



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 495**

51 Int. Cl.:  
**A61N 1/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99121611 .0**

86 Fecha de presentación : **29.10.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1095670**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2001**

54

Título: **Estimulador eléctrico neuromuscular con medición de las respuestas musculares a los impulsos eléctricos de estimulación.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.11.2008**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.11.2008**

73

Titular/es: **COMPEX MEDICAL S.A.**  
**Zone Industrielle "Larges Pièces A"**  
**Chemin du Dévent**  
**1024 Ecublens, CH**

72

Inventor/es: **Rigaux, Pierre;**  
**Buhlmann, Félix y**  
**Müller, Pierre-Yves**

74

Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 306 495 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

Estimulador eléctrico neuromuscular con medición de las respuestas musculares a los impulsos eléctricos de estimulación.

5 La presente invención se refiere a un estimulador eléctrico neuromuscular con medición de las reacciones musculares generadas por unos impulsos eléctricos. El estimulador comprende un generador de impulsos eléctricos dispuesto en una caja, por lo menos un par de electrodos de estimulación destinados a ser colocados sobre la piel de un usuario a nivel de los puntos motores de los músculos a estimular, estando cada electrodo conectado a un extremo de un cable eléctrico cuyo otro extremo está conectado a la caja para recibir los impulsos eléctricos del generador, por lo menos un captador sensible a unas reacciones musculares provocadas por los impulsos eléctricos de estimulación y dispuesto para transmitir unas señales eléctricas de medición representativas de dichas reacciones musculares a unos medios electrónicos en la caja del estimulador.

15 La invención se refiere también a un cable eléctrico para un estimulador eléctrico neuromuscular.

El captador proporciona unas informaciones sobre las reacciones musculares útiles en particular para conocer el estado de fatiga de los músculos estimulados eléctricamente. Las mediciones obtenidas del captador permiten adaptar los parámetros de los impulsos eléctricos de estimulación ya sea manualmente con la ayuda de la visión sobre una pantalla de las forma de las señales recibidas por el captador, o automáticamente por adaptación de los parámetros eléctricos de estimulación en función de la fatiga muscular. La adaptación de los parámetros consiste en corregir o bien la frecuencia de los impulsos, o bien la amplitud o la duración de los impulsos de tensión o de corriente, o bien las duraciones de contracción y de relajación del músculo, o bien el número de ciclos de contracción/relajación, o bien una asociación cualquiera de los parámetros anteriores.

25 La estimulación eléctrica o electroestimulación tiene por objeto mandar un trabajo a los músculos por medio de impulsos eléctricos de tensión o de corriente en función de parámetros programados. Cada impulso de corriente o de tensión proporciona una excitación a nivel de las fibras nerviosas que mandan las fibras musculares a través de la placa motriz. Esta excitación da lugar a una respuesta mecánica elemental del músculo llamada sacudida de una duración del orden de 0,1 s.

30 El impulso de tensión o de corriente es repetido en el tiempo según una frecuencia ajustable. Si esta frecuencia es baja, por ejemplo de 10 Hz la potencia de trabajo de los músculos es ligera, mientras que para una frecuencia elevada, por ejemplo 100 Hz, la potencia de trabajo de las fibras musculares estimuladas es muy elevada. Esta potencia muy elevada corresponde a una potente contracción tetánica. Las sacudidas de las fibras musculares no pueden ya a esta frecuencia elevada ser separadas después de cada impulso lo que hace que se produzca una suma temporal de sacudidas que conduce a una contracción tetánica.

35 Si los músculos estimulados son estimulados a frecuencia elevada, tendrán tendencia a fatigarse. En este caso, la sesión de entrenamiento consiste en imponer una alternancia de periodos de contracción y de periodos de reposo. La fase de reposo permite a las fibras relajarse y recuperarse antes de la próxima fase de contracción.

40 En el campo médico, los estimuladores electricos son utilizados para la ayuda de personas discapacitadas o accidentadas de forma que palien las deficiencias de actividad muscular o para permitirles una rehabilitación de su musculatura magullada. Unos impulsos eléctricos de corriente o tensión son transmitidos a dichos músculos a través de los electrodos colocados sobre la piel o subcutáneos a fin de hacerlos trabajar pasivamente. Unas medidas de la reacción muscular causada por la excitación evocada eléctricamente permiten adaptar a veces los impulsos eléctricos a transmitir a los electrodos en función del nivel de la amplitud eléctrica o mecánica medida sobre los músculos inervados sin en cambio fatigar exageradamente los músculos estimulados. Esta adaptación de parámetros eléctricos del estimulador sirve en particular para las personas discapacitadas, incluso accidentadas, para evitar que estén en la obligación de requerir continuamente una ayuda externa cuando deben mover el uno o el otro de sus miembros deficientes.

