La unidad 60 de visualización y control a distancia está compuesta por un PC convencional que tiene medios para transmitir y recibir información 62 a y desde la unidad 30 de cálculo y retroacción, tal como una conexión de Internet. Este PC lo usa el personal 80 facultativo para monitorizar y controlar los procedimientos de rehabilitación llevados a cabo por los pacientes en el domicilio. El software que se ejecuta en este PC recoge información de todos los clientes a través de una conexión cifrada para preservar la privacidad del paciente. La información se almacena en memorias permanentes tales como, pero sin limitarse a, discos duros. También se pueden proporcionar un sistema UPS y un sistema de copias de seguridad de datos. El software se puede usar para la monitorización en tiempo real (bloque 64) de un paciente. El software puede mostrar información mediante varias IGU 70 y puede calcular y mostrar estadísticas de datos y otra información útil para el personal facultativo para monitorizar el procedimiento de entrenamiento de rehabilitación (bloque 66). El personal facultativo también puede usar el software para ajustar los parámetros de los dispositivos portátiles (bloque 68).

Ahora se incluyen una serie de casos ejemplares de uso del sistema descrito anteriormente en el presente documento como un medio para aclarar ciertos posibles usos de la presente invención. Estos casos de uso no representan limitaciones de la invención.

35 En un escenario típico el sistema se puede usar para administrar un tratamiento para reducir la falta de coordinación inducida por la fuerza de la gravedad en pacientes con lesiones cerebrales unilaterales. De hecho, se sabe que funciones de entrenamiento diseñadas específicamente pueden ayudar a pacientes con ictus crónico a reducir de manera significativa las generaciones de patrones anómalos de par motor y por tanto, a mejorar el área de extensión y la velocidad de movimiento (Ellis et al., Muscle Nerve. Agosto de 2005; 32(2):170-8).

40 Según este escenario, el paciente está inicialmente en el centro sanitario, en el que se puede evaluar su estado mediante el sistema propuesto. La información registrada se almacena para servir como referencia. Después de la evaluación, el personal facultativo elige un programa de tratamiento y en consecuencia, configura el software de sistema. Al paciente se le puede enseñar entonces cómo usar el sistema apropiadamente. El personal facultativo también decide si el paciente debería empezar el tratamiento en el centro sanitario o debería ser enviado al domicilio para continuar el tratamiento con el dispositivo portátil. Cuando está en el domicilio (o incluso en el centro sanitario) el paciente puede realizar los ejercicios sin la necesidad de una asistencia constante y su progreso se puede monitorizar a distancia por el personal facultativo que puede ajustar los ejercicios de entrenamiento según las mejoras del estado del paciente.

50 Como muestra la figura 7, mientras usa el dispositivo, el usuario 50 está sentado cómodamente delante de la mesa 110 sobre la que está situado el dispositivo 10 portátil. Se puede usar una almohadilla 120 específica dependiendo de la implementación. El/ella fija el antebrazo 140 del brazo afectado al reposabrazos mediante correas de cinta o cualquier otro sistema de sujeción proporcionado por el dispositivo. A continuación se puede encender el sistema y realiza autocomprobaciones y puede pedir al paciente realizar una función sencilla para completar una fase de calibración. Después de completar la autocomprobación y calibración, el sistema iniciará la sesión de entrenamiento, empezando desde la posición 130 inicial del dispositivo portátil.

55 En un escenario típico, la unidad 30 de cálculo y retroacción comprende una pantalla de vídeo (LCD u otra) y altavoces que están conectados a la unidad 32 de procesamiento que recibe datos desde el dispositivo 10 portátil. La pantalla de vídeo y el altavoz presentan al usuario un juego interactivo que tiene que jugar para realizar la función de entrenamiento. El dispositivo 10 portátil actúa como el dispositivo de entrada para el juego.

