



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 323 720**

51 Int. Cl.:

A61B 5/22 (2006.01)

A61B 5/0488 (2006.01)

A61B 5/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05754689 .7**

96 Fecha de presentación : **03.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1750582**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.02.2007**

54

Título: **Dispositivo médico adaptado a la monitorización del comportamiento de los músculos de las extremidades de pacientes.**

30

Prioridad: **04.06.2004 EP 04447136**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.07.2009

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.07.2009

73

Titular/es: **Université Libre de Bruxelles
50, avenue F.D. Roosevelt
1050 Bruxelles, BE
FCS Control Systems**

72

Inventor/es: **Manto, Mario;
Van der Linde, Richard y
Lammertse, Piet**

74

Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 323 720 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 médico adaptado a la monitorización del comportamiento de los músculos de las extremidades de pacientes.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo médico que preferentemente es portátil y a un procedimiento para el análisis y/o la monitorización del comportamiento de los músculos de las extremidades, con inclusión de las fibras musculares y unidades motrices, de un paciente.

En particular, la presente invención se refiere a un dispositivo médico y a un procedimiento para el análisis y/o monitorización dinámicos de los movimientos voluntarios e involuntarios en las extremidades superiores o inferiores de un paciente.

Estado de la técnica

A pesar de los recientes avances en la gestión de pacientes que presentan una lesión del sistema nervioso central y/o periférico, los neurólogos y terapeutas siguen valorando los movimientos voluntarios e involuntarios de las extremidades superiores e inferiores, y a saber los movimientos de la articulación de la muñeca, clínicamente de manera subjetiva que depende de quien realiza el reconocimiento. Como consecuencia, esta valoración clínica carece de fiabilidad.

Por lo tanto, resulta evidente el interés en disponer de un dispositivo o instrumento médico que pueda ayudar al examinador en su diagnóstico.

El documento de la técnica anterior US 2002/183655 da a conocer un dispositivo estirador inteligente portátil para ser empleado por pacientes que sufren de articulaciones y extremidades espásticas o con contracturas. El dispositivo estirador inteligente está provisto de un motor y de un árbol motor para promover la rotación de la articulación o extremidad. La velocidad y distancia de estiramiento variables del dispositivo vienen determinadas por un sensor de torsión sobre la articulación o extremidad que envía información a un controlador que posteriormente proporciona instrucciones al motor en lo que se refiere a la velocidad y distancia de estiramiento variables. Durante el movimiento de la extremidad y articulación se registran las señales de ángulo de la articulación, del par motor de resistencia y del electromiograma (EMG) procedentes de los músculos soleo, gastronemio y tibial anterior. Las señales de EMG se registran a través de electrodos fijados a estos músculos y conectados subsecuentemente al ordenador para su registro y análisis posterior. Los electrodos emiten señales electrónicas al ordenador correspondientes a los emitidos por los músculos. El ordenador puede comunicar entonces con el controlador para aumentar o reducir los límites del rango de movimiento o de la velocidad variable sobre la base de la información proporcionada por los electrodos con el fin de adaptar mejor el dispositivo a un paciente específico.

Objetivos de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo médico y un procedimiento para un análisis y/o monitorización sistemática de los movimientos de las extremidades de un paciente.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo médico y un procedimiento que proporcionen datos fiables.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo médico y un procedimiento fáciles de emplear o implementar.

Un objetivo la presente invención es proporcionar un dispositivo médico y un procedimiento que proporcionen datos rápidamente interpretables por personal entrenado.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo médico que preferentemente es portátil para el análisis y/o la monitorización del comportamiento de los músculos de las extremidades de un paciente, preferentemente un análisis simultáneo de todos los músculos de extremidad ensayados durante los movimientos mecánicos voluntarios y/o involuntarios del paciente.