45 Un estimulador de este tipo está representado en el documento US n° 5.070.873 en el cual se describe un bucle de regulación de los impulsos eléctricos a proporcionar a los músculos para darles una motricidad suficiente. En una primera fase, unos captadores electromiográficos detectan la actividad muscular voluntaria que en el caso de la persona discapacitada es deficiente. La medición de tensión obtenida por los captadores representa el estado débil de contracción de los músculos activados lo que conduce a adaptar los impulsos eléctricos del generador de impulsos para enviar hacia los nervios motores de los músculos unos impulsos de tensión adaptados a la reacción esperada, en particular para permitir un automatismo en el desarrollo de los movimientos deseados por el discapacitado.

50 Los captadores electromiográficos pueden estar separados de los electrodos de estimulación, pero también combinados con ellos. En este último caso, es necesario un tercer electrodo. Si se utiliza la misma superficie activa del electrodo como electrodo de estimulación y como captador, esto implica administrar de forma no evidente las señales que provienen del captador a consecuencia de los impulsos eléctricos enviados al electrodo.

55 La combinación del adaptador con el electrodo necesita enviar unos impulsos rectangulares de tensión bifásicos para efectuar unas mediciones por el captador. Debe observarse que, en ese caso, para unos impulsos de tensión, la

## ES 2 306 495 T3

corriente de estimulación proporcionada depende de la impedancia del electrodo y de la piel. Esta impedancia no es la misma de una persona a la otra, o puede variar rápidamente en el curso del tiempo en una misma persona, lo que conduce a unas reacciones del músculo diferentes para unos impulsos de tensión idénticos enviados a los electrodos.

5 El empleo de un generador de impulsos de corriente permite liberarse de los inconvenientes de un generador de impulsos de tensión, puesto que el impulso es mantenido constante cualquiera que sea la impedancia de la piel y del electrodo, y permitir así mantener el mismo número de fibras reunidas para la estimulación.

10 Un inconveniente de esta combinación de las superficies activas del captador y del electrodo reside en el hecho de que después de la secuencia de impulsos de tensión bifásicos enviados, subsiste una tensión residual que puede valer una decena de voltios, mientras que la tensión de medición extraída de los músculos por el captador es del orden de algunos milivoltios. Es por tanto necesario atenuar esta tensión residual para poder realizar una medición precisa en particular del estado de fatiga de los músculos estimulados. Es por lo que, unos captadores separados de los electrodos proporcionan mejores resultados que los combinados como se ha descrito anteriormente.

15 En el documento FR 2 425 865, se describe también un estimulador eléctrico de músculos de mando bioeléctrico. Un generador de frecuencia portadora proporciona una señal eléctrica a los músculos a estimular que es adaptada en función de la actividad bioeléctrica de los músculos inervados. Con esta regulación de los impulsos eléctricos en función de la reacción medida de los músculos, este estimulador ofrece una amplia paleta de utilizaciones,. Permite  
20 en particular crear un cierto automatismo motor de movimientos por ejemplo cuando tiene lugar un entrenamiento deportivo o para la ayuda a unas personas discapacitadas.

Los captadores de medición del tipo electromiográfico y pueden ser también combinados con los electrodos de estimulación, pero en este caso, como los impulsos de tensión enviados a los músculos son principalmente unas  
25 tensiones de orden sinusoidal, esto no plantea demasiado problema de extraer las señales EMG que provienen de los mismos electrodos de estimulación con la ayuda de filtros, lo que no es el caso con unos impulsos rectangulares de tensión.

Los medios de medición de la contracción muscular para proporcionar una información sobre el estado de reacción  
30 de los músculos estimulados pueden ser ejecutados de múltiples formas. La medición puede ser o bien eléctrica con la ayuda de captadores electromiográficos, o bien mecánica seguida de una conversión eléctrica con la ayuda por ejemplo de captadores acústicos (micrófonos). Dicha disposición está representada en el documento US nº 4.805.636 donde se trata de medir las vibraciones de los músculos que se contraen.

35 En este documento, dos micrófonos son colocados en unos puntos diferentes donde los músculos inervados responden mecánicamente por una sacudida al impulso de tensión producido por un generador de impulsos eléctricos. Un circuito de retorno toma en cuenta las señales de tensión dadas por los dos micrófonos a fin de adaptar la sacudida o los impulsos eléctricos que el generador produce con destino a los músculos.

