



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 519**

51 Int. Cl.:
A61H 1/02 (2006.01)
B25J 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08014972 .7**
96 Fecha de presentación : **25.08.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2067462**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.06.2009**

54 Título: **Sistema y procedimiento de rehabilitación.**

30 Prioridad: **04.12.2007 IT KR07A0004**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.04.2011

73 Titular/es:
ISTITUTO S. ANNA DI EZIO PUGLIESE S.R.L.
Via Siris, 11
88900 Crotone, IT
Giuliano Dolce

72 Inventor/es: **Dolce, Giuliano y**
Colizzi, Lucio

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 519 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

La invención se refiere a un sistema de rehabilitación con un sistema articulado que se puede aplicar al cuerpo de un ser humano de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 La rehabilitación por medio de ejercicios terapéuticos se emplea, entre otras cosas, en los daños cerebrales que pueden ser de origen traumático, haberse producido por otra causa (hemorragias, infecciones o situaciones similares) y que puede producir un estado comatoso o trastornos sensores - motrices que dan lugar a una discapacidad. Más preferiblemente en este último caso, se puede intentar curar la discapacidad o aliviar sus efectos por medio del adiestramiento del cerebro. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esta área de aplicación preferida en particular, sino que siempre se puede emplear en una manera de asistencia con cualesquiera ejercicios terapéuticos.

10 Hoy en día, tales ejercicios terapéuticos suelen ser conducidos por un terapeuta adiestrado que establece la secuencia de movimientos para que el paciente los emule. Como alternativa, el mismo terapeuta mueve ciertas partes del cuerpo, por ejemplo, los brazos o las piernas del paciente, con el fin de ejecutar la secuencia deseada de movimientos con el paciente, siempre que el citado paciente no pueda hacerlo independientemente.

15 Además, también son conocidos dispositivos de adiestramiento que pueden ser empleados para la rehabilitación, los cuales permiten un número limitado de ciertas secuencias de movimientos que el paciente tiene ejecutar repetidamente venciendo una resistencia ajustable, si esto es aplicable.

20 Estos sistemas tienen la desventaja de que normalmente sólo permiten una o unas pocas secuencias seleccionadas de movimientos y no proporcionan posibilidades de detección en lo que se refiere a la calidad con la cual se ejecutan los movimientos establecidos.

25 El documento norteamericano número 2004/0102723 A1 describe un procedimiento para controlar el movimiento utilizando un dispositivo que incluye un actuador, un sensor de posición de las articulaciones, un sensor de la tensión muscular y un sistema de control. El dispositivo proporciona asistencia a los músculos y las articulaciones y está diseñado para que funcione en varios modos para proporcionar ya sea asistencia o resistencia a un músculo con el fin de aumentar la movilidad, prevenir lesiones o aumentar la fuerza muscular. El sistema está diseñado para funcionar autónomamente o estando acoplado a otros dispositivos similares para proporcionar asistencia o resistencia simultáneamente a múltiples músculos. El actuador es preferentemente un motor electrostático. Sin embargo, también son posibles motores de corriente continua, servomotores o motores de engranajes. En los modos de funcionamiento diferentes, se proporciona un detector de músculo para detectar la activación muscular con el fin de ejecutar un modo de asistencia del dispositivo.

30 En el documento norteamericano número 2004/0106881 A1 se describe un dispositivo ortopédico accionado similar, que detecta señales relativamente bajas en la proximidad de la articulación, generadas por un paciente que sufre daños nerviosos. Como respuesta a las señales de nivel relativamente bajo, el dispositivo ortopédico accionado hace que la articulación del paciente se mueva en consecuencia.

35 El documento WO 2005/074371 A2 desvela un dispositivo de rehabilitación que comprende un bastidor, un actuador que incluye un mecanismo de movimiento que puede aplicar una fuerza que interactúa con un movimiento de la extremidad del paciente en al menos tres grados de libertad de movimiento del actuador y que puede prevenir el movimiento sustancial en cualquier punto y en cualquier dirección en un volumen de al menos 30 cm de diámetro. Aunque el dispositivo es normalmente un marco independiente, también se desvela un dispositivo de sistema articulado para los movimientos del codo. Además, se describe asistir el movimiento de la extremidad del paciente por medio de un dispositivo de realidad virtual.

40 Para proporcionar cantidades de resistencia controladas al movimiento en el equipo de ejercicios o dispositivos ortopédicos, un módulo de control de acuerdo con el documento norteamericano US. 5.954.621 A tiene elementos de resistencia cooperativos. La fuerza entre los elementos es modificada de acuerdo con la posición de los elementos relativamente entre sí. Por ejemplo, el módulo de control puede conectar dos férulas de una rodillera para que la resistencia a la flexión y a la extensión se programe de acuerdo con la posición de la pierna y de una con respecto a la otra.

45 El documento EP 1 442 704 A1 desvela un dispositivo y procedimiento de determinación la condición de caminar. Con esta finalidad, un medio de medición mide un parámetro que indica la velocidad de desplazamiento o aceleración de una porción inferior de una pierna con respecto a la otra pierna. En un medio de almacenamiento, se almacenan los patrones de las condiciones de caminar, de tal manera que las diferentes condiciones se asocian entre sí. Usando estos patrones almacenados, un medio de determinación determina las condiciones de caminar del caminante.

50 En el documento EP 1 723 941 A1 se desvela un dispositivo de ayuda del comportamiento de un tipo que se usa de manera similar, que detecta un ángulo de la articulación y una señal mioeléctrica. En función de la diferencia de estas dos señales, una señal de fenómeno físico y una bioseñal, se determina la reacción del dispositivo.

55

5 Por último, el documento norteamericano número 2004/0172097 A1 desvela un dispositivo terapéutico que comprende un elemento ortopédico mecánico que constituye una superficie de contacto con la extremidad del paciente y un elemento de estimulación neuromuscular, que incluye por lo menos una pareja de electrodos. El elemento ortopédico incluye articulaciones motorizadas, estando equipada cada una de las cuales con un sensor angular, un sensor de fuerza y un sensor de par de rotación para posibilitar un control de retroinformación.

El objeto de la presente invención, por lo tanto, es proponer un sistema de rehabilitación que haga posible el establecimiento de un gran número de secuencias diferentes de movimientos y que asiste y monitoriza la ejecución de las citadas secuencias de movimientos.

10 De acuerdo con la invención, este objeto se alcanza con las características de la reivindicación 1 y con las reivindicaciones dependientes.

15 Con esta finalidad, un sistema articulado con articulaciones integradas se puede aplicar al cuerpo de un ser humano de acuerdo con la invención, de manera que el sistema articulado aplicado pueda reconstruir los movimientos seleccionados del cuerpo. Una articulación integrada tiene un accionamiento para mover la articulación y por lo menos un detector de posición para detectar la posición del accionamiento y / o de la articulación. Además, se proporciona en el sistema un control para activar los accionamientos y / o para detectar la secuencia de movimientos mediante la evaluación de la posición de los accionamientos y / o de las articulaciones. Por ejemplo, el sistema de acuerdo con la invención puede ser un sistema articulado para aplicarlo a un brazo o una pierna, que puede reconstruir las secuencias típicas de los movimientos del brazo o de la pierna. En otras palabras, el sistema articulado asume la función de un esqueleto externo que hace posible reconstruir o iniciar la secuencia de movimientos del esqueleto humano. Debido al diseño como un sistema articulado con articulaciones integradas, el sistema de acuerdo con la invención se construye de manera que sea ligero en comparación con la mayor parte de los dispositivos de ejercicio convencionales, de manera que una vez aplicado, por ejemplo, al brazo o la pierna de un paciente, no es tan pesado como para interferir con un movimiento natural y libre. Al proporcionar un detector de posición y un accionamiento preferentemente para cada articulación accionada o evaluada de manera coordinada por medio de un control común, el sistema de acuerdo con la invención se puede utilizar tanto para monitorizar la ejecución de un movimiento establecido como para la asistencia a la ejecución de un movimiento establecido o una combinación de ambos, en el que se detecta y se asiste un movimiento correcto del paciente y en su caso un se contrarresta movimiento incorrecto.