De acuerdo con la invención, la extremidad corresponde a un miembro inferior, un brazo o el cuello de un paciente y el dispositivo médico comprende:

- una unidad móvil adaptada para recibir una primera parte de dicho miembro inferior, brazo o cuello, correspondiente al pie, a la pierna, al antebrazo, a la mano y/o a la cabeza, presentando dicha unidad móvil por lo menos un grado de libertad según el cual la unidad móvil puede moverse;

ES 2 323 720 T3

- un dispositivo háptico adaptado para recibir una segunda parte de dicho miembro inferior, dicho brazo o dicho cuello, correspondiente a la pierna, al muslo, al brazo, al antebrazo y/o al cuello, respectivamente, y para medir en forma de una señal analógica la respuesta mecánica y/o respuesta dinámica de dicha segunda parte a un movimiento de la unidad móvil;

5

- un juego de electrodos electromiográficos capaz de medir en forma de una señal analógica las actividades eléctricas en el (los) músculo(s) de dicho miembro inferior, brazo o cuello, respectivamente;

10

- una unidad de adquisición de señales analógicas capaz de adquirir las señales analógicas procedentes de los electrodos electromiográficos y del dispositivo háptico y convertir dichas señales analógicas en señales digitales;

- un controlador capaz de procesar dichas señales digitales y controlar la unidad móvil.

15

De modo similar a la unidad móvil, el dispositivo háptico puede comprender también por lo menos un grado de libertad.

20

En la presente descripción, la expresión “músculo” significa el músculo en su totalidad y/o una o más fibras musculares y/o una o más unidades motrices de dicho músculo.

Preferentemente, el dispositivo móvil en condiciones operativas es accionado por un motor bajo el control del controlador. Preferentemente, los electrodos electromiográficos comprenden unos electrodos de aguja y/o unos electrodos superficiales y/o unos microelectrodos.

25

Preferentemente, el dispositivo médico de acuerdo con la invención comprende además un sistema de amplificación para amplificar las señales analógicas medidas por los electrodos.

30

Preferentemente, el controlador está configurado para controlar o mantener bajo condiciones operativas en dirección y en intensidad la fuerza motriz del motor y con ello controlar o mantener en dirección y en intensidad el movimiento de la unidad móvil.

El presente dispositivo médico está adaptado también para la monitorización pasiva de los movimientos espontáneos del paciente.

35

Ventajosamente, la unidad móvil del presente dispositivo médico presenta un eje de rotación alrededor del cual la unidad móvil puede girar con respecto al dispositivo háptico, preferentemente con un ángulo de rotación comprendido entre por lo menos aproximadamente +45° y aproximadamente -45° y una velocidad de rotación máxima definida.

40

Preferentemente, dicha velocidad de rotación máxima es de aproximadamente 300°/segundo.

Ventajosamente también, la unidad móvil presenta una precisión posicional de aproximadamente 0,1 mm. De acuerdo con una forma de realización preferida, el presente dispositivo comprende asimismo un dispositivo para el suministro de uno o más fármacos al paciente.

45

Una retroalimentación, que puede ser pasiva, estática o dinámica de la fuerza del paciente puede emplearse para el movimiento del dispositivo.

Además, en algunas formas de realización, el dispositivo puede emplearse para reaccionar de forma dinámica a las fuerzas del paciente.

50

La presente invención se refiere asimismo a un procedimiento para el análisis y/o la monitorización del comportamiento de un músculo de extremidad con el empleo de dicho dispositivo médico portátil, siendo dicha extremidad o bien el miembro inferior, el brazo o el cuello de un paciente. Dicho procedimiento comprende las siguientes etapas:

55

- colocar la primera parte de la extremidad (el pie, la mano, o el cuello, respectivamente) del paciente sobre la unidad móvil;

60

- colocar la segunda parte de la extremidad (el pie, la pierna, el antebrazo, la mano o la cabeza, respectivamente) sobre el dispositivo háptico de manera que el eje principal del tobillo, de la muñeca, de la rodilla o del cuello, respectivamente, coincida con el eje principal del motor;

- colocar los electrodos electromiográficos en diferentes posiciones en el músculo de la primera parte de la extremidad y/o sobre el mismo (el pie, la pierna, el antebrazo, la mano o la cabeza, respectivamente);

65

- aplicar bajo el control del controlador una fuerza de dirección e intensidad precisas al motor para mover con una fuerza de dirección e intensidad precisas la unidad móvil y la primera parte de la extremidad (el pie, la mano, o el cuello, respectivamente) colocada sobre ella;