40 Unas galgas de extensométricas como otro tipo de captador mecánico de conversión eléctrica pueden ser utilizadas como se describe en el documento US nº 5.507.788. Las galgas extensométricas sirven para medir un par desarrollado por los músculos a estimular. Las mismas están dispuestas distantes de los electrodos de estimulación. Las señales así obtenidas de las galgas son tratadas por una circuitería en el estimulador a fin de adaptar los parámetros de estimulación del generador de impulsos en función en particular de la fatiga muscular.

45 La utilización de galgas extensométricas solo puede aplicarse en el caso en que es posible poder medir un para de fuerza. Un captador de este tipo no es, por el contrario, apropiado si se trata de hacer unas mediciones para unos músculos dorsales o pectorales por ejemplo, que no provocan movimiento de un segmento.

50 En el documento US nº 5.131.401, se describe también un estimulador eléctrico neuromuscular.

El objetivo que se propone resolver la invención consiste en utilizar una estructura que combina un electrodo de estimulación con un captador de medición de las reacciones musculares paliando los inconvenientes de los estimuladores  
55 anteriormente descritos.

Otro objetivo de la invención consiste en permitir a un usuario en pausar sólo en colocar los electrodos sobre los músculos como para un estimulador eléctrico estándar proporcionándole al mismo tiempo además por los captadores combinados con los electrodos respectivos unas mediciones sobre las reacciones musculares en los puntos estimu-  
60 lados.

Los objetivos de la invención son alcanzados gracias al estimulador como se ha indicado anteriormente que se caracteriza porque el captador está ligado mecánicamente a uno de los electrodos estando colocado en la estructura de este o en el extremo de uno de los cables del lado electrodo, estando colocado en un conector que conecta el cable con el electrodo.

65 Los objetivos de la invención son también alcanzados gracias al cable eléctrico para un estimulador que se caracteriza porque un extremo del cable del lado electrodo tiene un conector para ser conectado a la estructura de un electrodo de estimulación por unos medios de fijación amovible que sirven también de contacto eléctrico para la o las

## ES 2 306 495 T3

superficies activas del electrodo, y porque el conector comprende por lo menos un parte de un captador de medición de las reacciones musculares.

Una ventaja del estimulador con la combinación electrodo y captador de medición consiste en facilitar la colocación de dichos elementos por ejemplo para el entrenamiento pasivo de un deportista con la ayuda de dicho estimulador o para cualesquiera otras aplicaciones. El deportista sabe donde colocar los electrodos sobre los puntos motores de los músculos que desea entrenar. Al inicio de la utilización de dicho estimulador, ha debido aprender a situar los puntos motores para los músculos a entrenar. Por hábito, sabe fácilmente colocarlos en los puntos deseados y así iniciar su sesión de entrenamiento.

La adición suplementaria de un captador con el electrodo que posiciona no le planteará ningún problema suplementario. Además de la estimulación, podrá darse cuenta de la fatiga de los músculos estimulados por ejemplo sobre una pantalla del estimulador.

Asimismo, si el estimulador comprende unos medios de recepción de señales del captador capaz de actuar sobre el generador de impulsos, los impulsos eléctricos de tensión o de corriente enviados a los electrodos de estimulación son automáticamente adaptados en función de la fatiga muscular evitando por ello la ocasión de cualquier manipulación subsiguiente del usuario. Las señales de medición emitidas por el captador a los medios de recepción del estimulador pasan o bien por un hilo conductor aislado en la vaina el cable eléctrico distinto del hilo conductor del electrodo, o bien con la ayuda de medios de emisión de señales sin hilo de conexión.

Una ventaja de utilizar un captador del tipo electromiográfico o de conversión mecánica-eléctrica del tipo acelerómetro o acústico reside en su utilización en cualquier músculo del cuerpo. Unos músculos dorsales son uno de los ejemplos de músculos en los cuales la medición de la reacción no es posible con la ayuda de un captador de galga extensométrica o más generalmente con la ayuda de un captador de par o de fuerza.

Otra ventaja de la utilización de un captador electromiográfico con un electrodo consiste en tener dos superficies activas, una para el captador y la otra para el electrodo. De esta manera, se miden las respuestas musculares minimizando las perturbaciones que provienen de la superficie activa del electrodo de estimulación.

Otra ventaja del estimulador según la invención consiste en minimizar el número de electrodos combinados con unos captadores de medición necesarios para por una parte estimular los músculos y por otra parte medir las reacciones musculares. Un par de electrodos combinados con por lo menos un captador es suficiente para estimular los músculos en los puntos deseados y dar las informaciones sobre las reacciones de los músculos estimulados. Los hilos conductores que conectan el captador y el electrodo respectivo están agrupados en un solo cable eléctrico. Los costes de fabricación están por tanto reducidos al mínimo.

