

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 469 341**

21 Número de solicitud: 201231940

51 Int. Cl.:

**A61B 5/0488** (2006.01)

**G06F 17/18** (2006.01)

**G06F 17/15** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**14.12.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**17.06.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA (50.0%)**

**Campus de Arrosadia**

**31006 Pamplona (Navarra) ES y**

**SERVICIO NAVARRO DE SALUD-OSASUNBIDEA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MALANDA TRIGUEROS, Armando;**

**RODRÍGUEZ FALCÉS, Javier;**

**NAVALLAS IRUJO, Javier;**

**GONZÁLEZ IZAL, Mirjam;**

**RODRÍGUEZ CARREÑO, Ignacio y**

**GILA USEROS, Luis**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Método y sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares**

57 Resumen:

Método y sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares.

La invención comprende superponer el tren de potenciales de acción de la unidad motora capturado y recorrerlo mediante una ventana deslizante, donde en cada salto: se calcula un coeficiente de similitud por cada pareja del tren de potenciales, se obtiene un estadístico a partir de los coeficientes calculados para todas las parejas y, si se cumple una condición de finalización, se obtiene una curva de similitud, se determina el instante temporal donde la curva alcanza el valor máximo, el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde la curva atraviesa un primer umbral de inicio y el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde la curva atraviesa un primer umbral de fin y se obtiene la duración del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre  $T_{fin}$  y  $T_{inic}$ .

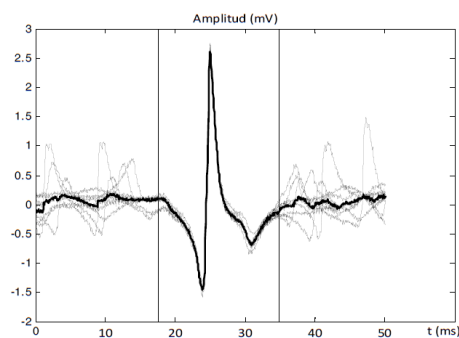


FIG. 1

ES 2 469 341 A1

## DESCRIPCIÓN

Método y sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares.

5

### **Objeto de la invención**

La presente invención tiene aplicación en el sector técnico del procesamiento y tratamiento de datos a partir de señales bioeléctricas, como son las señales electromiográficas, y se refiere a un método y a un sistema para determinar la duración de los potenciales de acción de unidad motora, obteniendo un valor de duración más preciso y optimizando la carga computacional requerida a los medios de procesamiento.

10

Más concretamente, el objeto de la invención es un método y un sistema para determinar la duración de los potenciales de acción de unidad motora (PAUMs) a partir de una señal electromiográfica.

15

Puesto que los PAUMs, procedentes de la actividad eléctrica de las unidades motoras activas cercanas al electrodo de registro, aparecen de forma repetitiva en trenes de PAUMs, es objeto de la presente invención determinar la duración de los PAUMs basándose en todo el conjunto de descargas (potenciales) del tren de PAUMs. Así, el método para la determinación de la duración descrito en la presente invención contempla la semejanza en la forma de cada una de las descargas que forman el tren de PAUMs y, en conjunto, determina el inicio y el fin del potencial.

20

Finalmente, un último objeto de la invención consiste en obtener un método y un sistema de gran interés en clínica para el estudio de patologías neurofisiológicas, que permite la obtención de mejores resultados respecto a procedimientos ya conocidos de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora. Además, la invención ofrece una mayor simplicidad computacional, lo cual permite la implementación de dicha invención en dispositivos sencillos, al no demandar grandes capacidades de procesamiento.

30

35

**Antecedentes de la invención**

Una unidad motora constituye la unidad anatómica y funcional de un músculo y está formada por una motoneurona y las fibras musculares inervadas por ella. En una  
5 contracción muscular voluntaria, las órdenes parten del cerebro y, a través de la médula espinal, se dirigen a las unidades motoras a través de sus respectivas motoneuronas. Estas órdenes se propagan mediante impulsos eléctricos (potenciales de acción) que viajan por las motoneuronas y llegan a las fibras musculares provocando la generación de nuevos potenciales eléctricos en estas fibras, los cuales, en último término, producen  
10 la contracción de las fibras. Al potencial eléctrico procedente del disparo de las fibras de una unidad motora se le conoce como potencial de acción de unidad motora o PAUM.

En una orden de contracción se envía, a través de la motoneurona, no sólo un potencial de acción aislado, sino sucesivas repeticiones del mismo. Consecuentemente, los  
15 PAUMs aparecen en sucesivos disparos o descargas. Al conjunto de estas descargas se le llama tren de PAUMs. Mediante unos medios de captación de señales, preferentemente un electrodo intramuscular conectado a un aparato de registro (electromiógrafo) es posible capturar la actividad eléctrica muscular, esto es, la señal electromiográfica, la cual puede albergar uno o varios trenes de PAUMs. Mediante  
20 técnicas manuales, semiautomáticas o completamente automáticas es posible aislar de la señal EMG varios trenes de PAUMs contenidos en la misma.

Para el posterior estudio del PAUM suele ser común obtener una forma de onda representativa del mismo a partir de la colección de descargas registradas del tren de  
25 PAUMs. Para ello es habitual el uso de técnicas de promediado como la mediana o alguna otra técnica similar.

Una vez obtenida la forma de onda representativa del PAUM, son conocidos varios métodos que tienen por finalidad analizar cuantitativamente esta forma de onda. Este  
30 análisis cuantitativo se basa en la utilización de parámetros descriptivos de dicha forma de onda, los cuales, contienen información sobre la estructura y comportamiento fisiológico de la unidad motora. Entre dichos parámetros descriptivos se encuentra la duración del potencial, parámetro que guarda relación con la densidad de las fibras de la unidad motora y con la dispersión en las velocidades de conducción.

35 A día de hoy se conocen varios métodos de estimación de la duración del PAUM,

algunos de ellos publicados en “*Quantitative analysis of individual motor unit potentials - a proposition for standardized terminology and criteria for measurement*” (J. Clin Neurophysiol, 1986; 3: 313-348; Stalberg E, Andreassen S, Falck B, Lang H, Rosenfalck A, Trojaborg W.).

5

Todos ellos se desarrollan partiendo de la base de que la señal previa al disparo de la unidad motora es de baja amplitud, únicamente debida al ruido ambiente, de esta forma, estos métodos utilizan criterios de amplitud y de pendiente sobre la forma de onda representativa para determinar la duración del PAUM. No obstante, estudios posteriores han comprobado la escasa fiabilidad de dichos métodos ya que su uso deriva en marcaciones poco precisas y en un elevado número de errores de marcación de magnitud elevada. Uno de estos estudios ha sido realizado por los solicitantes de la presente invención, concretamente, “*Motor unit action potential duration. Part I: variability of manual and automatic measurements*” (Journal of Clinical Neurophysiology, Feb. 2007, 24 (1): 52-58).