20 Para implementar un sistema de este tipo, el accionamiento está diseñado como un accionamiento rotativo con un motor que hace girar un árbol de accionamiento, un sensor de motor o codificador para detectar la posición del motor y un sensor de articulación o codificador para detectar la posición de la articulación. Básicamente, el motor también tiene un engranaje de manera que el motor puede ser diseñado como un motorreductor. Esto tiene la ventaja de que se puede proporcionar el mismo motor con la misma electrónica y control a todas las articulaciones en las que se emplea y se pueden conseguir diferentes velocidades de movimiento del movimiento de las articulaciones, por ejemplo, por medio de diferentes relaciones de engranajes. Esto simplifica la construcción del sistema de forma considerable.

25 Con el fin de poder establecer una secuencia de movimientos controlada por un lado y por otro lado detectar y asistir o contrarrestar tal movimiento, en caso de que sea aplicable, por medio de activar el accionamiento, el accionamiento de una o de cada articulación es un servo accionamiento, en el que el desfase angular en el accionamiento es posible entre un movimiento del motor y un movimiento de la articulación. Este servo accionamiento tiene varias ventajas. De esta manera, hace posible la secuencia de movimientos del cuerpo con un sistema articulado aplicado en relación con la posición del motor conocida por un control. Esto es posible de forma rápida y con un esfuerzo electrónico pequeño, de forma que de idealmente el sistema también puede funcionar de tal manera que un movimiento corporal aplicado al sistema articulado desde el exterior es asistido durante la secuencia de movimientos por medio de un seguimiento adicional de los accionamientos. Además, el sistema permite desviaciones en la secuencia de movimientos en el caso de un movimiento establecido por los accionamientos, lo cual permite sacar conclusiones acerca de si el paciente puede seguir la secuencia establecida de movimientos o si aquí se producen resistencias importantes. En este último caso, tales resistencias mayores se pueden detectar por medio de una desviación comparativamente grande entre la posición del motor y la posición de la articulación, de manera que la secuencia de movimientos puede ser detenida para evitar lesiones.

30 Un desarrollo particularmente ventajoso del servo accionamiento hace que el movimiento del accionamiento, más preferiblemente del árbol de accionamiento, y el movimiento de la articulación estén desacoplados por medio de un acoplamiento cuyo efecto de acoplamiento aumenta con el desfase angular creciente, por ejemplo, un acoplamiento elástico. Por medio de esto, esto se consigue de la manera más preferible que con un movimiento establecido la fuerza ejercida por un paciente tiene que aumentar cada vez más cuanto más se separa del movimiento establecido. Como resultado, por ejemplo un incentivo para seguir la secuencia de movimientos establecida por un terapeuta, se crea automáticamente.

35 Con el fin de implementar una secuencia establecida de movimientos y / o para registrar un movimiento establecido por un cuerpo al cual se aplica el sistema articulado de acuerdo con la invención, el control está equipado para establecer un movimiento de las articulaciones del sistema articulado por medio de la activación de un accionamiento o de varios accionamientos para determinar el movimiento de las articulaciones del sistema

articulado (por ejemplo, mediante la detección de un desfase angular entre el sensor de posición de la articulación y el sensor de posición del motor) en la desviación de una activación del accionamiento y registrar el citado desfase angular dependiendo del modo de funcionamiento. Además, es posible un seguimiento del accionamiento. Por medio de esto, se puede conseguir preferiblemente que el accionamiento siga el movimiento de una articulación establecido desde el exterior con el fin de asistir al movimiento establecido desde el exterior y, por ejemplo, compensar el peso muerto del sistema articulado que sirve como esqueleto externo o contrarrestar el movimiento real de la articulación, siempre que otro objetivo de movimiento (establecido) se deba alcanzar.

Una realización del sistema que es preferida más preferentemente en el tratamiento de daños neurológicos proporciona un dispositivo para crear una realidad virtual con una presentación visual y una unidad de ordenador con la que, teniendo en cuenta las coordenadas de un objetivo del movimiento para el sistema articulado y la posición actual de las articulaciones y / o accionamientos del sistema articulado, se presenta una escena que asiste al objetivo del movimiento. En un sistema articulado para un brazo, esto puede ser, por ejemplo, un objeto que se debe agarrar que está dispuesto en la posición del objetivo del movimiento. Esto sirve para adiestrar a un movimiento coordinado entre la estimulación del cerebro y las ejecuciones del aparato locomotor, que se parece mucho a una situación real. Mostrando destinos concretos, por lo tanto se asiste a la ejecución de la secuencia de movimientos deseada, de una manera mentalmente activa.

De acuerdo con una realización simple, el dispositivo para crear una realidad virtual puede tener una presentación visual en tres dimensiones, cada una con una presentación visual separada para cada ojo, que por ejemplo, está integrada en un casco que tiene la presentación visual respectiva delante de cada ojo. Teniendo en cuenta la situación de la perspectiva de cada ojo en la presentación visual separada, se puede utilizar para crear activamente la impresión de una escena tridimensional.

Con el fin de hacer posible una planificación particularmente realista de la escena tridimensional del ejemplo, el dispositivo para crear una realidad virtual puede tener en cuenta los movimientos de la cabeza y / o de los ojos con respecto al sistema articulado, preferiblemente si el dispositivo tiene un casco equipado con sensores adecuados.

Para hacer uso del sistema prescrito para la rehabilitación, el control tiene un modo de funcionamiento síncrono, un modo de funcionamiento asíncrono y / o un modo de funcionamiento virtual para ejecutar una secuencia establecida de los movimientos del sistema articulado. Los modos de funcionamiento que se describen con más detalle en lo que sigue también se pueden combinar entre sí de acuerdo con la invención.

Con el modo de funcionamiento síncrono, se pueden utilizar dos sistemas articulados de acuerdo con la invención, en los cuales un sistema articulado es un sistema articulado maestro y un sistema articulado es un sistema articulado esclavo, en el que el sistema articulado maestro establece una secuencia de movimientos y el sistema articulado esclavo ejecuta la secuencia establecida de movimientos, es decir, reconstruye tal secuencia de movimientos. Los sistemas articulados pueden ser sistemas articulados idénticos o sistemas articulados que se corresponden a otro, por ejemplo, para un brazo izquierdo o derecho. De esta manera, un terapeuta puede establecer, por ejemplo, con el brazo sano o con el brazo sano del mismo paciente, la secuencia de movimientos para el brazo con discapacidad.

Aquí, el control se puede monitorizar y mostrar en el sistema articulado maestro la secuencia de movimientos en el sistema articulado esclavo y más preferiblemente las desviaciones parametrizadas de los movimientos establecidos. La presentación visual se puede realizar, por ejemplo, por medio de bloqueo, aceleración y / o retardo de la secuencia de movimientos. Puesto que de acuerdo con la invención, se detecta la forma en la que se produce la desviación del movimiento establecido, se puede mostrar por medio de señales adecuadas en el sistema articulado maestro, cuando se producen las desviaciones. Esto permite al terapeuta reconocer las causas de la desviación y tomar las medidas terapéuticas adecuadas.