Los objetivos, ventajas y características del estimulador aparecerán mejor, de forma no limitativa, en la descripción siguiente gracias a diferentes formas de realización ilustradas por los dibujos, en los que:

Las figuras 1a y 1b representan el estimulador antes y después de la conexión de los cables eléctricos sobre los electrodos colocados sobre la piel de un usuario,

la figura 2 representa una sección parcial de una primera forma de realización de un conector de cable eléctrico con un captador de medición integrado fijado sobre un electrodo de estimulación, y

las figuras 3a y 3b representan una sección parcial vertical y una vista por debajo de una segunda forma de realización de una disposición de un captador electromiográfico y de un electrodo,

la figura 4 representa una sección parcial de una tercera forma de realización de un conector de cable eléctrico con un captador de medición integrado fijado sobre un electrodo de estimulación,

la figura 5 representa unos diagramas de señales eléctricas enviadas a los electrodos y de la respuesta muscular.

El estimulador descrito a continuación se refiere preferentemente a un estimulador utilizado en el campo deportivo y de la reeducación donde la estimulación de los músculos sirve para entrenarlos pasivamente. Unos impulsos rectangulares de corriente son proporcionados a los electrodos 7 colocados sobre la piel a nivel de los puntos motores de los músculos a estimular. En respuesta a este estímulo, los músculos se contraen generando una sacudida mecánica. Como se ha descrito anteriormente, resulta que unos impulsos de corriente son preferidos a unos impulsos de tensión, puesto que no es dependiente de la impedancia variable del electrodo y de la piel de la persona que utiliza el estimulador.

Los impulsos de corriente se encadenan en el tiempo a una frecuencia dada. Según la frecuencia de repetición de los impulsos, los músculos no tienen tiempo de descontraerse antes del próximo impulso lo que aumente la potencia de trabajo de los músculos, pero en contrapartida, se fatigan. Es por tanto interesante conocer la fatiga de los músculos estimulados para estar informado del estado de los músculos entrenados y también para poder sacar provecho de esta medición a fin de adaptar de forma automática los parámetros de estimulación.

## ES 2 306 495 T3

En las figuras 1a y 1b, el estimulador está representado por una caja 1 que contiene en particular el generador de impulsos de corriente y los medios de recepción de señales que provienen del captador. En dicha caja 1, unos botones 2 de selección de programas sirven para elegir el modo de entrenamiento deseado en función del deporte practicado habitualmente o el programa de estimulación en función del estado patológico (amiotrofia, hipotonia, ...) del músculo a reeducar. El estimulador comprende también una pantalla de visualización 3 para representar en particular los programas elegidos, los impulsos de estimulación, la respuesta de las mediciones de reacción muscular, o también unas estadísticas de las sesiones de entrenamiento. La pantalla 3 está constituida por ejemplo por una visualización de cristales líquidos.

Un extremo 4 de un par de cables eléctricos 5 está conectado de forma amovible sobre una de las tomas de entrada y de salida de señales de la caja 1 del estimulador. Otras tomas para la conexión del cable son accesibles para conectar varios pares de cables eléctricos 5. Después de la conexión a la toma correspondiente, los dos cables son reunidos de manera que no se retuerzan en particular cuando tiene lugar el guardado. Están por el contrario separados en la segunda mitad de la longitud de los cables para poder fijar su conector 6 a los electrodos 7 separados. Los conectores tienen unos medios complementarios de fijación de forma amovible a unos tetones 8 de la estructura de electrodo 7.

En la estructura del electrodo 7 o en el conector 6 están alojados unos captadores de medición de las reacciones de los músculos, no visibles en las figuras 1a y 1b. Los captadores están alojados o bien en uno de los electrodos o en uno de los conectores o en los dos. La medición de las reacciones musculares se realiza normalmente en el punto donde el impulso de corriente llega sobre el electrodo, puesto que el otro electrodo sólo sirve de retorno de corriente.

Una pila alojada en la caja proporciona la alimentación del estimulador, pero también es concebible que el estimulador reciba una alimentación de tensión externa por una conexión sobre la red de 220V ó 110V a través de un transformador.

En la figura 1a, los dos conectores 6 están representados en una posición alejada de los electrodos 7, puesto que en un primer tiempo, el usuario coloca, en general a nivel de los puntos motores, los electrodos flexibles 7 autoadhesivos con su superficie activa en contacto con la piel. En una forma de realización, el autoadhesivo rodea por ejemplo la superficie activa que ocupa más de la mitad de la superficie de la estructura del electrodo.

Una vez colocados los electrodos sobre la piel, los conectores 6 son fijados a los electrodos 7, como se puede ver en la figura 1b. En este modo de realización, los conectores 6 están montados libres en rotación sobre los tetones 8.