10  
15

Trabajos más recientes, también realizados por el equipo de investigación del que forman parte los solicitantes de la invención, han permitido el desarrollo de nuevos métodos para determinar la duración del PAUM, los cuales han sido publicados en la literatura especializada: “*Motor unit action potential duration. Part II: a new automatic measurement method based on the wavelet transform*” (Journal of Clinical Neurophysiology, Feb. 2007, 24 (1): 59-69) y “*Application of a novel automatic duration method measurement based on the wavelet transform on pathological motor unit action potentials*” (Clinical Neurophysiology, 121, 1574-1583, 2010). Estos métodos utilizan la transformada wavelet discreta para llevar a cabo la determinación de los cursores de inicio y fin sobre la curva obtenida de la transformada, y no sobre la forma de onda del PAUM que era lo que venía utilizándose en las técnicas anteriores.

20

25

30

35

Adicionalmente, estos estudios proponen un procedimiento de búsqueda de cursores más sofisticado que, entre otros, utiliza criterios de amplitud y de pendiente. No obstante, los estudios realizados, a pesar de mejorar los resultados de sus antecesores, continúan presentando errores de precisión considerables, especialmente en el caso de potenciales de acción cuyo retorno al cero eléctrico se produce gradualmente en el tiempo. Además, estos métodos presentan una elevada complejidad algorítmica derivada del cálculo de transformadas, concretamente de transformadas wavelet, lo cual genera una carga computacional considerable.

Según lo expuesto anteriormente, las invenciones hasta ahora conocidas por el estado de la técnica realizan la función del objeto de invención, pero de una manera poco fiable y poco precisa, especialmente cuando las señales bajo estudio presentan determinados comportamientos, como la presencia de colas largas en los potenciales. Además, dichas invenciones del estado de la técnica implican una elevada carga computacional que origina retrasos en la obtención de los resultados requeridos y dificulta la portabilidad del procesamiento asociado a dispositivos más sencillos y, en consecuencia, más económicos.

10 **Descripción de la invención**

La presente invención se refiere a un método y a un sistema para determinar la duración de los potenciales de acción de unidad motora que supera los inconvenientes existentes en la técnica señalados previamente.

15

En un primer aspecto, la invención se refiere a un método que comprende las etapas:

(i) recibir, de unos medios de captación de señal, un tren de potenciales de acción de la unidad motora;

y, computacionalmente, mediante unos medios de procesamiento:

20

(ii) superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de potenciales capturado;

(iii) recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:

25

(iv) calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;

(v) obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;

30

(vi) comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de ventana y volver a la etapa (iv);

(vii) obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;

35

(viii) determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor máximo de la curva de similitud;

(ix) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;

5 (x) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para determinar el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;

(xi) obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ).

10

En una realización preferente, la determinación de  $T_{inic}$  comprende las etapas de:

(i) a partir de  $T_{inic}$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) prefijado, siendo  $U_{inic2} > U_{inic1}$ , los medios de procesamiento están adicionalmente configurados para:

15

(ii) recorrer la curva de similitud hacia la izquierda hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ );

(iii) asignar a  $T_{inic}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

20

De la misma forma que para  $T_{inic}$ , en una realización preferente, la determinación de  $T_{fin}$  comprende las etapas de:

(i) a partir de  $T_{fin}$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) prefijado, siendo  $U_{fin2} > U_{fin1}$ , los medios de procesamiento están adicionalmente configurados para:

25

(ii) recorrer la curva de similitud hacia la derecha hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ );

(iii) asignar a  $T_{fin}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

30

En una realización preferente, la superposición de forma alineada del tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje horizontal y en el eje vertical comprende:

(i) una alineación en el eje horizontal comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

35

- alineación por máximo de correlación cruzada de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora,
- alineación por coincidencia en el pico máximo de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora,
- 5     • alineación por coincidencia en el pico mínimo de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora,
- alineación por nivel de disparo o trigger de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora,
- alineación por mínimo del promedio de las diferencias de magnitud de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora;
- 10   (ii) una alineación en el eje vertical comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:
  - eliminación de la componente continua de todos los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora;
  - 15     • minimización de las diferencias entre los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora.

En una realización preferente, el cálculo del coeficiente de similitud comprende la selección de una de entre las siguientes técnicas:

- 20     • coeficiente de correlación;
- distancia euclídea normalizada, es decir, la distancia euclídea entre las dos secciones de señal que se van a comparar, dividida por la raíz cuadrada del producto de la desviación estándar de las muestras de cada una de estas dos secciones;
- 25     • distancia rectilínea, también conocida como City-Block o Manhattan, normalizada, que se corresponde con la suma de las diferencias absolutas de las muestras de las dos secciones inventanadas, dividida por la suma de los valores absolutos de las muestras de estas dos secciones.

Preferentemente, la obtención del estadístico a partir de cada coeficiente de similitud comprende la selección de uno de entre los siguientes estadísticos:

- 30     • la media;
- la media truncada;
- la media ponderada;
- la mediana;
- 35     • la moda.

Preferentemente, la condición de finalización prefijada se cumple si el instante temporal correspondiente al próximo salto ( $\Delta h$ ) de la ventana deslizante coincide o supera el instante temporal de la última muestra de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora recibida por los medios de captación de señal.

5

Preferentemente, el tamaño de la ventana deslizante ( $L_w$ ) será de 1ms y el salto de la ventana deslizante ( $\Delta h$ ) es de 0.1 ms.

10 Preferentemente, el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) será igual a 0.06, el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) igual a 0.05, el segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) igual a 0.5 y el segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) igual a 0.5.

No obstante, estos valores serán configurables y podrán variar siempre y cuando cumplan:

- 15
- $0 < \Delta h < L_w < L_{max}$ , siendo  $L_{max}$  la extensión de los potenciales del tren medida en ms y,
  - $0 < U_{inic1} < U_{inic2} < 1$  y
  - $0 < U_{fin1} < U_{fin2} < 1$ .

20 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares que comprende:

- unos medios de captación de señal encargados de captar el tren de potenciales de acción de la unidad motora procedentes de un paciente;
- 25
- unos medios de procesamiento en comunicación con los medios de captación de señal configurados para:
    - (i) recibir, de unos medios de captación de señal, un tren de potenciales de acción de la unidad motora;
    - (ii) superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de potenciales capturado;
    - (iii) recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:
- 30



- (iv) calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;
  - (v) obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;
  - (vi) comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de ventana y volver a la etapa (iv);
- (vii) obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;
- (viii) determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor máximo de la curva de similitud;
- (ix) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;
- (x) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para determinar el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;
- (xi) obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ );
- una unidad de salida en comunicación con los medios de procesamiento configurada para representar la curva de similitud obtenida por los medios de procesamiento y para mostrar el valor de duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares.