Con un modo de funcionamiento asíncrono, una secuencia de movimientos se puede registrar en una primera etapa con el sistema articulado de acuerdo con la invención y la secuencia registrada de los movimientos ejecutados en una segunda etapa, en el que la secuencia registrada de los movimientos se pueden almacenar con esta finalidad en el control y se puede transmitir al sistema articulado para su ejecución.

Con el modo de funcionamiento virtual, que preferiblemente se puede combinar con el modo de funcionamiento asíncrono, la secuencia de los movimientos a ejecutar puede ser asistida por medio de la presentación de una realidad virtual en una presentación visual en la que se crea una escena que proporciona un incentivo a la persona ejecutante, que se inicia en la posición actual del sistema articulado, para alcanzar el destino del movimiento del sistema articulado. El destino del movimiento en este caso puede ser preferiblemente una posición final o de destino o una posición intermedia definida de una secuencia de movimientos pre-definibles.

La estimulación puede ser asistida adicionalmente puesto que la escena presentada virtualmente se ajusta continuamente a la secuencia real de los movimientos del sistema articulado.

Con el fin de poder configurar diferentes intensidades terapéuticas, se dispone de manera particularmente preferente de acuerdo con la invención que el grado de asistencia de la secuencia de movimientos se pueda parametrizar por medio del accionamiento. Con este fin, por ejemplo, los momentos de accionamiento que deben ser

ejecutados por los accionamientos del sistema articulado se puede establecer. El valor establecido puede estar en una graduación relativa entre un momento de accionamiento máximo que se selecciona de manera que se impidan las lesiones en el cuerpo guiado y un momento de accionamiento mínimo que sólo compensa el peso muerto del sistema articulado, por lo que no significa ninguna asistencia en la secuencia de movimientos.

5 Con el sistema de acuerdo con la invención, la desviación de la secuencia establecida es detectada preferentemente por el control. Esto se puede conseguir puesto que se determina una línea recta de conexión entre el destino del movimiento (posición final o posición intermedia) y el punto extremo del sistema articulado, que es alcanzar el destino del movimiento, y, a partir del punto extremo del sistema articulado, se define un cono con un ángulo de apertura ajustable alrededor de esta línea de conexión recta. El ángulo de apertura puede ser
10 seleccionado o establecido de tal manera que cuando queda algo del punto extremo del sistema articulado dentro del cono, es posible alcanzar el destino de movimiento incluso si el punto extremo del sistema articulado se desvía de la línea recta de conexión sin que se tengan que producir gradientes de cambio de dirección, es decir, no hay que efectuar cambios de dirección importantes en el curso de la secuencia de movimientos para alcanzar todavía el destino. Entonces se monitoriza si el punto extremo del sistema articulado se separa de este cono y en este caso, el
15 control puede contrarrestar el movimiento para asistir la secuencia correcta de movimientos. Esta comprobación se repite continuamente con el movimiento del sistema articulado, de manera que, en cada caso, se está monitorizando la posición actual del sistema articulado en relación con el destino final o intermedio.

20 Para asistir activamente la adhesión a una secuencia establecida de movimientos, el control, cuando determina una desviación en la secuencia de movimientos, puede activar los accionamientos de tal manera que se asiste a la secuencia correcta de los movimientos. Si esto ya no se puede conseguir el control puede memorizar la última posición final correcta o la posición de partida del cono prescrito, libera completamente el movimiento y, si es aplicable, empieza a asistir el movimiento libre por medio del seguimiento activo de los accionamientos para evitar lesiones. De esta manera es posible reiniciar la terapia exactamente en el punto abortado una vez que el sistema articulado, con un comando de control realizado por el control, haya sido devuelto a esta posición.

25 El sistema de acuerdo con la invención se describe con más detalle por medio del ejemplo de un sistema articulado que se puede aplicar a un brazo derecho y a uno izquierdo, del que se obtienen otras características, ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención. Aquí, todas las características descritas y / o representadas constituyen el objeto de la presente invención, incluso con independencia de su combinación en las reivindicaciones o de sus referencias.

30 Se muestra en:

la figura 1: un sistema de acuerdo con la invención para la rehabilitación del brazo derecho e izquierdo de un paciente;

la figura 2 : un sistema articulado diseñado como un esqueleto del brazo externo, de acuerdo con la figura 1 en vista de detalle;

35 la figura 3 : un accionamiento del sistema articulado de acuerdo con la invención, de acuerdo con la figura 2;

la figura 4 : un diagrama esquemático de los componentes del sistema de rehabilitación de acuerdo con la invención;

40 la figura 5 : un diagrama de flujo de señales para la realización de un procedimiento para la rehabilitación utilizando el sistema de acuerdo con la invención en un modo de funcionamiento asíncrono;

la figura 6 : un diagrama de flujo de señales para la realización de un procedimiento de rehabilitación utilizando el sistema de acuerdo con la invención de un modo de funcionamiento síncrono y

45 la figura 7 : un diagrama de flujo de señales para la realización de un procedimiento de rehabilitación utilizando el sistema de acuerdo con la invención de un modo de funcionamiento virtual.

50 La figura 1 muestra un sistema articulado 1 que pertenece a un sistema de rehabilitación, que se ha diseñado como esqueleto externo de un brazo derecho o izquierdo 2 de un cuerpo. En la figura 1, el sistema articulado 1 se muestra en un estado aplicado al brazo 2 de un ser humano. El sistema articulado 1 tiene articulaciones 3 integradas en las que un accionamiento 4 para mover la articulación 3 se asigna a cada articulación 3 integrada. El sistema articulado 1 con las articulaciones 3 y el accionamiento respectivo asignado 4 se describe con más detalle en lo que sigue, haciendo referencia a las figuras 2 y 3. Se hace notar que el sistema articulado 1 que está diseñado como un esqueleto externo del brazo, constituye únicamente una realización de la invención a la cual, sin embargo, la invención, no está restringida. En principio, sistemas articulados correspondientes 1 se pueden concebir en el mismo modo de funcionamiento así como una realización ajustada convenientemente también para su aplicación en otras partes del cuerpo, preferiblemente los brazos, el tronco, la cabeza, o similar.

55

El sistema articulado 1 que se presenta en una vista tridimensional de un dibujo de diseño en la figura 2 tiene un total de seis articulaciones 3a a 3f y de esta manera hace posible seis grados de libertad de movimiento. Las diferentes articulaciones 3 están conectadas unas con las otras de forma apropiada y conectada por medio de piezas 5 del sistema articulado 1, de manera que hacen posible la aplicación del sistema articulado 1 al brazo 2 de un ser humano. Además, cada articulación 3 está provista de un accionamiento 4, que se describe con más detalle más adelante, haciendo referencia a la figura 3.

La articulación 3a está diseñada como una articulación de bisagra con el fin de representar la flexión del brazo en el hombro. Con la articulación 3b, diseñada de manera similar como una articulación de bisagra, la rotación del brazo alrededor de su árbol longitudinal de la parte superior del brazo puede ser simulada. La articulación 3c, diseñada para funcionar como una articulación de bisagra adicional, realiza un movimiento para levantar el brazo hacia el frente o hacia atrás, en el que la articulación diseñada como una articulación deslizante lineal 3d vuelve a representar el desplazamiento longitudinal hasta el codo. La articulación de bisagra 3e es la responsable de reconstruir un movimiento de flexión del codo, en el que la articulación deslizante lineal 3f a su vez vuelve a representar el desplazamiento longitudinal del sistema articulado 1 hasta la muñeca.