ES 2 323 720 T3

- medir la respuesta mecánica (dirección e intensidad de los movimientos) de la segunda parte de la extremidad (la pierna, el antebrazo, la mano o la cabeza, respectivamente) por medio del dispositivo háptico;
- medir la respuesta eléctrica de la primera parte de la extremidad (el pie, la pierna, el antebrazo, la mano o el cuello) por medio de los electrodos electromiográficos en diferentes ubicaciones a lo largo de dicha parte de la extremidad (pie, pierna, antebrazo, mano o cuello, respectivamente);
- adquirir dichas respuestas mecánicas y eléctricas en forma de señales analógicas por medio de la unidad de adquisición;
- convertir dichas señales analógicas en señales digitales;
- procesar dichas señales digitales por medio del controlador.

El procedimiento puede comprender asimismo la etapa de aplicar bajo el control del controlador un desplazamiento de dirección y amplitud precisas a la unidad móvil y a la primera parte de la extremidad (el pie, la mano o el cuello) colocada respectivamente sobre ella, y medir la fuerza resultante en la segunda parte de la extremidad (pierna, antebrazo, mano o cabeza) por medio del dispositivo háptico.

Como ya se ha indicado arriba, la expresión “músculo” significa el músculo en su totalidad y/o las fibras musculares y/o las unidades motrices de dicho músculo.

Preferentemente, se adquieren dichas señales analógicas con respecto al tiempo y se procesan para obtener una monitorización de los movimientos de la extremidad a lo largo del tiempo.

La presente invención se refiere asimismo al uso del presente dispositivo médico y/o del presente procedimiento como herramienta para monitorizar los movimientos voluntarios e involuntarios de las extremidades de un paciente.

La presente invención se refiere asimismo al uso del presente dispositivo médico y/o del presente procedimiento como herramienta indirecta que proporciona datos físicos para valorar el estadio de recuperación de un paciente.

Otro objeto de la presente invención es el uso del presente dispositivo médico y/o del presente procedimiento para investigar los efectos de fármacos en un paciente.

Cabe señalar que el dispositivo médico y el procedimiento de acuerdo con la presente invención proporcionan datos correspondientes a resultados intermedios sobre el comportamiento de los músculos de las extremidades que de por sí no permiten que un facultativo adopte decisiones sobre el diagnóstico y el tratamiento necesario.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa una forma de realización de un dispositivo médico empleado para la monitorización del comportamiento de los músculos y unidades motrices del brazo de acuerdo con la presente invención.

Las Figuras 2a y 2b presentan respectivamente una vista lateral y una vista desde arriba de un dispositivo médico (unidad móvil + dispositivo háptico) empleado en una forma de realización preferida del presente dispositivo médico.

Descripción detallada de la invención

Como se observa en la Figura 1, el dispositivo médico de acuerdo con la invención es un dispositivo médico portátil que comprende:

- una unidad móvil 1 capaz de moverse de acuerdo con por lo menos un grado de libertad;
- un motor 7 para impulsar la unidad móvil 1, estando provisto dicho motor de un eje de rotación principal 3;
- un dispositivo háptico 6 que tiene por lo menos un grado de libertad y que es capaz de medir mediante contacto táctil de un objeto empleando la tecnología háptica los movimientos mecánicos, en amplitud y orientación, de dicho objeto;
- un juego de electrodos electromiográficos 4;
- una unidad amplificadora de señales 10;
- una unidad de adquisición de señales 9; y
- un controlador 8 para impulsar el motor 7 con movimientos calibrados y provisto de capacidades de procesar señales.

ES 2 323 720 T3

En la presente forma de realización, la unidad móvil presenta un eje de rotación 11 que coincide con el eje de rotación 3 del motor 7. De esta manera, la unidad móvil es capaz de girar alrededor de su eje 11 con respecto al dispositivo háptico 6, con un ángulo de rotación preciso α y con una velocidad de rotación precisa (bajo el control del controlador 8).

5

La unidad móvil 1 podría también ser capaz de experimentar una traslación. Posiblemente, también, el dispositivo háptico 6 podría ser capaz de experimentar una rotación y/o traslación.