De forma preferente los medios de procesamiento están configurados para:

- (i) a partir de  $T_{inic}$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) prefijado, siendo  $U_{inic2} > U_{inic1}$ , los medios de procesamiento están adicionalmente configurados para:
  - (ii) recorrer la curva de similitud hacia la izquierda hasta que dicha curva atravesase nuevamente el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ );
  - (iii) asignar a  $T_{inic}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

De forma preferente los medios de procesamiento están configurados para:

(i) a partir de  $T_{fin}$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) prefijado, siendo  $U_{fin2} > U_{fin1}$ , los medios de procesamiento están adicionalmente configurados para:

- 5           (ii) recorrer la curva de similitud hacia la derecha hasta que dicha curva atraviese nuevamente el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ );
- (iii) asignar a  $T_{fin}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

10   En una realización preferente los medios de procesamiento están configurados para alinear el tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje horizontal comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

- alineación por máximo de correlación cruzada de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora,
- 15       • alineación por coincidencia en el pico máximo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora,
- alineación por coincidencia en el pico mínimo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora,
- alineación por nivel de disparo o trigger de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora,
- 20       • alineación por mínimo del promedio de las diferencias de magnitud de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora.

Y de forma preferente, los medios de procesamiento están configurados para alinear el tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje vertical comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

- eliminación de la componente continua de todos los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora;
  - minimización de las diferencias entre los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora.
- 30

Preferentemente, los medios de procesamiento están configurados para calcular el coeficiente de similitud comprendiendo la selección de una de entre las siguientes técnicas:

- 35       • coeficiente de correlación;

- distancia euclídea normalizada, es decir, la distancia euclídea entre las dos secciones de señal que se van a comparar, dividida por la raíz cuadrada del producto de la desviación estándar de las muestras de cada una de estas dos secciones;
- 5
- distancia rectilínea, también conocida como City-Block o Manhattan, normalizada, que se corresponde con la suma de las diferencias absolutas de las muestras de las dos secciones inventanadas, dividida por la suma de los valores absolutos de las muestras de estas dos secciones.

10 Preferentemente, los medios de procesamiento están configurados para obtener el estadístico a partir de cada coeficiente de similitud comprendiendo la selección de uno de entre los siguientes estadísticos:

- la media;
  - la media truncada;
- 15
- la media ponderada;
  - la mediana;
  - la moda.

20 Preferentemente, los medios de procesamiento están configurados para activar la condición de finalización prefijada si el instante temporal correspondiente al próximo salto ( $\Delta h$ ) de la ventana deslizante coincide o supera el instante temporal de la última muestra de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora recibida por los medios de captación de señal.

25 Preferentemente, el tamaño de la ventana deslizante ( $L_w$ ) será de 1ms y el salto de la ventana deslizante ( $\Delta h$ ) es de 0.1 ms.

30 Preferentemente, el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) será igual a 0.06, el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) igual a 0.05, el segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) igual a 0.5-y el segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) igual a 0.5.

No obstante, estos valores serán configurables y podrán variar siempre y cuando cumplan:

- $0 < \Delta h < L_w < L_{max}$ , siendo  $L_{max}$  la extensión de los potenciales del tren medida en ms
- 35 y,

- $0 < U_{\text{inic1}} < U_{\text{inic2}} < 1$  y
- $0 < U_{\text{fin1}} < U_{\text{fin2}} < 1$ .

5 En otro aspecto de la presente invención, se presenta un programa de ordenador que comprende código de programa de ordenador adaptado para realizar las etapas del método descrito cuando el mencionado programa se ejecuta en un ordenador, un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

10 La invención descrita constituye un avance en referencia a los métodos y sistemas que determinan la duración del PAUM hasta ahora utilizados, y resuelve de manera satisfactoria la problemática anteriormente expuesta ya que aumenta la precisión en la determinación de la duración del potencial de acción y reduce la carga computacional requerida para la obtención de dicha medida.

15

En la línea de aumentar la precisión en la determinación de la duración del PAUM, la invención descrita no utiliza sólo un potencial para obtener la forma de onda representativa sino que utiliza todo el conjunto de descargas del tren de PAUMs. Para determinar la duración del PAUM, el método y el sistema descrito no se basan en la búsqueda de amplitudes y pendientes experimentadas por el potencial, tal y como se hace habitualmente en el campo técnico de la invención, sino que determinan la duración del PAUM en función de los instantes temporales en los que las distintas descargas del tren de PAUMs experimentan variaciones semejantes en su forma de onda y cuándo dichas descargas dejan de tener este comportamiento común.

20

25 Finalmente, la diferencia de ambos instantes temporales permite determinar el instante inicial y final del potencial. De esta forma, la invención extrae información de todas las descargas del tren de PAUMs para la determinación de la duración de los potenciales de acción, que integrando una información más completa de los PAUMs, lo cual permite hacer una estimación más precisa de la duración.

30

Por otra parte, la invención ofrece resultados más fiables y más precisos en aquellos casos en los que los potenciales presentan colas largas (el decaimiento de la intensidad de la señal se prolonga en el tiempo) ya que, a diferencia de los métodos conocidos, la invención propuesta no tiene en cuenta las amplitudes o pendientes promedio de los potenciales individuales del tren, sino que el conjunto de potenciales varíe de la misma manera.

35

Finalmente, la invención reduce la carga computacional asociada al cálculo de la duración de los potenciales de acción ya que no se realizan transformadas wavelet como habitualmente se venía realizando en la técnica, lo cual, se traduce en el desarrollo de un proceso más eficiente que al requerir menores demandas computacionales, permite implementar la invención en dispositivos más sencillos y más baratos.

De esta forma, se mejoran las limitaciones existentes en la técnica debidas, principalmente, a detecciones erróneas debido a los niveles de ruido presentes en las señales analizadas, donde dicho ruido puede ser causado por distintos factores, entre ellos, factores técnicos. Algunas causas de dicho ruido se deben al propio equipo o sistema en el que tiene lugar la determinación de la duración del potencial de acción, a la corriente alterna, a las interferencias electromagnéticas del entorno, a señales biológicas captadas (electrocardiograma, actividad de unidades motoras lejanas), a movimientos de los medios de captación de las señales electromiográficas, etc.

### **Descripción de los dibujos**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra varias descargas de un tren de PAUM dispuestas de forma superpuesta.

La figura 2.- Muestra una representación en ráster del tren de PAUMs.

La figura 3.- Muestra la curva de similitud obtenida mediante la aplicación del método propuesto a las señales reflejadas en la figura 2.

La figura 4.- Muestra la duración del potencial de acción sobre las descargas superpuestas del tren de PAUMs.

35

La figura 5.- Muestra de forma esquemática el sistema que implementa el método de

determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora propuesto.

**Realización preferente de la invención**

5 La presente invención se inicia con la recepción, por parte de unos medios de captación de señal 1, del tren de potenciales de acción de unidad motora (PAUM) originados por la contracción voluntaria de un músculo. Cada uno de los potenciales que forma dicho tren de potenciales de acción se corresponde con la suma de descargas, impulsos eléctricos o potenciales de acción, que se producen en cada una de las fibras musculares  
10 inervadas por una unidad motora y que es captado por los medios de captación de señal 1.