Además, el sistema podría estar conectado a un servidor 100 diseñado específicamente que permita un tratamiento en grupo. De este modo, varios usuarios pueden llevar a cabo el entrenamiento al mismo tiempo, recibir información sobre la actividad de los demás y competir o colaborar como parte del entrenamiento.

5 El tratamiento en grupo podría adoptar la forma de un CRPG (juego de rol de ordenador en línea) o MMORPG (juego de rol de múltiples jugadores masivo en línea). La figura 8 representa un diagrama de bloques de un concepto de rehabilitación simultáneo de este tipo. Los usuarios IU 1...n afectados por una discapacidad utilizan la parte del sistema descrita en la figura 6 y denominada 'centro sanitario o doméstico'. Los usuarios NU 1...n no afectados por una discapacidad usan dispositivos de entrada comerciales (palancas de control, teclados, etc.). El personal facultativo en los centros 90 sanitarios utiliza la parte del sistema descrita en la figura 6 y denominada 'centro sanitario'.

De este modo se ponen a disposición diversas modalidades de entrenamiento:

- 15 (1) El usuario se puede conectar a un "centro de rehabilitación virtual" (quizá dentro de un mundo virtual basado en Internet como Second-Life u otros) y seguir la instrucción de un terapeuta junto con otros usuarios;
- (2) El usuario puede llevar a cabo la función de rehabilitación como parte de un juego en equipo con otros usuarios que también están entrenando;
- (3) El usuario puede jugar a un juego junto con personas no afectadas por una discapacidad que usan los dispositivos de entrada convencionales para interactuar en el juego. Todas estas modalidades tienen la posibilidad de introducir una dimensión "recreativa" o "divertida" en la rutina de rehabilitación que puede mejorar la aceptabilidad y el resultado del propio tratamiento.

20 En una situación típica, el entrenamiento implica la ejecución de un movimiento de extensión combinado con una elevación del brazo (abducción de hombro). El usuario tiene su antebrazo fijado al dispositivo 10 portátil. El dispositivo se puede mover libremente sobre la superficie de una mesa. El movimiento de extensión hace que el dispositivo se mueva sobre la mesa registrando los sensores 18 de posición la orientación y posición relativas del dispositivo 10 portátil y de este modo del reposabrazos 12 y el antebrazo sujeto al mismo. En un caso típico, el usuario no podrá realizar la abducción de hombro más la extensión correctamente sin ayuda debido, por ejemplo, a sinergias anómalas desarrolladas después de un ictus. Sin embargo, el reposabrazos le permitirá compensar estas sinergias puesto que no está obligado a elevar el peso del brazo.

30 En este caso sencillo, el reposabrazos 12 tiene una posición fija con respecto a la base móvil que permite el entrenamiento isométrico de la abducción de hombro. La fuerza ejercida por el antebrazo sobre el reposabrazos se monitoriza por los sensores 13 de fuerza insertados en la conexión entre el reposabrazos y la base móvil. Por tanto, el usuario puede medir sus progresos en la capacidad para elevar el brazo mientras realiza un movimiento de extensión porque podrá ver una disminución de la fuerza medida por el sensor de fuerza. En el caso ideal, el usuario debería poder soportar completamente el peso de su brazo mientras realiza la función de extensión.

35 En casos más complejos, el desplazamiento vertical del reposabrazos con respecto a la base se puede controlar mediante un sistema de amortiguación o se puede asistir mediante algunos accionadores, de modo que se pueden implementar patrones de rehabilitación más complejos.

40 En cualquier caso, la medición de la fuerza, orientación y posición constituyen entradas que se pueden usar para interactuar con el software de entrenamiento a modo de juego. El software puede ser muy sencillo, como en juego en 2D. Por ejemplo, el usuario se mueve en un laberinto sencillo usando la posición y la orientación del antebrazo mientras realiza funciones intentando elevar el brazo (superar obstáculos, alcanzar puntos de bonificación que cuelgan, etc.). En escenarios más complejos, el dispositivo se puede usar para interactuar en un juego en línea de múltiples usuarios y/o un mundo virtual basado en Internet, con otros usuarios afectados por una discapacidad o con usuarios sanos. De este modo la dimensión social y recreativa añadidas al entrenamiento de rehabilitación podrían acelerarlo y/o hacerlo más eficaz.