10

El dispositivo háptico 6 del presente dispositivo médico es capaz de medir fuerzas mediante el empleo de la tecnología háptica.

15

El principio de dicho dispositivo médico es inducir una perturbación mecánica, preferentemente a través de la unidad móvil 1, en una extremidad superior o en una extremidad inferior de un paciente y medir la respuesta mecánica y eléctrica a dichas perturbaciones de los músculos de dicha extremidad superior o dicha extremidad inferior.

20

El dispositivo médico está adaptado al estudio de un músculo de extremidad en su totalidad y/o de sus fibras musculares y/o de sus unidades motrices.

En condiciones operativas, el procedimiento de monitorización de los movimientos de una extremidad, tal como un brazo según se ilustra en la Figura 1, con el empleo del presente dispositivo médico, comprende las etapas siguientes:

25

- colocar el brazo con respecto al dispositivo médico de manera que la mano 2 está situada sobre la unidad móvil 1 y el antebrazo 5 está situado sobre el dispositivo háptico 6, coincidiendo el eje principal de la muñeca con el eje principal 3 del motor 7;

30

- una vez situado correctamente el brazo, disponer los electrodos electromiográficos 4 en distintas ubicaciones del brazo, y preferentemente a lo largo del antebrazo 5, en los músculos o sobre la piel del paciente;

35

- ordenar al motor 7 que, a través del controlador 8, impulse la unidad móvil 1, y con ello la mano 2, siguiendo un movimiento (o un patrón de movimientos (diferentes)) con dirección y amplitud precisas;

40

- medir mediante el dispositivo háptico 6 la respuesta mecánica en amplitud, orientación y fuerza del antebrazo 5 del paciente;

45

- simultáneamente medir por medio de los electrodos 4 la respuesta eléctrica (actividades eléctricas) en distintas ubicaciones a lo largo del brazo, y preferentemente a lo largo del antebrazo 5;

- adquirir con la unidad de adquisición las respuestas eléctricas y mecánicas en forma de señales analógicas;

- convertir dichas señales analógicas en señales digitales;

- procesar mediante el controlador 8 dichas señales digitales para proporcionar datos acerca de los movimientos del brazo del paciente que podrían entonces ser interpretados por personal entrenado.

50

Cabe señalar que el dispositivo médico puede comprender cuatro electrodos electromiográficos diferentes capaces de insertarse en cuatro músculos del antebrazo, flexor carpi radialis, extensor carpi radialis, brachio-radialis y flexor carpi ulnaris. Unos electrodos superficiales (activos) podrían fijarse a la piel al nivel de los músculos flexor carpi radialis y extensor carpi radialis.

Posiblemente, se puede mover el eje del motor de manera fácil y rápida en más de un plano.

55

Una ventaja del presente dispositivo médico es que está configurado y dimensionado de modo que es portátil y puede emplearse al lado de la cama del paciente, estando el paciente en diferentes posiciones posibles: horizontal, vertical o sentado. De esta manera, el dispositivo médico es muy cómodo para el paciente y podría emplearse incluso en condiciones extremas (situaciones de urgencia, por ejemplo).

El dispositivo médico y el procedimiento de acuerdo con la invención brindan una amplia gama de aplicaciones.

60

Es posible identificar y analizar las descargas de fibras musculares individuales o unidades motores únicas de la articulación de la pierna, del antebrazo o del cuello en condiciones diferentes de impedancia.

65

El presente dispositivo médico puede combinarse con una fuente de estímulos externos (preferentemente estímulos eléctricos o magnéticos), por ejemplo sobre una zona del sistema nervioso central (preferentemente el córtex motor) o de la medula espinal o del sistema nervioso periférico (preferentemente un plexo), para analizar los mecanismos de control por el sistema nervioso sobre el comportamiento de las unidades motrices y fibras musculares durante los estiramientos mecánicos de un músculo.

ES 2 323 720 T3

Como ya se ha expuesto anteriormente, el presente dispositivo médico y el presente procedimiento podrían emplearse como herramienta para investigar el mecanismo del control neurológico de los movimientos de la muñeca en los pacientes que presenten una lesión del sistema nervioso central y/o periférico.