Para fijar el sistema articulado 1 al brazo del paciente, se dispone un collarín 6 que encierra la muñeca en la región de la muñeca y, en la región del codo, se dispone un collarín semicircular 6, que si es aplicable, se puede fijar al codo con una banda que no se muestra.

A cada articulación 3a a 3f se le asigna un accionamiento independiente 4 y que, como es evidente en la figura 3, tiene un motor eléctrico 7, que se conecta con un engranaje 8 y por medio del engranaje 8 acciona un árbol de accionamiento 9 para ejecutar el movimiento deseado (rotación o traslación). Para detectar la posición del accionamiento 4, se proporciona un detector de posición 10 del motor.

En base al diseño del accionamiento 4 como moto reductor, el movimiento de la articulación 3 conectada al accionamiento 4 sólo es posible si el motor 7 es activado y si el árbol de accionamiento 9 se conecta directamente a la articulación 3. Sin embargo, puesto que se desea que el sistema articulado 1 se pueda mover también por medio de un movimiento del brazo sin que el movimiento sea iniciado por el accionamiento 4, se proporciona un acoplamiento 11 diseñado como acoplamiento de actuador, para conectar el árbol de accionamiento 9 con la articulación 3, la cual, en el accionamiento 4, posibilita un desfase angular entre un movimiento del motor y un movimiento de la articulación. Aquí se dispone que el efecto de acoplamiento del acoplamiento 11 se incrementa con el aumento de desfase angular entre la posición del árbol de accionamiento 9 y la posición de la articulación 3, con el fin de que se proporcione un resorte 12 cargado de acuerdo con el desfase angular en el acoplamiento 11. Para detectar el desfase angular entre el accionamiento 4 o su árbol de accionamiento 9 y la articulación 3, se proporciona un detector de posición 13 de la articulación en el accionamiento 4 en la articulación 3, que determina la posición de la articulación. Con la diferencia de posición de la articulación φ_V y del motor φ_M es posible determinar entonces el desfase angular $\Delta\varphi$, que indica un auto-movimiento de la articulación 3 y por lo tanto del sistema articulado 1 con respecto al accionamiento 4.

Las posiciones del accionamiento 4 y de la articulación 3 determinadas por medio de los detectores de posición 10, 13 son monitorizadas en un control 14, por ejemplo, como un desfase angular $\Delta\varphi$, que coordina todas las funciones del sistema 15 para la rehabilitación. Cuando el desfase angular $\Delta\varphi$ detectado en el control 14 supera el valor de umbral establecido más preferiblemente configurable, el accionamiento 4 asignado a este desfase angular $\Delta\varphi$ puede ser activado con el fin de realizar el seguimiento del árbol de accionamiento 9, de manera que el desfase angular entre el accionamiento 4 y la articulación 3 desaparece y ninguna fuerza adicional contra el sistema articulado 1 tiene que ser ejercida por la persona a cuyo brazo se aplica el sistema articulado 1 con el fin de mantener el brazo en posición.

Esta y otras funciones adicionales son ejecutadas por el control central 14 del sistema 15 de rehabilitación que se muestra en la figura 3 que, con este fin, está conectado a una unidad de activación 16 que en cada caso está conectada con el sistema articulado 1 y los accionamientos 4 situados en el mismo. La misma unidad de activación 16 se construye preferiblemente de forma modular a partir de varios ordenadores en paralelo, para que la potencia de cálculo adecuado se encuentre disponible para hacer posible una activación en tiempo real de todos los accionamientos 4 en el sistema articulado 1 y leer los datos de posición de lectura del detector de posición 10 del motor y del detector de posición 13 de la articulación. Aquí, la unidad de activación 16 preferentemente ya ha calculado posibles desfases angulares $\Delta\varphi$, pasando los mismos al control central. Obviamente también es posible configurar el control 14 para calcular un desfase angular $\Delta\varphi$. El sistema 15, además, tiene una unidad 7 conectada al control 14 para crear una realidad virtual que se describirá con más detalle más adelante. Además, el control 14 está conectado a una unidad de base de datos 18 conocida por sí misma, en la cual se pueden almacenar tanto los datos relevantes para activar el sistema articulado 1, así como los datos de la terapia relacionados con el paciente y otros similares, que pueden ser convenientemente introducidos, procesados y recuperados por medio de un programa administrativo integrado en el control 14. También es posible detectar el proceso de la terapia en varias sesiones y la secuencia de los movimientos de una sesión de terapia por medio de los detectores de posición 10, 13, para evaluarlos en el control 14 y archivarlos como historial en la base de datos o unidad de almacenamiento 18, de manera que un terapeuta tenga acceso a los antiguos datos de la terapia para comparar el progreso de la terapia o similar. Las secuencias establecidas de movimientos, que han de ser ejecutadas por el sistema articulado 1, también se pueden presentar en forma de archivos de control adecuados. Para el funcionamiento, el control 14 tiene una

unidad de operación 19. De esta manera, el sistema 15 constituye un sistema integral de rehabilitación que, además de la ejecución activa de los ejercicios terapéuticos por medio de un sistema articulado 1, también hace posible la administración, el archivo y la evaluación de las terapias para uno o varios pacientes.

5 Sin embargo, la descripción que sigue se concentra en el funcionamiento del sistema articulado 1 en los diferentes modos de funcionamiento que se explican con más detalle por medio de las figuras 5 a 7. Sin embargo, el sistema general 15 con todas sus funciones que se ha presentado con anterioridad es el objeto de la presente invención.

Un procedimiento para la rehabilitación con el sistema 15 que se ha descrito con anterioridad en un modo de funcionamiento asíncrono se describe en relación con el diagrama de flujo que se muestra en la figura 5.

10 Un ejercicio predefinido se ejecuta en el modo de operación asíncrona por medio del sistema articulado 1 aplicado al brazo 2 de un paciente, en el que los accionamientos 4 del sistema articulado 1 mueven las articulaciones 3, de acuerdo con una programación de movimientos establecidos para ejecutar un movimiento del brazo 2 del paciente. Para establecer la secuencia de movimientos, el sistema articulado 1 inicialmente se dispone en un modo de registro con el fin de registrar una secuencia de movimientos en una primera etapa con el sistema articulado 1. Con este fin, el sistema articulado 1 se puede aplicar al paciente que realiza una secuencia de movimientos, de acuerdo con lo establecido por el terapeuta. Como alternativa, el terapeuta puede conectar el sistema articulado 1 y registrar la secuencia deseada de movimientos. Esta secuencia registrada de los movimientos es procesada por el control 14 y almacenada por ejemplo, como un archivo en la unidad de base de datos 18, desde la cual el archivo se puede cargar de nuevo en el control 14 en cualquier momento con el fin de ejecutar la secuencia de movimientos como parte de la terapia.