Las figura 2 muestra un primer modo de realización del conjunto captador con el electrodo de estimulación. El captador 11 está insertado en la masa 18 del conector 6 en el caso en que se obtiene por moldeo de un material plástico. En el conector, justo por encima de los medios complementarios de fijación 10 al tetón 8 del electrodo, se encuentra un acelerómetro que constituye el captador 11 y dispuesto sobre un circuito impreso 13 que comprende todos los componentes 12 para la amplificación y el tratamiento de las señales del acelerómetro. La aceleración obtenida por la vibración de los músculos estimulados es del orden de algunos g.

El lugar y posición del acelerómetro 11, un captador acústico, tal como un micrófono, puede estar montado sobre el circuito impreso para practicar unas mediciones de reacciones musculares.

Por lo menos dos hilos conductores aislados, preferentemente tres hilos 14 están fijados sobre unas zonas metálicas del circuito impreso para aportar, por una parte, la alimentación eléctrica que proviene de la caja del estimulador a los componentes del circuito impreso, y por otra parte, enviar con destino a la caja del estimulador la señales de medición de las vibraciones musculares. Otro hilo conductor 15 aislado está fijado a los medios metálicos 10 para llevar los impulsos de corriente al electrodo. Todos los hilos conductores aislados 14 y 15 están encerrados en una vaina de un cable eléctrico 5.

La estructura de electrodo está compuesta por un plano de base 17 de material flexible aislante, tal como un tejido o un elastómero, que puede encajar con la forma sobre la cual está colocada, por ejemplo el brazo de un usuario. Debajo de la estructura 17, una película conductora está fijada, por ejemplo por pegado o por depósito de partículas conductoras, sobre una gran parte de la superficie de la estructura 17. Esta película conductora constituye la superficie activa 9 del electrodo por la cual los impulsos de corriente excitan los nervios motores de los músculos a estimular. La película metálica 9 está conectada a través de un orificio 16 conductor, en particular metalizado, practicado en la estructura 17 al tetón 8 metálico.

El contorno de la superficie activa del electrodo 9 está recubierto de un material autoadhesivo o recubierta por una película autoadhesiva para poder mantener el electrodo 7 sobre la piel de un usuario. Estos electrodos son en principio unos electrodos desechables que pueden servir para una sesión de entrenamiento o para varias sesiones.

En una variante de realización, la fijación del conector a la estructura del electrodo por un botón de presión puede ser invertida colocando los medios complementarios 10 sobre el plano de base 17 y el tetón 8 sobre el conector 6.

En las figuras 3a y 3b, está representado un segundo modo de realización del conjunto captador-electrodo. El captador utilizado en este modo de realización es el tipo electromiográfico.

## ES 2 306 495 T3

Como en la primera forma de realización discutida anteriormente, el conector 6 obtenido por moldeo de plástico 18 puede comprender en su interior todos los componentes electrónicos para el tratamiento de las señales que vienen del captador EMG, pero en esta variante de la figura 3a, todos los componentes electrónicos están integrados en la caja del estimulador.

El conector 6 comprende dos bornes metálicos 10 y 20 conectados, por ejemplo por soldadura, cada uno al extremo de un hilo conductor aislado respectivo 14 y 15, o inversamente. Los bornes, así como una longitud de los hilos conductores y el extremo de un manguito flexible 19 del cable eléctrico 5, están moldeados en el material plástico 18 del conector.

El cable eléctrico 5 contiene, en este caso, únicamente dos hilos conductores aislados 14 y 15 en su vaina aislante.

La estructura del electrodo comprende, bajo el plano de base 17, una primera superficie conductora activa 9 del electrodo de estimulación y una segunda superficie conductora activa 11 sin contacto con la primera superficie activa que constituye el captador EMG. La segunda superficie activa está colocada al lado de la primera superficie activa. Como se ha representado en la figura 3b, la primera superficie activa 9 está realizada por ejemplo con una dimensión superior a la segunda superficie activa 11. Alrededor de las superficies activas, el plano de base está recubierto o untado con un material o una película autoadhesiva para el mantenimiento sobre la piel del usuario sin ayuda de otros medios.

En la figura 3b, la forma de las superficies activas es aproximadamente rectangular, pero otras realizaciones son desde luego concebibles, por ejemplo tener la primera superficie activa 9 en forma circular colocada en el centro de la estructura del electrodo y la segunda superficie activa en forma de aro dispuesta coaxialmente con la primera superficie.