5 Por ejemplo también, el presente dispositivo médico y el presente procedimiento podrían emplearse también para analizar un temblor patológico de la mano a través de la caracterización de su banda de frecuencia y su coherencia muscular bajo diferentes condiciones de impedancia y bajo diferentes condiciones de inercia. Este análisis podría proporcionar información indirecta útil para el establecimiento de un diagnóstico diferencial neurológico.

10 El presente dispositivo médico puede emplearse como herramienta para el clínico que podría ayudarle a establecer un diagnóstico diferencial en caso de temblor psicogénico.

15 El presente dispositivo médico y el presente procedimiento podrían emplearse también para comprobar el efecto de fármacos previstos para su uso sobre el temblor de extremidades, en particular el temblor de mano, y por ejemplo en el temblor de mano esencial o temblor de mano relacionado con la enfermedad de Parkinson.

20 Otra posible aplicación del presente dispositivo médico y del presente procedimiento es su uso como herramienta para valorar de forma precisa el mecanismo de recuperación de la disimetría cerebelosa en el ser humano y a continuación determinar el estadio de la recuperación alcanzado por un paciente a continuación de un infarto cerebeloso. En ese sentido, el presente dispositivo médico y procedimiento podrían ayudar indirectamente a los médicos a mejorar la rehabilitación neurológica de los pacientes.

25 El presente dispositivo médico y el presente procedimiento podrían emplearse también para valorar objetivamente el tono de la articulación de la muñeca durante intervenciones neuroquirúrgicas sobre pacientes afectados de la enfermedad de Parkinson. Desde ese punto de vista, el presente dispositivo médico y el presente procedimiento podrían ayudar indirectamente a los médicos a realizar un procedimiento de estimulación profunda del cerebro más eficiente (por ejemplo, la neuroestimulación de los núcleos subtálamicos).

30 El presente dispositivo médico puede emplearse también como herramienta para analizar el control de mano en pacientes después de un injerto de mano.

El presente dispositivo médico podría emplearse también para ensayar prótesis o aparatos ortopédicos, tales como prótesis y/o aparatos ortopédicos termoconformables.

35 La rehabilitación de la extremidad de un paciente después de un accidente es otra posible aplicación del presente dispositivo médico.

40 Como se expone arriba, una de las ventajas principales del presente dispositivo médico en comparación con los de la técnica anterior es que proporciona datos objetivos.

No obstante, debe quedar entendido que el dispositivo médico y el procedimiento de acuerdo con la presente invención sólo proporcionan datos correspondientes a resultados intermedios acerca del comportamiento de los músculos de las extremidades que de por sí no le permiten al facultativo adoptar decisiones sobre el tratamiento necesario.

45 No obstante el dispositivo de acuerdo con la invención, al contrario que los dispositivos conocidos del estado de la técnica, puede combinar el análisis de la actividad EMG superficial y de la actividad intramuscular, acoplado con el análisis de las unidades motrices de los músculos y/o fibras musculares sin movimientos mecánicos inducidos sobre las extremidades del paciente.

50 Adicionalmente, dicho dispositivo podría emplearse para el análisis y/o monitorización de distintos movimientos oscilatorios voluntarios o involuntarios de un paciente.

55 Además, el dispositivo de acuerdo con la invención podría emplearse para el análisis y/o monitorización de los efectos de vibraciones de alta frecuencia sobre el comportamiento de los músculos de las extremidades, especialmente sobre las unidades motrices de estos músculos o fibras musculares desde un músculo diferente, especialmente fibras musculares contiguas.

60 Ventajosamente, el dispositivo podría emplearse para mantener una fuerza constante en una posición predeterminada del brazo, miembro inferior o cuello del paciente y por tanto registrar sus actividades intramusculares asociadas con EMG. Este análisis es particularmente útil para registrar los movimientos inducidos por una unidad motriz de un músculo en diferentes posiciones a continuación de movimientos automáticos de una posición a otra.

65 El dispositivo médico de acuerdo con la invención está adaptado de forma particularmente ergonómica a las extremidades del paciente, tales como su cuello, mano, brazo, pie o miembro inferior.