De forma preferente, los medios de captación de señal 1 comprenderán, al menos, un electrodo el cual se introducirá en la masa muscular de un paciente 2 con el fin de  
15 captar la señal electromiográfica que será posteriormente analizada mediante una etapa de acondicionamiento y amplificación de señal, un conversor analógico-digital y el hardware y software necesario para almacenar la señal muestreada.

Como se ha mencionado, a partir del procesamiento del tren de potenciales de acción de unidad motora, se permite extraer información sobre la estructura y el comportamiento fisiológico de la unidad motora, lo cual facilita la valoración clínica neurofisiológica de un paciente. Uno de los parámetros de los que se extrae información relevante para dicha valoración clínica es la duración del potencial, parámetro esencial en la definición (y por tanto en el cálculo) de todos los demás parámetros del PAUM.  
20

25 Una vez recibido el tren de PAUMs, los potenciales de dicho tren (descargas) se superponen de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical tal y como muestra la Figura 1. En la parte central de la Figura 1 puede observarse cómo las curvas describen trayectorias similares, mientras que en los extremos, delimitados en la figura por las marcas verticales, dichas curvas muestran trayectorias muy diferentes. La  
30 invención, se apoya la similitud observada y trata de encontrar los instantes temporales en los que las curvas pasan de un comportamiento muy unísono a presentar un comportamiento mucho más desincronizado.

35 En la Figura 2, se muestra una representación en ráster de otro tren de PAUMs diferente del anterior. En ella también puede apreciarse la similitud existente entre los distintos

tramos que forma el tren de PAUMs recibido por los medios de captación 1.

Una vez superpuestas las señales, se recorre la señal resultante desde el inicio mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurable.

5 Preferentemente,  $L_w$  tomará el valor de 1ms y  $\Delta h$  de 0.1 ms.

En cada salto, se calcula un coeficiente de similitud por cada pareja de señales superpuestas y se obtiene un estadístico a partir de cada coeficiente de similitud calculado. Previamente al próximo salto, se comprueba si se cumple la condición de  
10 finalización prefijada, que consiste en comprobar si el instante temporal del final de la ventana deslizante, el correspondiente a la última muestra, coincide o supera el instante temporal de la última muestra de los potenciales analizados. En caso negativo, se avanza temporalmente el incremento prefijado como salto de ventana.

15 Una vez se cumpla la condición de finalización, se interpolan los estadísticos obtenidos por cada salto de la ventana deslizante y se obtiene una curva de similitud. La Figura 3 muestra un ejemplo de curva de similitud.

A partir de dicha curva de similitud, se calcula el valor máximo de la misma, determinando así el instante temporal  $T_0$ . A partir de  $T_0$ , se recorre la curva de similitud  
20 hacia la izquierda y hacia la derecha. En su recorrido hacia la izquierda, se determina el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) como el instante en el que dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado, preferentemente igual a 0.06. En su recorrido hacia la derecha, se determina el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) como el instante en el que dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado, preferentemente  
25 igual a 0.05.

Finalmente, se obtiene la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la resta del instante temporal final menos el instante temporal inicial.

30

Con el fin de aumentar la precisión en la determinación de la duración del potencial, la invención contempla, a partir de la obtención de  $T_{inic}$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda y, si la curva de similitud supera un segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) prefijado (con  $U_{inic2} > U_{inic1}$  y valor preferente  $U_{inic2}=0.5$ ) (con  $U_{inic2} > U_{inic1}$ ), se seguirá  
35 recorriendo la curva de similitud hacia la izquierda hasta que la curva atravesase nuevamente el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ).  $T_{inic}$  tomará el valor del instante de tiempo

en que esto ocurra.

De igual manera, a partir de la obtención de  $T_{fin}$ , se recorrerá la curva de similitud hacia la derecha y, si la curva de similitud supera un segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) prefijado  
 5 (con  $U_{fin2} > U_{fin1}$  y valor preferente  $U_{fin2}=0.5$ ), se seguirá recorriendo la curva de similitud hacia la derecha hasta que la curva cruce nuevamente el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ).  $T_{fin}$  tomará el valor del instante de tiempo en que esto ocurra.

La Figura 3 muestra un ejemplo de determinación de la duración en esta línea. En la  
 10 Figura se aprecian los dos posibles instantes iniciales,  $T_{inic1}$  y  $T_{inic2}$  de forma que, según la primera realización descrita, el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) sería el instante correspondiente a  $T_{inic1}$  y según la segunda realización descrita, el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) sería  $T_{inic2}$ . Respecto, al instante final, la Figura muestra el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) correspondiente a la primera realización descrita, según la cual se establece  
 15 un umbral de fin ( $U_{fin1}$ ). A partir de este instante hacia la derecha, la curva no corta el segundo umbral de fin ( $U_{fin1}$ ), por lo que  $T_{fin}$  no varía y, por tanto, es el mismo que en la primera realización.

En la Figura 4 se observa, sobre los tramos de señal superpuestos y alineados en  
 20 ambos ejes, la duración del potencial de los potenciales de acción de unidad motora donde  $d_1$  se corresponde a la duración obtenida con la primera realización y  $d_2$  a la duración obtenida con la segunda realización.

En la Figura 5 se muestra de forma esquemática los elementos que, en una de entre las  
 25 posibles realizaciones de la invención, integrarían el sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción propuesto.

En dicha Figura 5 se aprecian los medios de captación de señal 1 encargados de captar la señal electromiográfica procedente del paciente 2, los medios de procesamiento 3,  
 30 conectados a los medios de captación de señal 1 y configurados para procesar el tren de potenciales de acción de la unidad motora recibidos de dichos medios de captación de señal 1, y una unidad de salida 4, conectada con los medios de procesamiento 3, y configurada para mostrar la curva de similitud obtenida por los medios de procesamiento 3 y el valor de duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales  
 35 electromiográficas intramusculares.



Por medios de procesamiento 3 se entiende un ordenador, un procesador digital, un circuito integrado específico, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otro dispositivo electrónico programable.

- 5 Por configuración de un elemento se entiende como la ejecución de una serie de instrucciones de un programa de ordenador en una memoria y su posterior procesamiento en unos medios de procesamiento.

- 10 A la vista de esta descripción y figuras, el experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

**REIVINDICACIONES**

1.- Método de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares **caracterizado** por que  
5 comprende las etapas de:

(i) recibir, de unos medios de captación de señal (1), un tren de potenciales de acción de la unidad motora;

y, computacionalmente, mediante unos medios de procesamiento (3):

(ii) superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de  
10 potenciales capturado;

(iii) recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:

(iv) calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un  
15 coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;

(v) obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;

(vi) comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en  
20 caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de ventana y volver a la etapa (iv);

(vii) obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;

(viii) determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor máximo de la  
25 curva de similitud;

(ix) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;

(x) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para determinar  
30 el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;

(xi) obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ).