Cada superficie activa 9 y 11 está conectada, a través de orificios 16 conductores, en particular metalizados, a un tetón metálico correspondiente 8 y 21 que se encuentra al otro lado del plano de base. Estando estos tetones 8 y 21 achaflanados en su parte superior son insertados con una cierta resistencia mecánica en los bornes metálicos 10 y 20 del conector para ser mantenidos allí en la utilización. La inserción a forzamiento en los bornes metálicos con la ayuda de los chaflanes para el guiado asegura un buen contacto eléctrico para la transmisión de los impulsos de corriente al electrodo y la medición eléctrica de las reacciones musculares. Desde luego una disposición como la vista en la figura 2 puede también aplicarse en esta segunda forma de realización.

Varias superficies activas 9 y 11, ya sea para la estimulación eléctrica o la medición, pueden ser colocadas bajo el plano de base 17. Las superficies activas de estimulación o de medición están o bien todas conectadas eléctricamente en superficie del plano de base 17 a través de los orificios metalizados 16, o bien conectadas cada una a un tetón correspondiente. En este último caso, se debe disponer de un conector multipolar.

Los dos tetones 8 y 21, así como los dos bornes metálicos 10 y 20 pueden estar ideados más próximos uno del otro, pero este implica realizar unos conductores metálicos sobre el plano de base 17 del lado del conector que conecta los orificios metalizados 16 con cada uno de los tetones 8 y 21.

Es también concebible prever los tetones 8 y 21 sobre el conector 6 y los bornes metálicos 10 y 20 sobre el plano de base 17.

Como anteriormente, los electrodos tienen una estructura flexible para encajar con la superficie de la piel donde es colocada, pero nada impide idearlos de forma rígida.

La figura 4 muestra una tercera forma de realización con un captador 11 idéntico al representado en la figura 2. Los elementos equivalentes a los de la figura 2 llevan los mismos signos de referencia, y no serán ya todos explicados.

En esta tercera forma de realización, el cable 5 sólo comprende en una vaina aislante un hilo conductor 15 para llevar los impulsos eléctricos al electrodo. Las señales de medición del captador 11, tratadas o no en el conector 6, son, por el contrario, enviadas por unos medios de emisión de señales 22 de medición sin hilo con la ayuda de ondas electromagnéticas 23 u otras con destino a los medios electrónicos de recepción en la caja del estimulador. Estos medios de emisión están dispuestos sobre el circuito impreso 13 para recibir las señales de medición del captador 11. Las ondas 23 captadas por los medios de recepción de la caja son transformadas en señales eléctricas que representan los valores de las mediciones del captador 11 para ser visualizadas sobre una pantalla y/o para adaptar los parámetros de estimulación.

Una fuente de alimentación para todos los componentes electrónicos 11, 12 y 22 está prevista en el conector 6 en forma de una pila eléctrica 27. Los polos positivos y negativos de la pila 27 están en contacto en un alojamiento de pila con una pared metálica 24 para uno de los polos y con un fondo metálico 25 para el otro polo. El mantenimiento de la pila en su alojamiento está asegurado por un tapón 26 que empuja la pila 27 contra sus contactos 24 y 25. Este tapón 26 está o bien roscado, o bien insertado a forzamiento, o bien soldado.

El tapón 26 podría ser olvidado, si la pila en su alojamiento estuviera insertada en la masa del conector 6, en el caso en que no se juzgara necesario cambiarla cuando estuviera gastada.

## ES 2 306 495 T3

El conector está montado de forma amovible sobre las estructuras de electrodo ya sea en la primera o la segunda o la tercera formas de realización para permitir al usuario en primer lugar colocar los electrodos en los puntos elegidos sin ser molestado por los cables eléctricos. El conector habría también podido ser solidario de la estructura del electrodo.

5 Los medios de fijación del conector en el electrodo respectivo puede tomar diversas otras formas que las mencionadas anteriormente. Se pueden imaginar unos medios de fijación con la ayuda de un imán alojado o bien el conector, o bien sobre la estructura del electrodo, y de una parte metálica dispuesta o bien sobre la estructura del electrodo, o bien sobre el conector. Esta disposición de fijación debe garantizar el contacto entre unas zonas metálicas entre los dos elementos para la provisión de los impulsos eléctricos o también para la medición del captador.

10 La figura 5 muestra a título indicativo tres diagramas de las señales que llegan a los electrodos de estimulación y las extraídas de la medición de las reacciones o respuestas musculares ya sea por un acelerómetro (VMG) o un captador electromiográfico (EMG).

15 Se impone en primer lugar un impulso de corriente al electrodo de estimulación. Este impulso puede ser monofásico, pero es preferentemente bifásico como se ha representado en la figura 5.

20 La amplitud máxima de la corriente IA se escalona de 0 a 120 mA. Cuando más elevada es esta amplitud más elevado es el número de fibras musculares reunidas. Esto corresponde por tanto a una reunión espacial de las fibras que ejecutan el trabajo requerido por el programa seleccionado.