Por último, podría introducirse un bucle retrocontrolado en el control de los diferentes elementos del dispositivo de acuerdo con el análisis y/o monitorización de las actividades intramusculares en tiempo real.

ES 2 323 720 T3

El dispositivo de acuerdo con la invención permite también una adaptación instantánea de la frecuencia oscilatoria, de acuerdo con el comportamiento del músculo de la extremidad.

5 Otra aplicación posible del presente dispositivo médico es la estimulación tetánica. Más precisamente, el presente dispositivo médico puede emplearse para analizar las frecuencias de contracciones musculares (detectadas por medio o bien de electrodos activos colocados sobre la piel, o por electrodos intramusculares, o por ambos tipos). Con estas frecuencias, se puede estudiar el comportamiento de unidades motrices conocidas como unidades motrices lentas, y se puede comparar este comportamiento con el comportamiento de unidades motrices conocidas como unidades motrices rápidas.

10 Además, el presente dispositivo médico permite el cálculo instantáneo de un índice de rigidez a partir de las curvas de torsión/posición mediante mediciones de regresión lineal. Esta característica técnica corresponde a una ventaja sustancial en la perspectiva de una valoración farmacológica de nuevos fármacos que interaccionan con el sistema nervioso central y de la búsqueda de un posible cambio de impedancia de la articulación inducida por un fármaco. Esta rigidez se calcula muy rápidamente.

15 Por último, el dispositivo de acuerdo con la invención está adaptado para identificar las frecuencias de las unidades motrices de los músculos e identificar qué perturbación dinámica podría inducir distintas fuerzas en función de la posición del brazo, miembro inferior o cuello.

20 El dispositivo es de aplicación también para detectar de forma simultánea movimientos voluntarios o involuntarios y rigidez articular en pacientes aquejados de movimientos distónicos con rigidez extrapiramidal.

25 De acuerdo con una última forma de realización de la presente invención, el dispositivo de acuerdo con la invención podría programarse para inducir una movilización sucesiva en varias frecuencias de oscilación, de acuerdo con un programa de rehabilitación secuencial en ausencia de cualquier influencia externa.

Ejemplo de una forma de realización particular

30 De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención, el dispositivo médico presenta las siguientes características técnicas:

- 35 - 4 amplificadores diferenciales con una ganancia de 1000 (como por ejemplos los fabricados por la compañía Xitek, Canadá);
- 4 electrodos de aguja concéntricos estériles 30G (por ejemplo, como los comercializados por la compañía Medtronic, (Skovlunde, Dinamarca));
- 40 - dos electrodos activos superficiales con preamplificación y filtros incorporados en ellos (ganancia de 1000; filtro 20-450 Hz, por ejemplo, como los fabricados por Delsys DE-2.3);
- 1 unidad de adquisición analógica;
- 45 - 1 ordenador personal; y
- una unidad móvil acoplada a un dispositivo háptico como se ilustra en las Figuras 2a y 2b, con un grado de libertad con retorno de esfuerzo o realimentación de fuerza (eje de rotación designado con la referencia numérica 11) para generar un comportamiento dinámico arbitrario.

50 Las características de dicha unidad móvil son las siguientes:

- precisión posicional: 0,1 mm al nivel de extremidades de dedos sobre el dispositivo háptico;
- 55 - torsión nominal: 4 Nm;
- torsión máxima: 20 Nm;
- velocidad de rotación máxima: 300 grados/segundo;
- 60 - rango de movimiento: de +45° a -45°.

65

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo médico para la monitorización del comportamiento de los músculos de las extremidades de un paciente, correspondiendo dicha extremidad a un miembro inferior, a un brazo o al cuello, comprendiendo dicho dispositivo médico:

10 - una unidad móvil (1) adaptada para recibir una primera parte de una extremidad correspondiente a una segunda parte de una extremidad, presentando dicha unidad móvil (1) por lo menos un grado de libertad según el cual la unidad móvil (1) puede moverse;

15 - un dispositivo háptico (6) adaptado para recibir una segunda parte de la extremidad correspondiente a la segunda parte de la extremidad respectivamente, y para medir en forma de una señal analógica la respuesta mecánica de dicha segunda parte a un movimiento de la unidad móvil (1);