45 Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción anterior, tal ilustración y descripción han de considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas; la invención no está limitada a las realizaciones divulgadas.

50 Los expertos en la materia pueden entender y efectuar otras variaciones con respecto a las realizaciones divulgadas poniendo en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, el término "comprende/n" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un procesador único u otra unidad pueden cumplir las funciones de diversos elementos mencionados en las reivindicaciones. El simple hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no se pueda usar ventajosamente una combinación de estas medidas. Un programa informático se puede almacenar/distribuir en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio en estado sólido suministrados conjuntamente o como parte de otro hardware, aunque también se pueden distribuir en otras formas, tales como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicación inalámbrica o por cables. Ningún signo de referencia en las reivindicaciones debería interpretarse como limitativo del alcance.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10) portátil para rehabilitar a un usuario afectado por una discapacidad con dificultades para ejecutar funciones de extensión y de elevación simultáneas, que comprende:
 - un reposabrazos(12) para el antebrazo del usuario
 - medios (16) para permitir el movimiento del reposabrazos sobre una superficie,
 - medios (18) para monitorizar el movimiento del reposabrazos y
 - medios (13) para detectar una fuerza ejercida por el brazo del usuario en una dirección ortogonal a la superficie, **caracterizado porque** el dispositivo (10) portátil comprende además medios (20) de sujeción para sujetar el antebrazo al reposabrazos y **porque** los medios (13) para detectar la fuerza están adaptados para medir una fuerza de elevación ejercida por el brazo del usuario.
2. Dispositivo portátil según la reivindicación 1, en el que los medios para permitir el movimiento del reposabrazos son ruedas esféricas o ruedas convencionales.
3. Dispositivo portátil según la reivindicación 1, en el que los medios para permitir el movimiento del reposabrazos consisten en una base plana que se puede arrastrar sobre una almohadilla (120).
4. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un accionador (22) para proporcionar un movimiento asistido o movimiento activo.
5. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el dispositivo portátil se usa para soportar pasivamente el antebrazo.
6. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende al menos un sistema de frenado para controlar el movimiento.
7. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios para detectar una fuerza ejercida por el brazo del usuario comprenden al menos un sensor de fuerza.
8. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios para monitorizar el movimiento del reposabrazos están adaptados para monitorizar la posición, y/o velocidad, y/o aceleración, y orientación del reposabrazos, en el que la orientación se define como el ángulo del eje largo del reposabrazos respecto a su posición inicial, y comprenden al menos un sensor de posición.
9. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una base (14) que proporciona los medios para el movimiento del dispositivo sobre una superficie, estando conectado el reposabrazos (12) a la base del dispositivo.
10. Dispositivo portátil según la reivindicación 9, que comprende medios para fijar el reposabrazos a diferentes alturas con respecto a la base del dispositivo, o en el que el reposabrazos está dotado de al menos un accionador (24) para controlar la altura del reposabrazos con respecto a la base del dispositivo.
11. Dispositivo portátil según la reivindicación 9, en el que el reposabrazos puede rotar libremente o mediante accionadores controlados a lo largo de su eje principal con el fin de facilitar movimientos de pronación-supinación del antebrazo.
12. Dispositivo portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además medios para medir la posición articular para monitorizar directamente las articulaciones de la muñeca, el codo y el hombro del paciente.
13. Sistema que comprende un dispositivo (10) portátil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y una unidad (30) de retroacción y cálculo, que comprende una unidad (32) de procesamiento central, una unidad (36) de almacenamiento, una interfaz (40) de retroacción y una unidad (34) de comunicación por cables o inalámbrica, y en el que la unidad (30) de retroacción y cálculo está dotada para implementar una retroacción visual, o acústica, o táctil, o una combinación de las mismas.
14. Sistema según la reivindicación 13, que comprende además un conjunto de cámaras CMOS o CCD de baja resolución para monitorizar con vídeo los movimientos de entrenamiento del brazo de manera cualitativa y/o cuantitativa.
15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14, que comprende además una almohadilla que contiene zonas con alturas diferentes.
16. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, que comprende además una unidad (60) de