20 En el inicio del registro el sistema articulado 1 se encuentra en una posición de reposición en la cual se dispone en modo de registro pulsando un botón de registro (no mostrado). Con el fin de establecer la posición de inicio de la secuencia de movimientos, el interruptor se presiona y se mantiene en la posición de reposición del sistema articulado 1 hasta el sistema articulado 1 es guiado hasta la posición de inicio deseada de la secuencia de movimientos. Durante este movimiento, cada accionamiento 4 pasa por las posiciones de la articulación φ_V y las posiciones del motor φ_M registradas en la unidad de activación 16, que procesa las citadas posiciones, y determina la posición actual del sistema articulado como una función del tiempo. Puesto que el movimiento no es iniciado por los accionamientos 4, se produce un desfase angular $\Delta\varphi$ entre las posiciones de la articulación φ_V y la posición del motor φ_M que utiliza la unidad de activación 16, como parte del control 14, para enviar un comando de movimiento B ($\Delta\varphi$) que depende del desfase angular $\Delta\varphi$ al dispositivo de activación 20, que envía entonces un comando de control S a los accionamientos respectivos 4 para accionar los motores eléctricos 7. Esto significa que al sistema articulado 1, por medio del control 14 o la unidad de activación 16, se le hace seguir el movimiento establecido por el brazo 2 para lograr un desfase angular de $\Delta\varphi = 0$.

35 Una vez que la posición de inicio se ha alcanzado, el interruptor, que no se muestra, se libera y comienza el registro de la secuencia de movimientos, en el que se hace que el sistema articulado 1 siga el movimiento del brazo 2 de la manera que se ha descrito con anterioridad. Tan pronto como se alcanza la posición final de la secuencia de movimientos, el interruptor se activa una vez más para indicar el final de la secuencia de movimientos. Con posterioridad a esto, la unidad de activación 16 devuelve el sistema articulado 1 a la posición de reposición en la cual el sistema articulado 1 se puede retirar del brazo 2. La función de registro del sistema articulado 1 se desactiva entonces y la secuencia establecida de los movimientos se almacena.

40 Cuando el ejercicio se debe realizar con la secuencia registrada de movimientos, un archivo de datos correspondiente se carga desde la base de datos 18 en la unidad de control 14. La secuencia establecida de movimientos ψ se transmite a la unidad de activación respectiva 16, que a continuación emite un comando de movimiento al dispositivo de activación 20 en función de la secuencia de movimientos ψ almacenada como B(ψ), que posteriormente genera el comando de control S para el motor 7 del accionamiento.

45 Durante la ejecución del ejercicio, es posible cambiar la velocidad de ejecución por medio del control 14. Los movimientos se ejecutan siempre con exactamente la velocidad con la que se registraron. Sin embargo, esta secuencia de movimientos puede ser acelerada o retardada opcionalmente especificando un porcentaje de desviación.

50 Además, se puede establecer el grado de dificultad del ejercicio en el control 14. Esto se realiza mediante la selección del grado de asistencia del movimiento por medio del accionamiento 4 del motor. Este valor se puede especificar en porcentaje, por ejemplo, en etapas en relación con el par de rotación máximo con el que el sistema articulado 1 está asistido en cada articulación 3, si el paciente no contribuye en absoluto a la secuencia deseada de movimientos con el fin de guiar el brazo del paciente. Como límite inferior de ajuste, se puede seleccionar un par de rotación mínimo que no proporcione ningún tipo de asistencia al movimiento activo, pero que sea suficiente para soportar el peso muerto del sistema articulado para no hacer más difícil el movimiento del paciente por el peso muerto del sistema articulado. Entre estos dos valores de un par de rotación mínimo y uno máximo, la asistencia se puede seleccionar libremente o en escalones establecidos.

60 Incluso durante la ejecución del ejercicio, las posiciones de la articulación φ_V y las posiciones del motor φ_M son detectadas por los detectores de posición 10, 13 en los accionamientos 4 y se transmiten a la unidad de

activación 16, que determina el desfase angular $\Delta\phi$ de cada accionamiento individual. Estos desfases angulares $\Delta\phi$ se transmiten al control 14 de cada accionamiento 4, que de esta manera puede comprobar la calidad de la ejecución de la secuencia de movimientos del paciente que monitoriza y evalúa los desfases angulares $\Delta\phi$ de los distintos accionamientos 4. Debido a los servo accionamientos 4 y el procesamiento de señales en paralelo en varias unidades de activación 16, esto es casi posible realizarlo en tiempo real.

El control 14 detecta movimientos, por ejemplo movimientos espásticos o una secuencia acelerada de movimientos que se desvían de la secuencia establecida de movimientos, por ejemplo, al superar ciertos umbrales, que también pueden ser definidos y parametrizados individualmente. Una vez que estos umbrales son excedidos, el control a continuación establece que la unidad de activación 16 debe seguir los movimientos del paciente mediante el ajuste del desfase angular $\Delta\phi$ con el comando de movimiento $B(\psi)$ para evitar lesiones. Al mismo tiempo la última posición regular del sistema articulado 1 en el alcance del comando de movimiento y el movimiento de desviación se registra hasta que se produce la interrupción de los movimientos no coordinados o incorrectos. El control 14 a continuación, establece la operación inversa de movimiento del sistema articulado que preferiblemente se ejecuta con la máxima asistencia. Tan pronto como se alcance el punto de inicio del movimiento no coordinado, el modo que se ejecuta la secuencia establecida de los movimientos en el alcance de un ejercicio se conecta de nuevo.

En el modo de funcionamiento síncrono que se ilustra en la Figura 6, se proporciona un segundo sistema articulado un lugar de un registro previo de la secuencia de movimientos que en lo que sigue se denominará sistema articulado maestro. Se proporciona el sistema articulado maestro ya sea idéntico o de imagen especular del sistema articulado 1, que debe ejecutar la terapia y que a continuación se denominará sistema articulado esclavo. El sistema articulado maestro, por ejemplo, está situado en un brazo sano del paciente o del terapeuta, mientras que el sistema articulado esclavo se encuentra en el brazo del paciente que debe ser tratado.

Una vez que los sistemas articulados maestro y esclavo se han aplicado, ambos se encontrarán en su posición de reposición. Al pulsar un interruptor que no se muestra en el sistema articulado maestro, la sincronización de movimientos de los dos sistemas articulados 1 se inicia. Después de la liberación de este interruptor y cuando se reposiciona el citado interruptor, el citado proceso síncrono de actuación se detiene y ambos sistemas articulados se trasladan de nuevo a su posición de reposición. Un interruptor que puede ser proporcionado en el sistema articulado esclavo se desactiva en el modo de funcionamiento síncrono.

Por medio del detector de posición 10 del motor y del detector de posición 13 de la articulación, las posiciones de la articulación ϕ_V y las posiciones del motor ϕ_M de todos los accionamientos 4 del sistema articulado maestro 1 involucrados se detectan en la forma ya descrita y se transmiten a las unidades de activación 16 que determinan los desfases angulares $\Delta\phi$ de los mismos. Los desfases angulares $\Delta\phi$ de cada accionamiento 4 se transmiten al control 14, que genera una secuencia de movimientos ψ de los mismos. Puesto que preferentemente se proporciona una unidad de activación separada 16 para cada accionamiento, los datos de los diversos accionamientos 4 se transmiten al control 14 casi al mismo tiempo, lo cual, por lo tanto, puede crear la secuencia de movimientos ψ en tiempo real, transmitiéndola a las unidades de activación 16 del sistema articulado esclavo 1. Estas crean un comando de movimiento $B(\psi)$ en función de la secuencia establecida de movimientos ψ que se transmite a la unidad de activación asignada respectivamente 20, en la que se convierte en un comando de control S a los accionamientos 4 del sistema articulado esclavo 1, de manera que los movimientos se pueden volver a representar casi en tiempo real.

De acuerdo con lo descrito previamente en relación con el modo de funcionamiento asíncrono, el grado de asistencia también se puede ajustar en este caso.