20 - un juego de electrodos electromiográficos (4) capaz de medir en forma de una señal analógica las actividades eléctricas en el músculo o los músculos de la extremidad (el miembro inferior, el brazo o el cuello, respectivamente);

25 - una unidad de adquisición (9) de señales analógicas capaz de adquirir las señales analógicas procedentes de los electrodos electromiográficos y del dispositivo háptico (6) y convertir dichas señales analógicas en señales digitales;

- un controlador (8) capaz de procesar dichas señales digitales y controlar la unidad móvil (1).

2. Dispositivo médico según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo móvil es impulsado por un motor (7) bajo el control del controlador (8).

3. Dispositivo médico según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque los electrodos electromiográficos son unos electrodos de aguja y/o unos electrodos superficiales.

4. Dispositivo médico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende cuatro electrodos electromiográficos de aguja y dos electrodos electromiográficos de actividad superficial.

35 5. Dispositivo médico según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque los electrodos electromiográficos son unos microelectrodos.

40 6. Dispositivo médico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la unidad móvil (1) presenta por lo menos un eje de rotación (11) alrededor del cual la unidad móvil (1) puede girar con respecto al dispositivo háptico (6) con un ángulo de rotación (α) comprendido entre aproximadamente $+45^\circ$ y aproximadamente -45° y a una velocidad de rotación máxima definida.

45 7. Dispositivo médico según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la velocidad de rotación máxima de la unidad móvil (1) es de aproximadamente 300°/segundo.

8. Dispositivo médico según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado** porque la unidad móvil (1) presenta una precisión posicional de aproximadamente 0,1 mm.

50 9. Dispositivo médico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende además un sistema amplificador para amplificar las señales analógicas medidas por los electrodos (4).

55 10. Dispositivo médico según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el controlador mantiene en dirección y en intensidad la fuerza motriz del motor (7) y con ello en dirección y en intensidad el movimiento de la unidad móvil (1).