visualización y control a distancia para su uso por el personal (80) facultativo para monitorizar y controlar los procedimientos de rehabilitación de pacientes que comprende un procesador, que tiene medios (62) para transmitir y recibir información a y desde la unidad (30) de retroacción y cálculo.

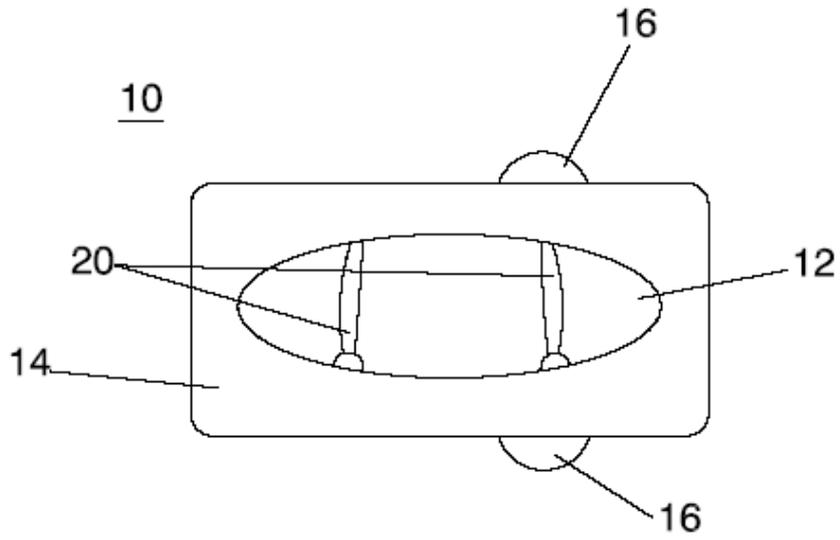


FIG. 1

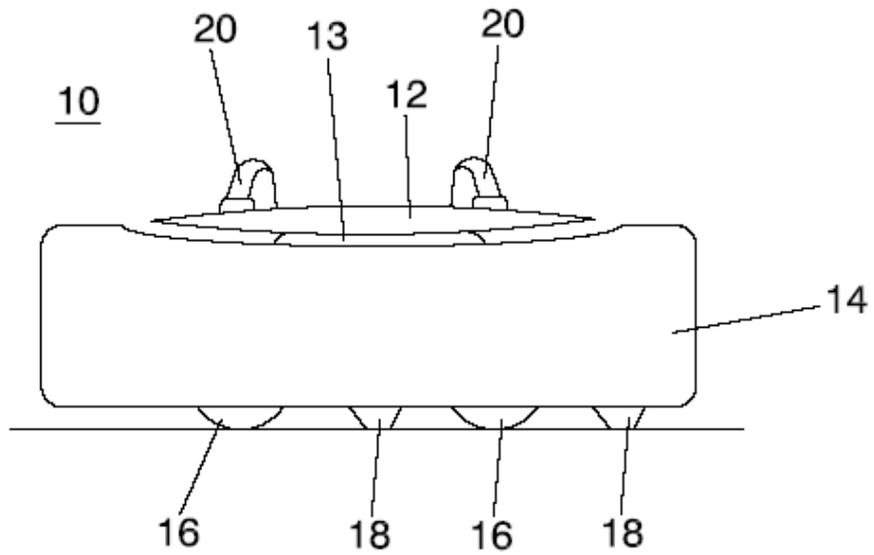