25 El segundo diagrama de la figura 5 muestra la forma esquemática de la tensión electrodo piel. Esta tensión pasa por un valor máximo Vmax en los alrededores de 100V y mínimo de -10V. Después de que el impulso de corriente haya vuelto a 0, subsiste una tensión residual Vres de algunos voltios en los electrodos, es por lo que es difícil emplear la misma superficie activa para medir con la ayuda de un captador EMG las variaciones de tensión de reacción de los músculos estimulados, puesto que la tensión medida por el captador Vmes es del orden de algunos milivoltios.

30 Las variaciones de tensión debidas a las vibraciones musculares y medidas por el acelerómetro (algunas g) y el captador EMG para unos impulsos de corriente de baja frecuencia están representadas en el tercer diagrama.

A más alta frecuencia de los impulsos, cuando el músculo está contraído, el acelerómetro proporciona una señal solamente cuando tienen lugar unas fases iniciales y finales de la contracción. Por el contrario, el captador EMG da una señal incluso durante la fase de contracción del músculo.

35 Así, para obtener unas mediciones por medio de un acelerómetro, se puede medir la señal de aceleración producida o bien por una o varias sacudidas musculares entre los periodos de contracciones musculares, o bien por la fase inicial o final de la contracción muscular.

40 Para un programa de fuerza, la frecuencia de los impulsos es elevada, mientras que para un programa de resistencia esta frecuencia es baja. Es preciso saber que para las figuras musculares lentas, la frecuencia es de 30 Hz mientras que para fibras musculares rápidas, la misma es de 60 Hz.

45 En la descripción que acaba de realizarse, otras variantes de realización de un estimulador con combinación de un electrodo con un captador de medición pueden ser imaginadas al alcance del experto en la materia sin salir del marco de la invención.

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Estimulador eléctrico neuromuscular con medición de las reacciones musculares generadas por unos impulsos eléctricos, que comprende un generador de impulsos eléctricos dispuesto en una caja del estimulador (1), por lo menos un par de electrodos de estimulación (7) destinados a ser colocados sobre la piel de un usuario a nivel de los puntos motores de los músculos a estimular, estando cada electrodo (7) conectado a un extremo de un cable eléctrico (5) cuyo otro extremo (4) está conectado a la caja para recibir unos impulsos eléctricos del generador, por lo menos un captador (11) sensible a una reacciones musculares provocadas por los impulsos eléctricos de estimulación y dispuesto para transmitir unas señales eléctricas de medición representativas de dichas reacciones musculares a unos medios electrónicos en la caja del estimulador y por lo menos un hilo conductor (15) para cable eléctrico (5) que conecta el electrodo (7) respectivo independientemente del captador (11), **caracterizado** porque el captador (11) está conectado mecánicamente a uno de los electrodos (7) estando colocado en la estructura de éste o en el extremo de uno de los cables (5) del lado electrodo estando dispuesto en un conector (6) que conecta el cable con el electrodo.
- 15 2. Estimulador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada extremo de los cables eléctricos del lado electrodo está fijado solidariamente a la estructura del electrodo (17) respectivo por el conector.
- 20 3. Estimulador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada extremo de cable del lado electrodo tiene un conector (6) conectado con la estructura del electrodo (17) respectivo por los medios de fijación amovible.
- 25 4. Estimulador según la reivindicación 3, **caracterizado** porque los medios de fijación amovible son del tipo de botón de presión (8, 10) que sirven también de contacto eléctrico entre el conector y por lo menos una superficie activa conductora (9) del electrodo respectivo.
- 30 5. Estimulador según la reivindicación 3, **caracterizado** porque los medios de fijación amovible, que sirven también de contacto eléctrico entre el conector (6) y por lo menos dos superficies activas el electrodo (7), comprenden por lo menos dos tetones conductores (8, 21) insertados con una cierta resistencia mecánica en dos bornes conductores (10, 20), formando parte los tetones (8, 21) de la estructura del electrodo (17) y formado parte los bornes (10, 20) del conector (6), o inversamente.
- 35 6. Estimulador según una de las reivindicaciones 1, 2, 3 y 5, **caracterizado** porque el captador de medición es un captador electromiográfico (11) que tiene por lo menos una superficie conductora dispuesta en contacto eléctrico al lado de por lo menos otra superficie activa conductora (9) del electrodo que recibe los impulsos eléctricos, estando dichas superficies activas colocadas sobre los puntos motores de los músculos a estimular.
- 40 7. Estimulador según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el captador es un acelerómetro (11) o un micrófono integrado en el conector (6) del extremo del cable del lado electrodo o en la estructura de uno de los electrodos (17) respectivos.
- 45 8. Estimulador según una de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado** porque unos medios de tratamiento de las señales (12) recibidos del captador están integrados en el conector (6) o en la estructura del electrodo (7).
- 50 9. Estimulador según una de las reivindicaciones 1, 6, 7 y 8, **caracterizado** porque el captador (11) está en comunicación con los medios electrónicos del estimulador por unos medios de emisión y/o de recepción de señales (22, 23) sin hilo alojados en el conector (6) de cable o en la estructura del electrodo (7), o por lo menos por un hilo conductor (14) del cable distinto del electrodo (7).
- 55 10. Estimulador según la reivindicación 9, **caracterizado** porque una fuente de alimentación eléctrica está alojada en el conector (6) o en la estructura del electrodo (7) para alimentar los componentes electrónicos de medición de las reacciones musculares.
- 60 11. Estimulador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende, sobre la caja (1), una pantalla de visualización (3) capaz de visualizar en particular unos programas de estimulación eléctrica y unas informaciones relativas a las señales eléctricas de medición de las reacciones musculares.
- 65 12. Cable eléctrico para un estimulador según la reivindicación 1, que comprende en una vaina aislante por lo menos un hilo conductor (15) para conectar la o las superficies activas del electrodo (7) de estimulación independientemente de un captador (11), **caracterizado** porque un extremo del cable (5) del lado electrodo tiene un conector (6) para ser conectado a la estructura de un electrodo de estimulación (17) por unos medios de fijación amovible que sirven también de contacto eléctrico para la o las superficies activas del electrodo, y porque el conector (6) comprende por lo menos una parte del captador (11) sensible a unas reacciones musculares.
13. Cable eléctrico según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el conector contiene unos medios de tratamiento de señales (12) suministradas por el captador.
14. Cable eléctrico según la reivindicación 12, **caracterizado** porque los medios de fijación con el electrodo son del tipo de botón de presión (8, 10) o del tipo multiclavijas (8, 10; 20, 21).