2.- Método, según la reivindicación anterior, **caracterizado** por que comprende las etapas de:

(i) a partir de  $T_{inic}$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) prefijado, siendo  $U_{inic2} > U_{inic1}$ , los medios de procesamiento (3) están adicionalmente configurados para:

- 5 (ii) recorrer la curva de similitud hacia la izquierda hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ );
- (iii) asignar a  $T_{inic}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

10 3.- Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que comprende las etapas de:

(i) a partir de  $T_{fin}$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) prefijado, siendo  $U_{fin2} > U_{fin1}$ , los medios de procesamiento (3) están adicionalmente configurados para:

- 15 (ii) recorrer la curva de similitud hacia la derecha hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ );
- (iii) asignar a  $T_{fin}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

20 4.- Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la superposición de forma alineada del tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje horizontal y en el eje vertical comprende:

(i) una alineación en el eje horizontal comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

- 25 • alineación por máximo de correlación cruzada de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por coincidencia en el pico máximo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por coincidencia en el pico mínimo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- 30 • alineación por nivel de disparo de los potenciales del tren potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por mínimo del promedio de las diferencias de magnitud de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;

35 (ii) una alineación en el eje vertical comprendiendo la selección de la realización

de una de entre las siguientes técnicas:

- eliminación de la componente continua de todos los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora;
- minimización de las diferencias entre los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora.

5

5.- Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el cálculo del coeficiente de similitud comprende la selección de una de entre las siguientes técnicas:

10

- coeficiente de correlación;
- distancia euclídea normalizada;
- distancia rectilínea normalizada.

6.- Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la obtención del estadístico a partir de cada coeficiente de similitud comprende la selección de uno de entre los siguientes estadísticos:

15

- la media;
- la media truncada;
- la media ponderada;

20

- la mediana;
- la moda.

7.- Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la condición de finalización prefijada se cumple si el instante temporal correspondiente al próximo salto ( $\Delta h$ ) de la ventana deslizante coincide o supera el instante temporal de la última muestra de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora recibida por los medios de captación de señal (1).

25

8.- Sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares **caracterizado** por que comprende:

30

- unos medios de captación de señal (1) encargados de captar el tren de potenciales de acción de la unidad motora procedentes de un paciente (2);
- unos medios de procesamiento (3) en comunicación con los medios de captación de señal (1) configurados para:

35

- (i) recibir, de unos medios de captación de señal (1), un tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- (ii) superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de potenciales capturado;
- 5 ○ (iii) recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:
  - (iv) calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el
  - 10 intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;
  - (v) obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;
  - (vi) comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de
  - 15 ventana y volver a la etapa (iv);
  - (vii) obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;
  - (viii) determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor
  - 20 máximo de la curva de similitud;
  - (ix) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;
  - (x) a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para
  - 25 determinar el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;
  - (xi) obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ );
  - 30 • una unidad de salida (4) en comunicación con los medios de procesamiento (3) configurada para representar la curva de similitud obtenida por los medios de procesamiento (3) y para mostrar el valor de duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares.
- 35 9.- Sistema, según la reivindicación 8, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para:

(i) a partir de  $T_{inic}$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de inicio ( $U_{inic2}$ ) prefijado, siendo  $U_{inic2} > U_{inic1}$ , los medios de procesamiento (3) están adicionalmente configurados para:

- 5 (ii) recorrer la curva de similitud hacia la izquierda hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ );
- (iii) asignar a  $T_{inic}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

10 10.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para:

(i) a partir de  $T_{fin}$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha donde, si la curva de similitud supera un segundo umbral de fin ( $U_{fin2}$ ) prefijado, siendo  $U_{fin2} > U_{fin1}$ , los medios de procesamiento (3) están adicionalmente configurados para:

- 15 (ii) recorrer la curva de similitud hacia la derecha hasta que dicha curva atraviere nuevamente el primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ );
- (iii) asignar a  $T_{fin}$  el instante temporal en el que la curva de similitud cumplió la condición de la etapa anterior.

20 11.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para alinear el tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje horizontal comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

- alineación por máximo de correlación cruzada de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por coincidencia en el pico máximo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por coincidencia en el pico mínimo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por nivel de disparo de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora;
- alineación por mínimo del promedio de las diferencias de magnitud de los potenciales del tren de potenciales de acción de la unidad motora.

35 12.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado** por que los

medios de procesamiento (3) están configurados para alinear el tren de potenciales de acción de la unidad motora en el eje vertical comprendiendo la selección de la realización de una de entre las siguientes técnicas:

- 5
- eliminación de la componente continua de todos los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora;
  - minimización de las diferencias entre los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora.

10 13.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para calcular el coeficiente de similitud comprendiendo la selección de una de entre las siguientes técnicas:

- coeficiente de correlación;
- distancia euclídea normalizada;
- distancia rectilínea normalizada.

15

14.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para obtener el estadístico a partir de cada coeficiente de similitud comprendiendo la selección de uno de entre los siguientes estadísticos:

- 20
- la media;
  - la media truncada;
  - la media ponderada;
  - la mediana;
  - la moda.

25

15.- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado** por que los medios de procesamiento (3) están configurados para activar la condición de finalización prefijada si el instante temporal correspondiente al próximo salto ( $\Delta h$ ) de la ventana deslizante coincide o supera el instante temporal de la última muestra de los potenciales del tren de potenciales de acción de unidad motora recibida por los medios de captación de señal (1).