60

65

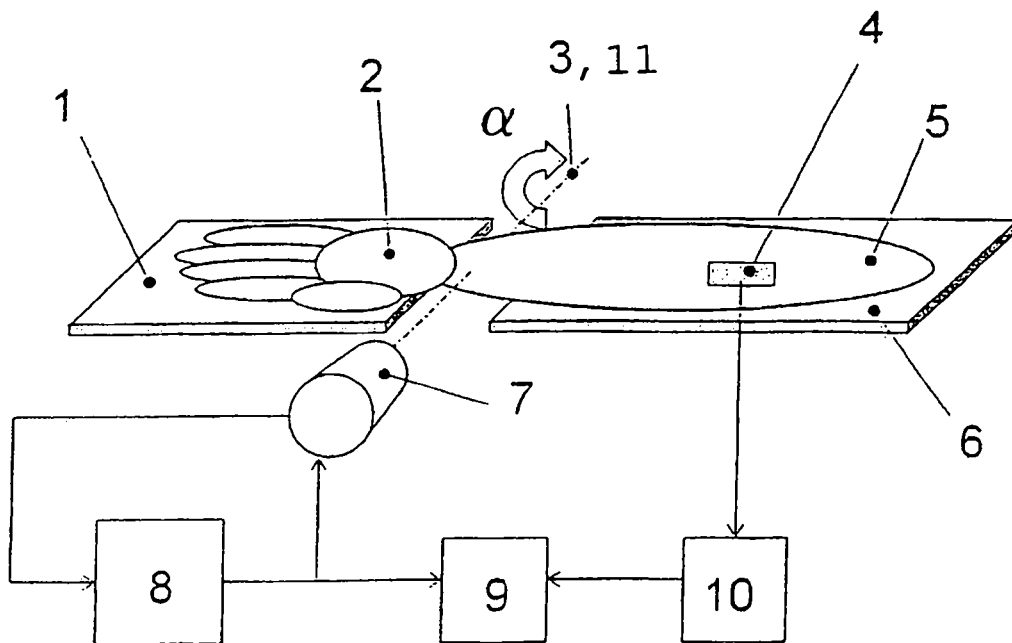


Fig. 1

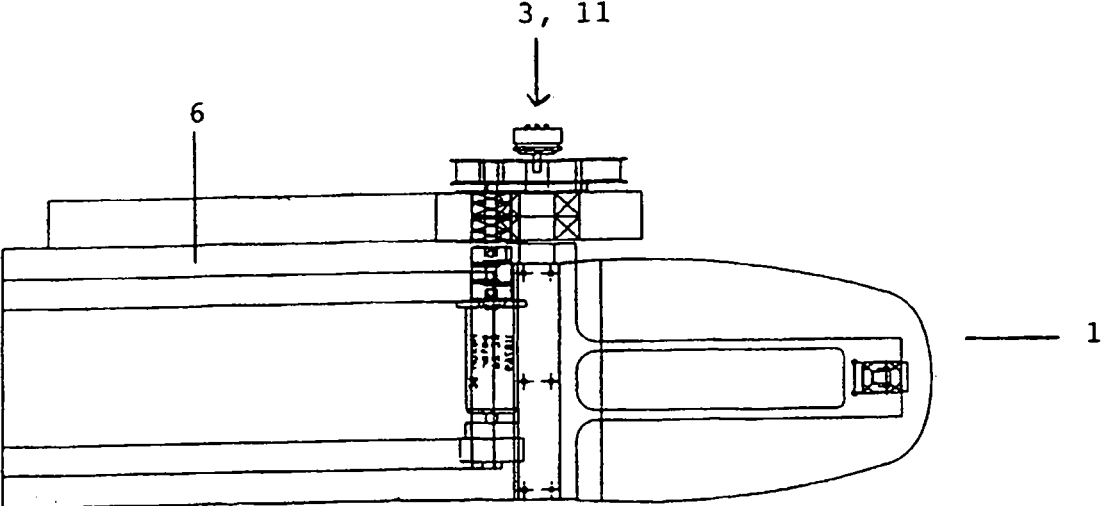


Fig. 2a

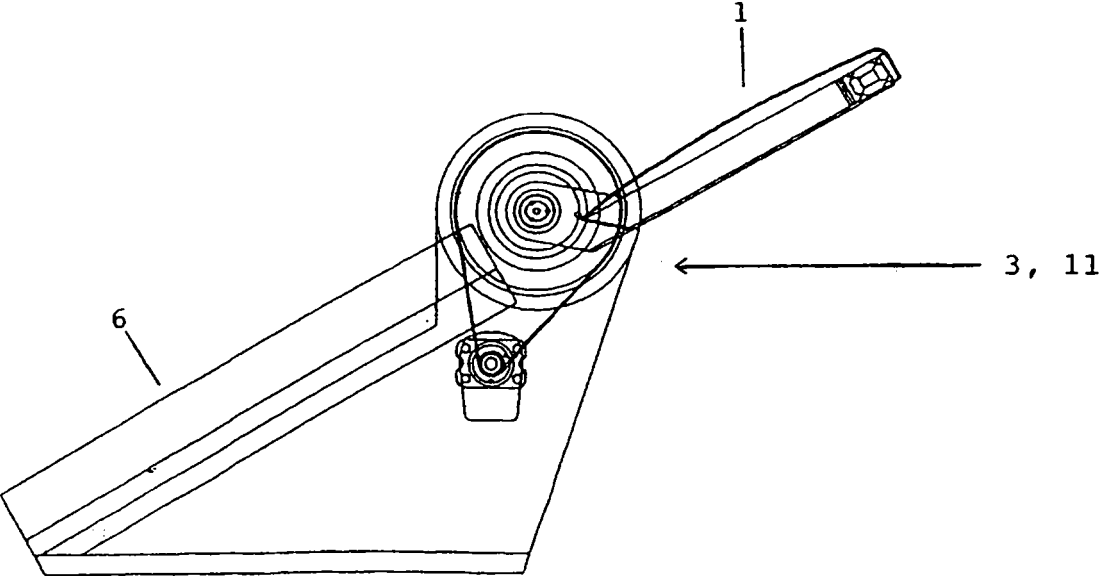


Fig. 2b