## ES 2 306 495 T3

15. Cable eléctrico según una de las reivindicaciones 12 y 13, **caracterizado** porque el conector (6) comprende unos medios de emisión y/o de recepción de señales (22, 23) sin hilo, y una fuente de alimentación eléctrica (27) de los componentes electrónicos (11, 12, 22) de medición de las reacciones musculares.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1a

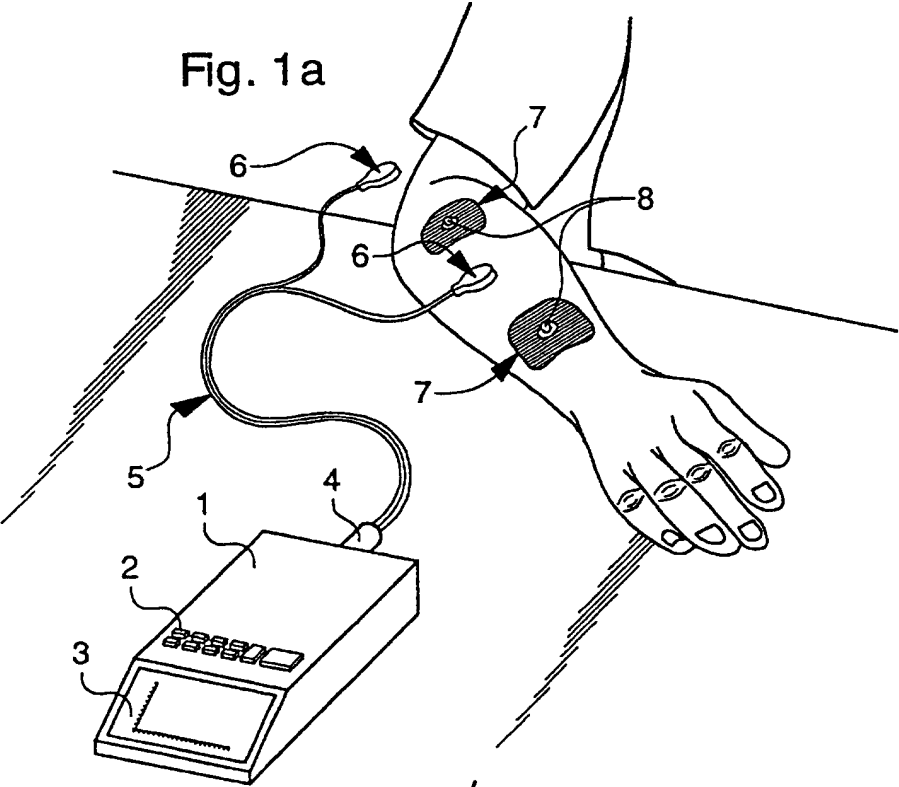


Fig. 1b