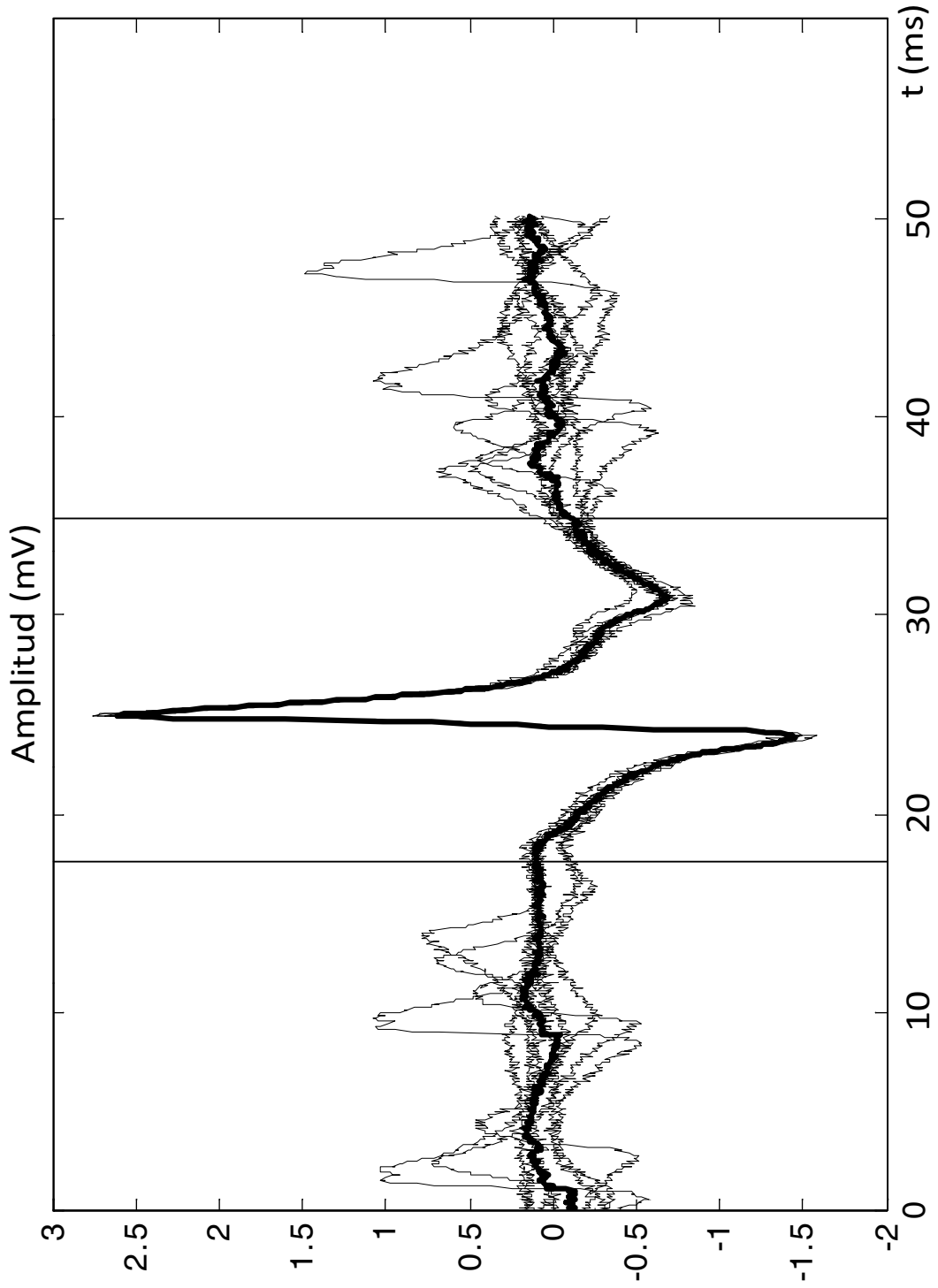
30

16.- Programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar las etapas del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuando el mencionado programa se ejecuta en un ordenador,