FIG. 2

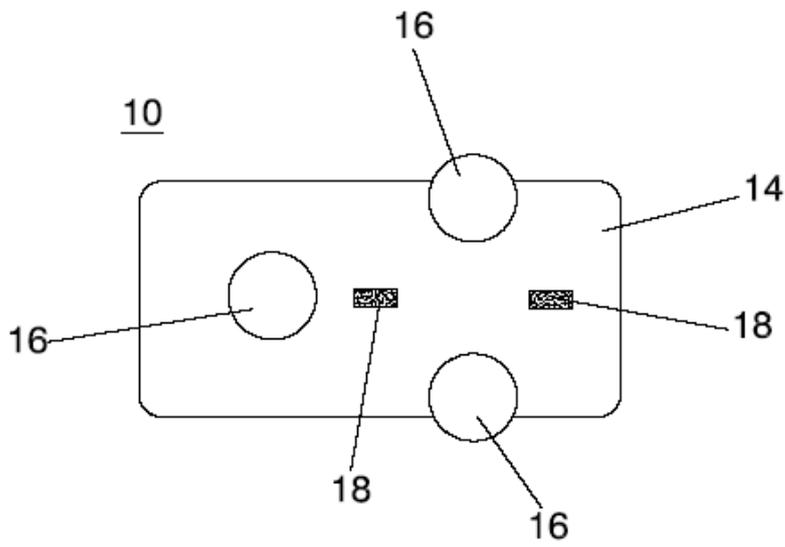


FIG. 3

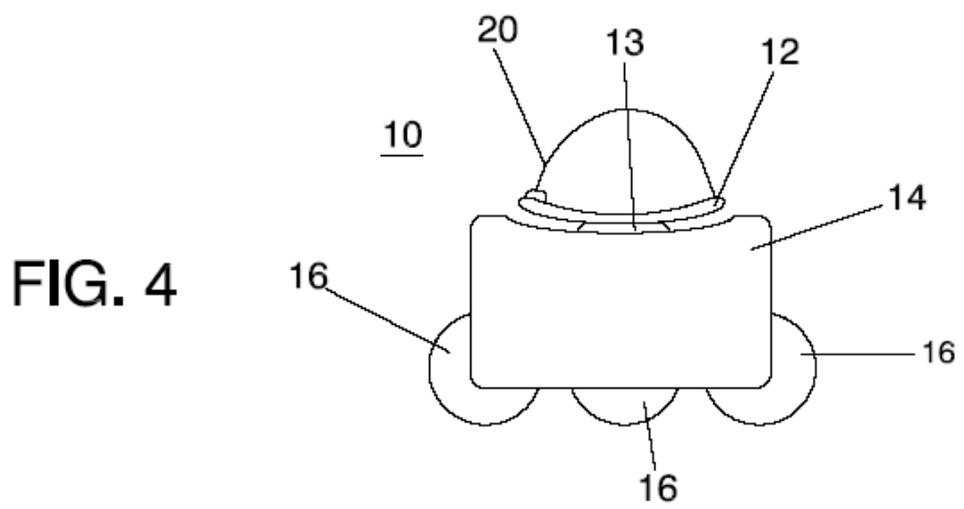


FIG. 4

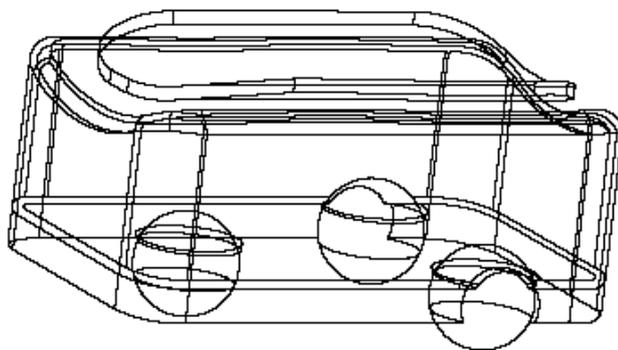


FIG. 5