Durante la ejecución del movimiento por medio del sistema articulado esclavo 1, la posición ϕ_V de la articulación y la posición ϕ_M del motor son detectadas por los detectores de posición 10, 13 en cada accionamiento 4 del sistema articulado esclavo y se transmite a la unidad de activación respectiva 16 del sistema articulado esclavo 1, que determina un desfase angular $\Delta\phi$ a partir de las mismas. Esto demuestra lo bien que el paciente sigue el citado movimiento. Esto es monitorizado por el control 14 de la manera descrita, que en el caso de desviaciones mayores, puede emitir un comando de movimiento B a la unidad de activación 16 del sistema articulado maestro 1 que, de la manera conocida, lo transmite al sistema articulado maestro 1 por medio de un dispositivo de activación 20, de manera que, por ejemplo, el terapeuta nota cuando el paciente no sigue de manera óptima los movimientos preestablecidos por el citado terapeuta. En este caso, la desviación de movimiento exacta del paciente se vuelve a reconstruir ventajosamente.

Haciendo referencia a la figura 7, se describe en lo que sigue una realización particularmente preferida de la invención, en la que se ejecuta el procedimiento de rehabilitación en un modo de funcionamiento virtual. Con este fin, el control 14, que de otra manera coopera con el sistema articulado 1 de forma similar a las realizaciones que se han descrito con anterioridad, está conectado, adicionalmente a una unidad 17 para crear una realidad virtual que se ejecuta en un programa para crear imágenes en función de una secuencia de movimientos ψ establecida por el control 14.

Aquí, la unidad 17 para crear una realidad virtual preferiblemente crea dos comandos de imagen V, que se transmiten a los monitores dispuestos delante de los ojos del paciente que están dispuestos en un casco 21 para la reproducción de la realidad virtual. El casco 21 está equipado con sensores 22, que hacen posible la detección de la

posición del casco 21 y / o la dirección de visión de los ojos dentro del casco, que se transmiten como datos D de los sensores a la unidad para la creación de la realidad virtual 17, de manera que, en la creación de la realidad virtual, se puede utilizar para que reaccione a un comportamiento de movimiento correspondiente del paciente.

5 Dependiendo de la secuencia establecida de los movimientos ψ , se muestra una escena al paciente en el casco 21, por ejemplo, en la que el paciente debe agarrar un objeto que está situado exactamente en el punto final de la secuencia establecida de movimientos ψ . De la manera que ya se ha descrito, a continuación la secuencia de movimientos del sistema articulado 1 es monitorizada y / o asistida.

10 Con el fin de decidir si el movimiento del paciente está de acuerdo con la citada realidad virtual, es posible, por ejemplo, sobre la base de la posición real del extremo del sistema articulado 1, decidir si el movimiento está dirigido en la dirección de la posición intermedia o final establecidas de la secuencia de movimientos ψ , o no. Con este fin, a partir de la posición actual del sistema articulado 1, se puede definir una conexión lineal al siguiente punto de destino (posición intermedia o final), y desde el sistema articulado 1, se puede establecer un cono con un cierto ángulo de apertura, que se dimensiona de manera que con la continuación del movimiento, el punto de destino se pueda alcanzar sin cambios bruscos de dirección, lo cual se puede configurar por medio de los valores de umbral.

15 Tan pronto como el sistema articulado 1 sale del interior de este cono, es posible una intervención correctiva. Este procedimiento se repite continuamente, para que en cada caso, sobre la base de la posición actual del sistema articulado 1, una base tónica para la toma de decisiones se encuentre disponible.

20 La disposición de una realidad virtual es más adecuada preferentemente en el tratamiento de enfermedades neurológicas, puesto que en este caso, se simulan en el cerebro los estímulos nerviosos de un mundo real y las reacciones de movimientos típicos en lo que a esto se refiere se pueden adiestrar expertamente.

Listado de los números de referencia:

- 1: Sistema articulado como esqueleto externo del brazo
- 2: Brazo de un ser humano
- 3: Articulación
- 25 4: Accionamiento
- 5: Partes del sistema articulado
- 6: Collarín
- 7: Motor eléctrico
- 8: Engranaje
- 30 9: Árbol de accionamiento
- 10: Detector de la posición del motor
- 11: Acoplamiento
- 12: Resorte
- 13: Detector de posición de la articulación
- 35 14: Control
- 15: Sistema de rehabilitación
- 16: Unidad de activación
- 17: Accionamiento para crear una realidad virtual
- 18: Unidad de base de datos
- 40 19: Unidad de operación
- 20: Dispositivo de activación
- 21: Casco
- φ_V : Posición de la articulación
- φ_M : Posición del motor
- 45 $\Delta\varphi$: Desfase angular