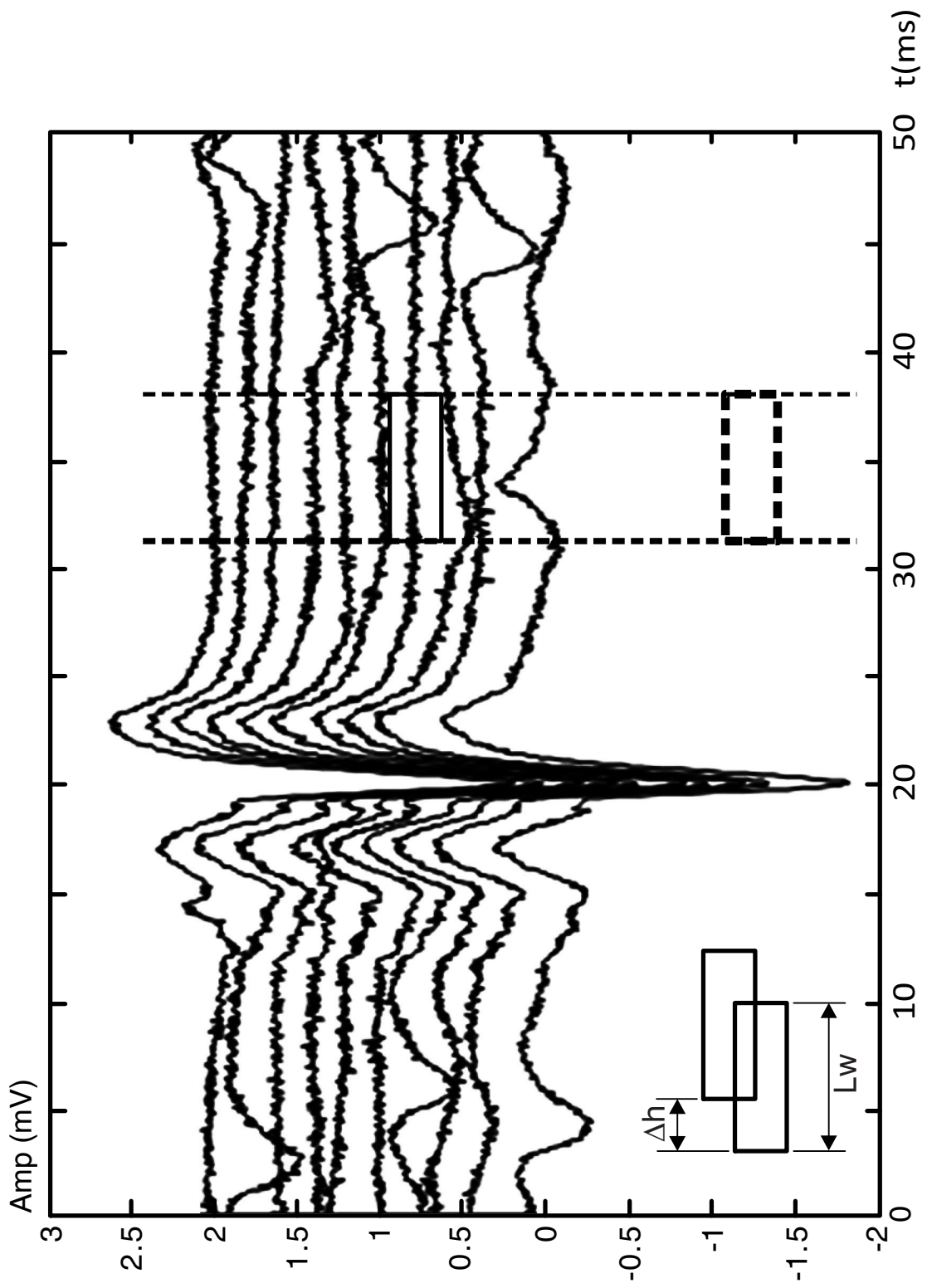
35

un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

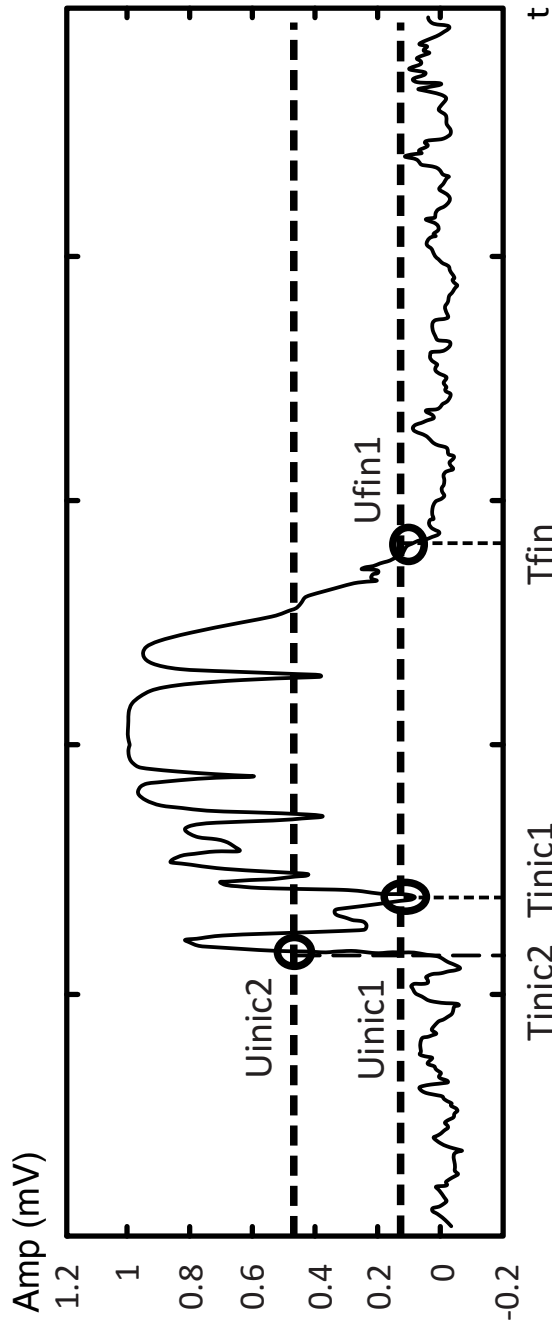




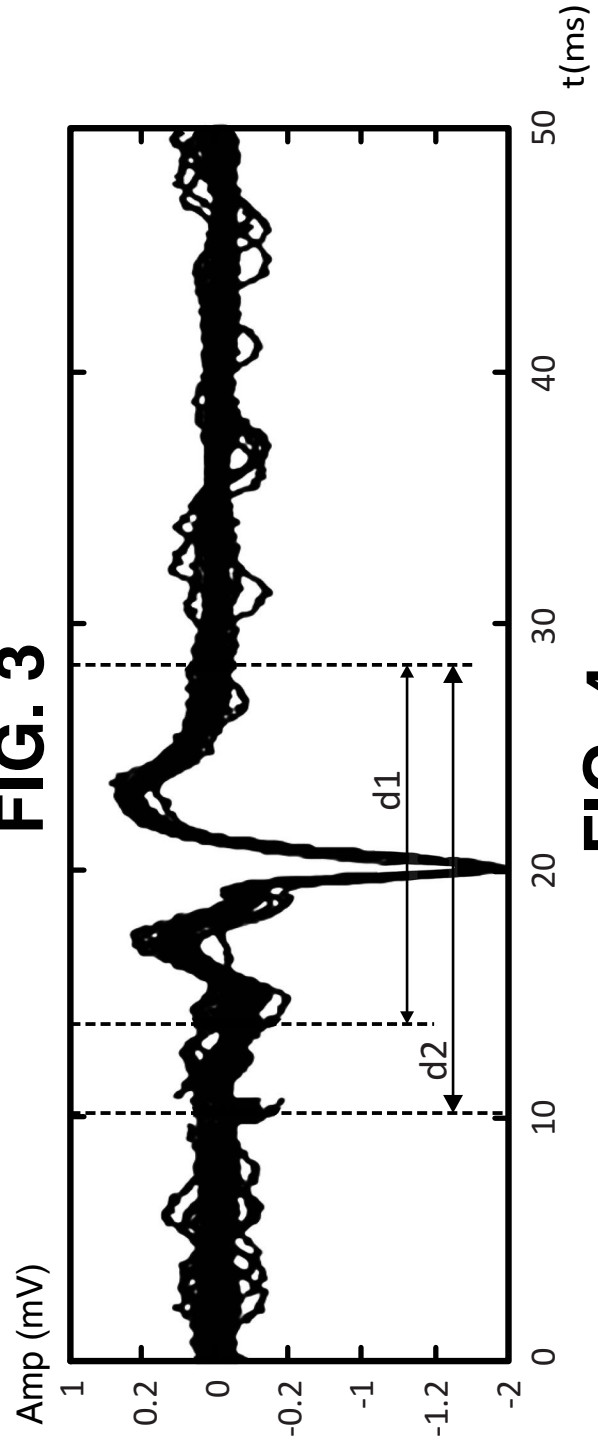
**FIG. 1**



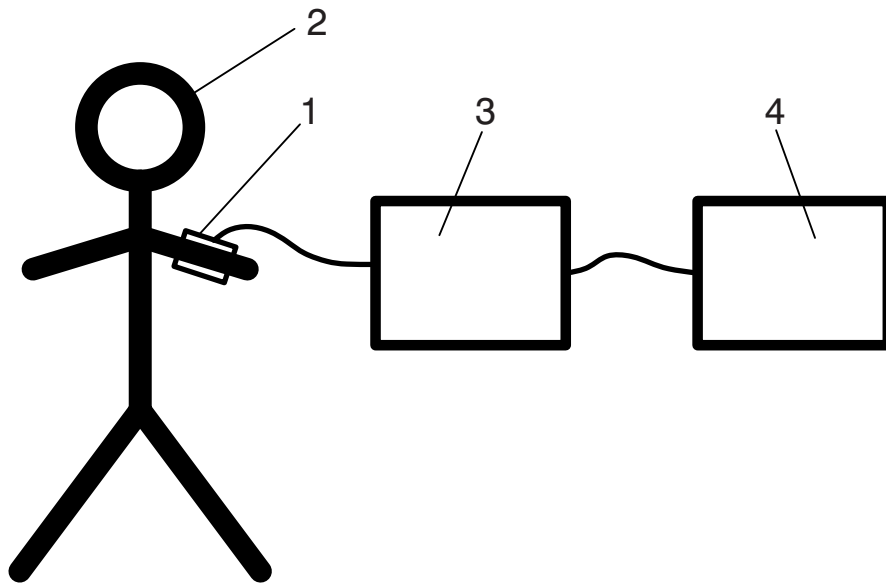
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



- ②① N.º solicitud: 201231940  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.12.2012  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	Ihsan M. Ajeena (editor). "Advances in clinical Neurophysiology". InTech, 17 de Octubre 2012 [recuperado el 23.04.2014] recuperado de Internet <URL: <a href="http://www.intechopen.com/books/advances-in-clinical-neurophysiology/motor-unit-action-potential-duration-measurement-and-significance">http://www.intechopen.com/books/advances-in-clinical-neurophysiology/motor-unit-action-potential-duration-measurement-and-significance</a> > Capítulo 7, páginas 133-160. ISBN: ISBN 978-953-51-0806-1, DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.5772/3178">http://dx.doi.org/10.5772/3178</a>	1-7
A	J.R. FLORESTAL et al. "Automated Decomposition of intramuscular electromyographic signals". IEEE Transactions on biomedical engineering, vol 53, N° 5, Mayo 2006. [recuperado el 23.04.2014] recuperado de internet <URL: <a href="http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1621134&amp;tag=1">http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1621134&amp;tag=1</a> > DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.1109/TBME.2005.863893">http://dx.doi.org/10.1109/TBME.2005.863893</a>	1-7
A	US 4511284 A (STERNER CARL L) 16.04.1985, columna 3, línea 28 – columna 4, línea 3; columna 11, líneas 5-21; figura 1.	1-7
A	US 2004073098 A1 (GEVA AMIR et al.) 15.04.2004, párrafos [29-30],[289-292]; figuras 29-30.	8-16