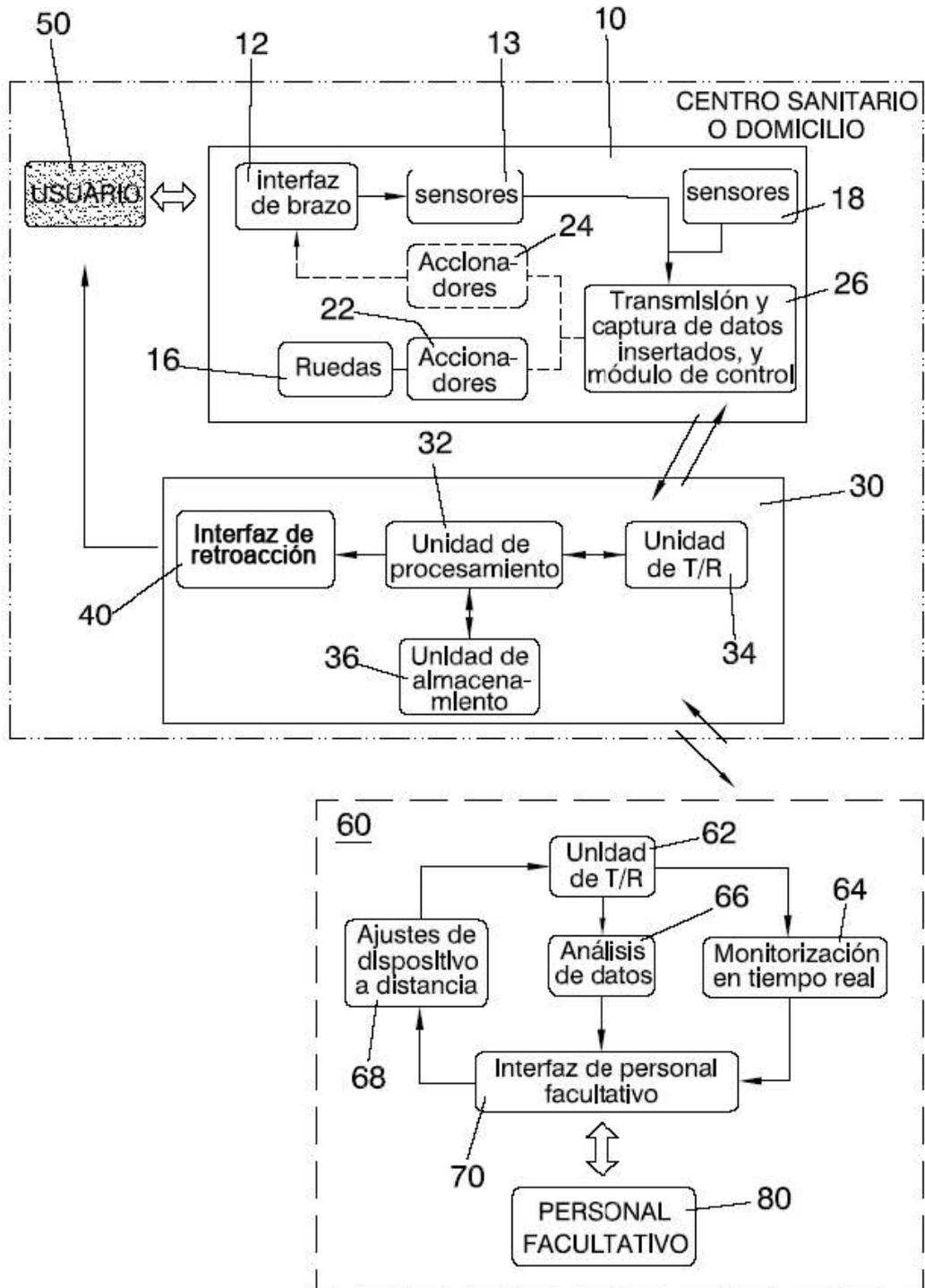


FIG. 6

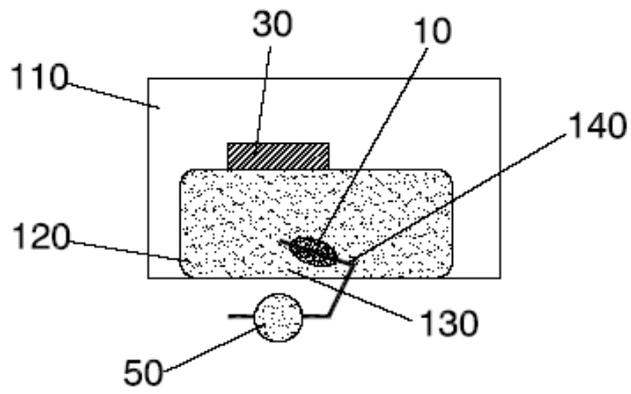


FIG. 7

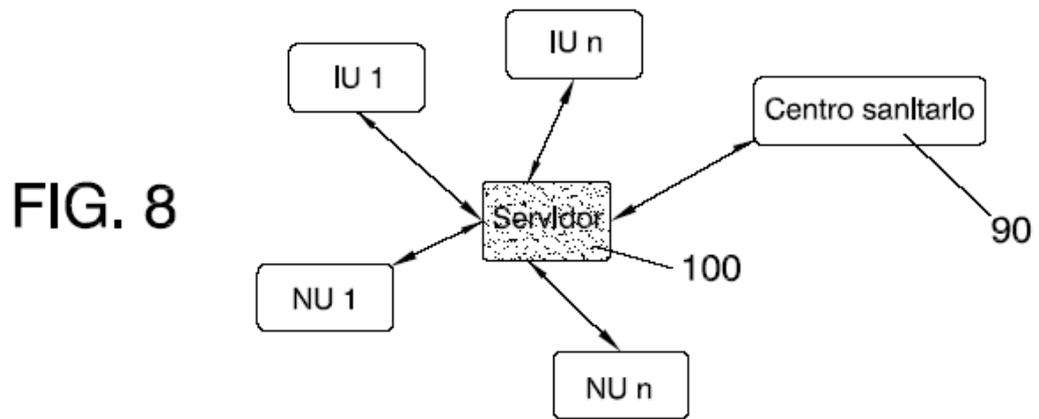


FIG. 8

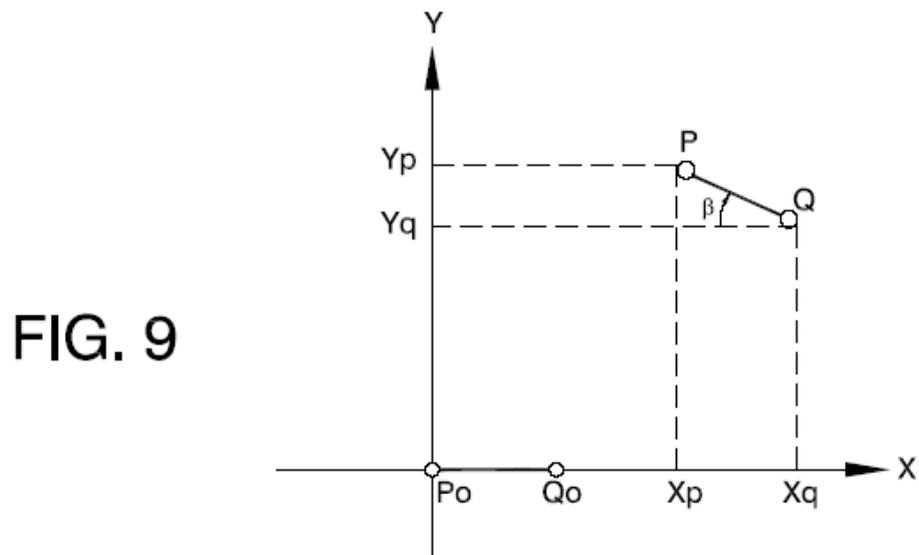


FIG. 9