Ψ : Secuencia de movimientos

B : Comandos de movimiento

S : Comando de control

V : Comando de Imagen

D : Datos de los sensores

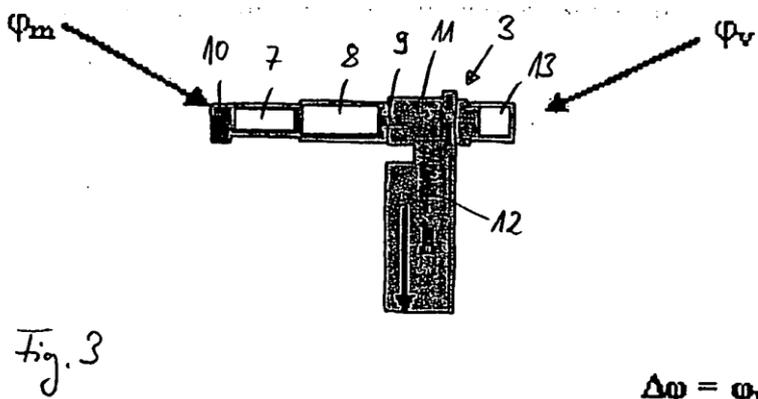
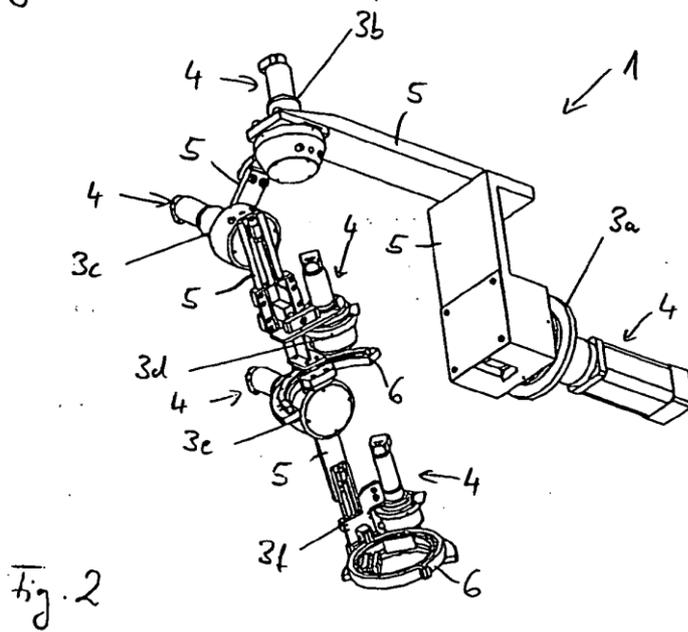
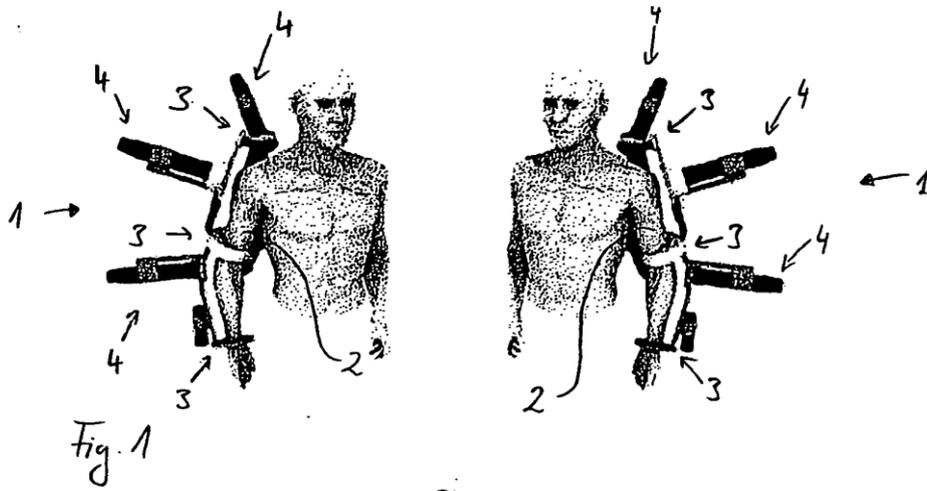
5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de rehabilitación con un sistema articulado (1) que tiene articulaciones integradas (3) que se pueden aplicar al cuerpo de un ser humano, de tal manera que el sistema articulado aplicado (1) puede seguir movimientos seleccionados del cuerpo, en el que una articulación integrada (3) tiene un accionamiento (4) para mover la articulación (3) y un detector de posición (10, 13) para detectar la posición del accionamiento (4), y un control (14) para activar un accionamiento (4) y para detectar una secuencia de movimientos por medio de la evaluación de la posición del accionamiento (4), estando diseñado el citado accionamiento (4) como un servo accionamiento rotativo, **que se caracteriza porque**
- 10 - el citado el accionamiento (4) tiene un motor (7) para hacer girar un árbol de accionamiento (9), un sensor (10) del motor para detectar la posición del motor y un sensor (13) de articulación para detectar la posición de la articulación, permitiendo el citado accionamiento (4) un desfase angular en el accionamiento (4) entre un movimiento del motor y un movimiento de la articulación y
- 15 - estando diseñado el citado de control (14) para establecer un movimiento de las articulaciones (3) del sistema articulado (1) activando un accionamiento (4) o varios accionamientos (4) y para determinar y registrar un movimiento de las articulaciones (3) del sistema articulado (1) en la desviación de una activación del accionamiento (4).
- 20 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, **que se caracteriza porque** el movimiento del accionamiento (4) y el movimiento de la articulación (3) están desacoplados por medio de un acoplamiento (11), cuyo efecto de acoplamiento se incrementa con el desfase angular creciente.
- 25 3. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza porque** el control (14) realiza el seguimiento del accionamiento (4).
4. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por** un dispositivo para crear una realidad virtual con una presentación visual y una unidad de cálculo (17) en el que, teniendo en cuenta las coordenadas de un objetivo de movimiento del sistema articulado (1) y la posición actual del sistema articulado (1), se muestra una escena que asiste el objetivo de movimiento.
- 30 5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, **que se caracteriza porque** el dispositivo para crear una realidad virtual tiene una presentación visual de tres dimensiones con una presentación visual separada para cada ojo.
- 35 6. El sistema de acuerdo con la reivindicaciones 4 ó 5, **que se caracteriza porque** el dispositivo para crear una realidad virtual tiene en cuenta los movimientos de la cabeza y / o de los ojos con respecto al sistema articulado (1).
- 40 7. El sistema de un acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza porque** el control (14) tiene un modo de funcionamiento síncrono, un modo de funcionamiento asíncrono y / o un modo de funcionamiento virtual para ejecutar una secuencia establecida de movimientos del sistema articulado (1).
- 45 8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, **que se caracteriza porque** con el modo de funcionamiento síncrono, se utilizan dos sistema articulados (1) de los cuales un sistema articulado (1) es un sistema articulado maestro y un sistema articulado (1) es un sistema articulado esclavo, en el que el sistema articulado maestro (1) establece una secuencia de movimientos y el sistema articulado esclavo (1) ejecuta la secuencia establecida de movimientos.
- 50 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, **que se caracteriza porque** el control (14) controla la secuencia de movimientos en el sistema articulado esclavo (1) y, sobre las desviaciones de los movimientos establecidos, indica la secuencia establecida de movimientos en el sistema articulado maestro (1).
10. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **que se caracteriza porque** con el modo de operación asíncrona, en una primera etapa, se registra una secuencia de movimiento con el sistema articulado (1) y la secuencia registrada de movimientos se ejecuta en una segunda etapa.
11. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, **que se caracteriza porque** con el modo de funcionamiento virtual, la secuencia de movimientos que se debe ejecutar está asistida por medio de la presentación de una realidad virtual en una presentación visual, porque se crea una escena que proporciona un incentivo a la persona ejecutante, en base a la posición actual del sistema articulado (1), para alcanzar el objetivo del movimiento del sistema articulado (1).
12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 11, **que se caracteriza porque** la escena presentada virtualmente se adapta a la secuencia real de los movimientos del sistema articulado (1).

5

13. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, **que se caracteriza porque** el grado de asistencia de la secuencia de los movimientos por el accionamiento (4) se puede parametrizar.
14. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, **que se caracteriza porque** la desviación de la secuencia de los movimientos con respecto a la secuencia establecida de los movimientos es detectada.
15. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, **que se caracteriza porque** el control (14) con la detección de una desviación en la secuencia de los movimientos activa los accionamientos (4), de tal manera que se asiste la secuencia correcta de los movimientos.



$$\Delta\varphi = \varphi_v - \varphi_m$$

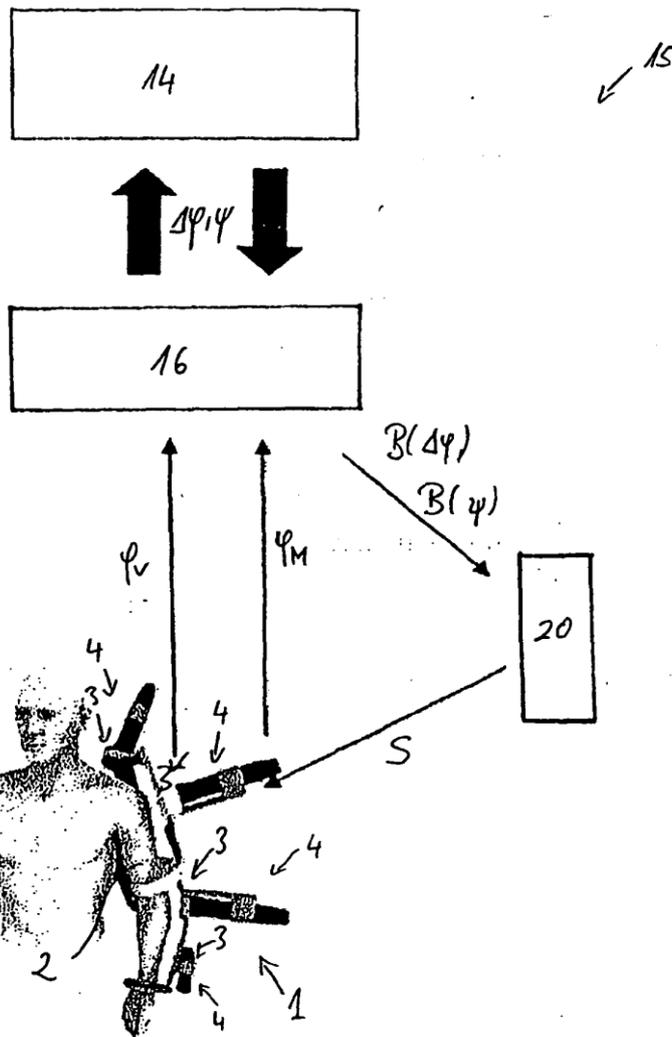
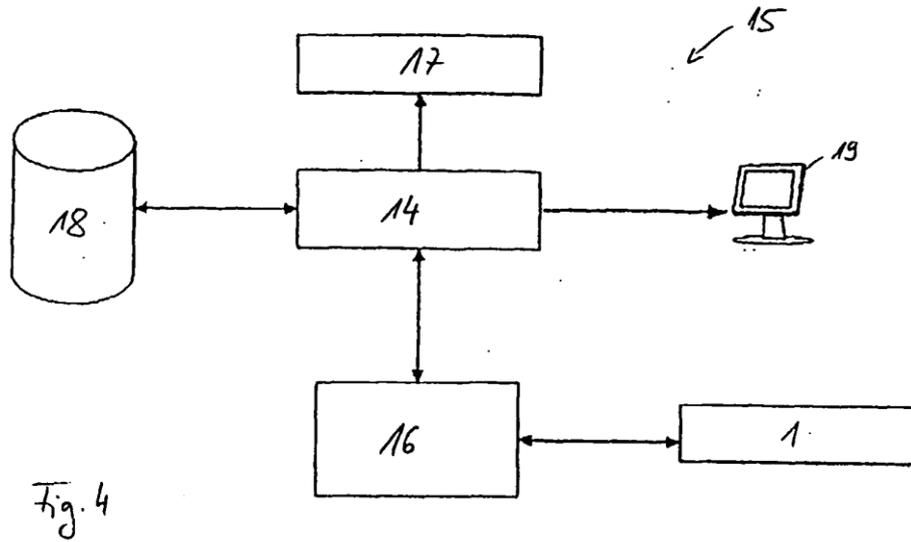


Fig. 5

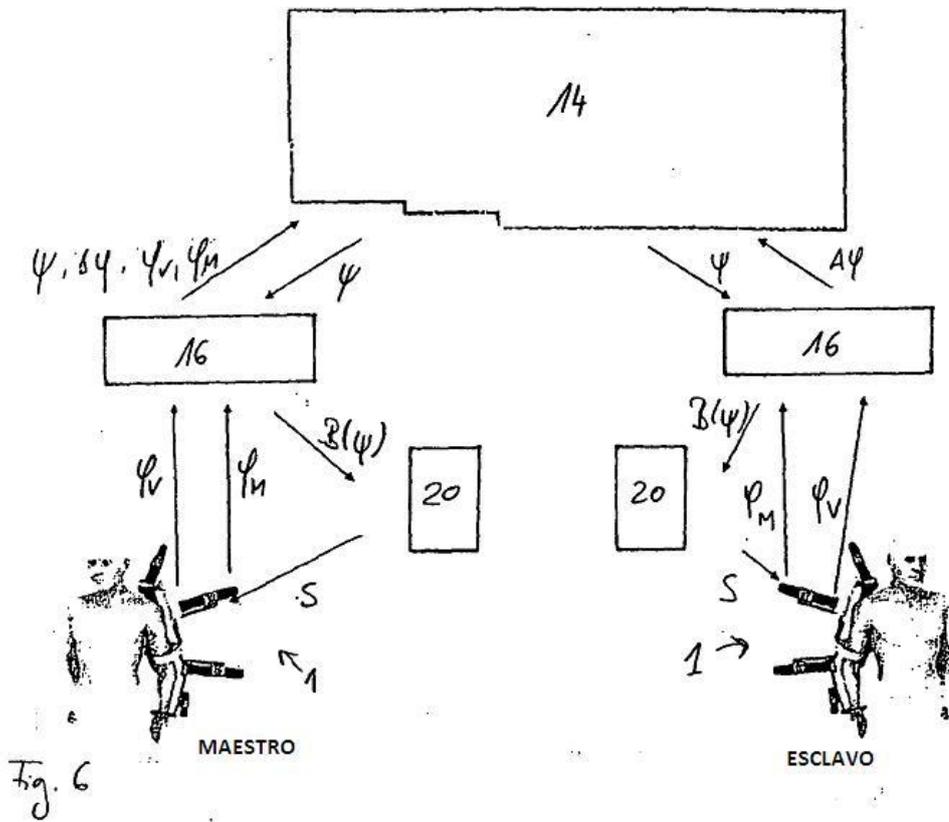


Fig. 6

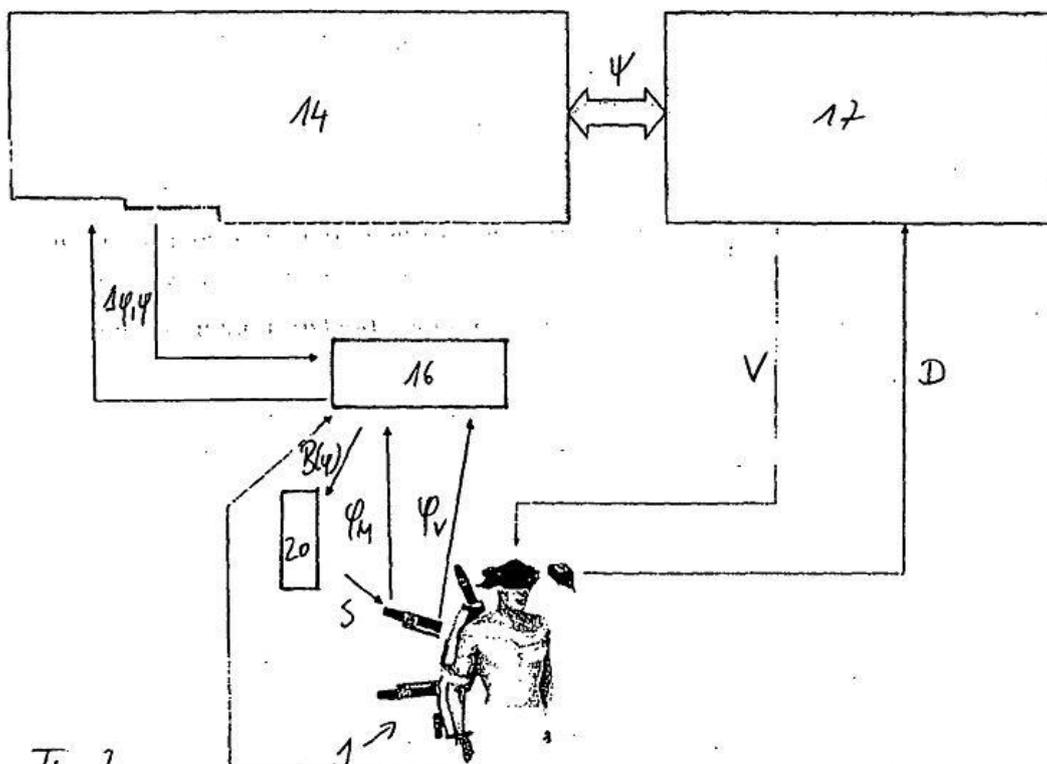


Fig. 7