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
28.04.2014

Examinador  
J. M. Vázquez Burgos

Página  
1/6

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**A61B5/0488** (2006.01)

**G06F17/18** (2006.01)

**G06F17/15** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A61B, G06F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.04.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-16	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-16	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Ihsan M. Ajeena (editor). "Advances in clinical Neurophysiology". InTech, 17 de Octubre 2012 [recuperado el 23.04.2014] recuperado de Internet <URL: <a href="http://www.intechopen.com/books/advances-in-clinical-neurophysiology/motor-unit-action-potential-duration-measurement-and-significance">http://www.intechopen.com/books/advances-in-clinical-neurophysiology/motor-unit-action-potential-duration-measurement-and-significance</a> > Capítulo 7, páginas 133-160. ISBN: ISBN 978-953-51-0806-1, DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.5772/3178">http://dx.doi.org/10.5772/3178</a>	17.10.2012
D02	J.R. Florestal et al. "Automated Decomposition of intramuscular electromyographic signals". IEEE Transactions on biomedical engineering, vol 53, Nº 5, Mayo 2006. [recuperado el 23.04.2014] recuperado de internet <URL: <a href="http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1621134&amp;tag=1">http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1621134&amp;tag=1</a> > DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.1109/TBME.2005.863893">http://dx.doi.org/10.1109/TBME.2005.863893</a>	31.05.2006
D03	US 4511284 A (STERNER CARL L)	16.04.1985
D04	US 2004073098 A1 (GEVA AMIR et al.)	15.04.2004

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La invención reivindicada divulga un método para delimitar el comienzo y el final de los potenciales de acción de unidad motora (PAUM), basado en que dichos potenciales se presentan en trenes de señales, de forma que se alinea cada uno de los componentes del tren, tanto vertical como horizontalmente, obteniendo, para una ventana de tiempo y para cada pareja de señales un coeficiente de similitud, y, para el conjunto de coeficientes de la ventana, un estadístico. La operación se repite tras deslizar la ventana un incremento, hasta llegar al final de la duración de la señal fruto de la alineación. Posteriormente se construye una curva interpolando los valores del estadístico para cada ventana, asignando el tiempo de comienzo a aquel valor de tiempo anterior más cercano al del máximo de la curva, para el que se registra un estadístico menor que un valor umbral, y el tiempo de final a aquel posterior al del máximo, para el que el estadístico es menor que otro umbral prefijado. La invención incluye también un sistema configurado para realizar la medida del potencial y efectuar las operaciones anteriores.

**Reivindicación 1**

Con respeto a la reivindicación independiente 1 El documento del estado de la técnica más próximo a la invención es D01 y contiene un análisis de los métodos de evaluación de la duración de los PAUM, tanto manuales como automáticos, resumiendo sus principales características, además de que propone un método adicional basado en las transformadas discretas de funciones de onda (DWT).

Para mayor claridad, y en la medida de lo posible, se emplea la misma redacción utilizada en la reivindicación 1, si bien las referencias entre paréntesis que puedan citarse corresponden al documento D01. Asimismo, las características técnicas que no se encuentran en el documento D01 se indican entre corchetes y en negrita.

Método de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares (apartado 7) caracterizado por que comprende las etapas de:

- i. recibir, de unos medios de captación de señal, un tren de potenciales de acción de la unidad motora; y, computacionalmente, mediante unos medios de procesamiento:
- ii. superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de potenciales capturado;
- i. **[recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño (Lw) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:**
  - ii. **calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;**
  - iii. **obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;**
  - iv. **comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de ventana y volver a la etapa (iv);**
  - v. **obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;**
  - vi. **determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor máximo de la curva de similitud;**



- vii. a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;
- viii. a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para determinar el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;
- ix. obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad
- x. motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante
- xi. temporal inicial ( $T_{inic}$ ).]

Las diferencias entre la invención reivindicada en 1 y el documento D01 del estado de la técnica más próximo residen en que los métodos comentados en D01 se basan en promediar un conjunto de PAUM, al objeto de, sobre dicho potencial promedio, obtener la duración del mismo por criterios de amplitud o pendiente, por oposición a la invención reivindicada, que introduce un factor de similitud entre parejas de PAUM, de forma que la curva que se utiliza para calcular la duración es la obtenida a partir de los estadísticos de dicho factor para diferentes instantes de tiempo en los que se sitúa una ventana de tiempo para la que se obtiene el factor de similitud de dos segmentos de PAUM abarcados por ella. El efecto técnico que se deriva de esta diferencia es el de evitar los errores asociados a los criterios de amplitud o pendiente, sin renunciar al beneficio de la cancelación de errores que implica la estadística a partir de múltiples señales, y sin necesidad de recurrir al uso de transformaciones wavelet, evitando con ello la complejidad computacional asociada a las mismas. El problema técnico objetivo sería por tanto definir un método que aproveche la estadística asociada a múltiples PAUM, sin recurrir, bien a transformaciones wavelet o en el dominio de frecuencia, bien a medidas sobre promediados de los PAUM. A este respecto, se considera que un experto en la materia, a la vista del documento D01, no podría dar con una solución a dicho problema como la reivindicada en 1, sin el ejercicio de la actividad inventiva, por cuanto el recurso a una función indirecta no basada en transformaciones como la propuesta en 1 no es evidente, a la vista de soluciones como las consideradas en D01, basadas bien en promediados directos de los PAUM, bien en transformaciones wavelet.

El documento D02 introduce algunos aspectos manejados en el método de 1, como es la alineación entre diferentes PAUM previa a la comparación o la comparación de similitud entre dos señales (un PAUM concreto y una plantilla) mediante una función de pseudocorrelación, si bien esto se hace con el fin de asignar los potenciales al grupo más adecuado, a partir del que generar una plantilla. En cualquier caso, el documento no relaciona estas técnicas con la medida de la duración en sí, ni contempla nada que pueda relacionarse con una función para ello como la reivindicada en 1. Por ello, un experto en la materia tampoco podría resolver el problema técnico objetivo combinando los documentos D01 y D02 sin recurrir a la actividad inventiva.

Por lo tanto a la luz de D01, la invención es nueva y presenta actividad inventiva tal como se establece en los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 1986.

#### Reivindicaciones 2 a 7 y 16

A la vista de la conclusión alcanzada para la reivindicación 1, y teniendo en cuenta las relaciones de dependencia correspondientes, cabe concluir que las invenciones reivindicadas en 2 a 7, así como en 16, son nuevas y presentan actividad inventiva tal como se establece en los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 1986.

#### Reivindicación 8

Con respecto a la reivindicación independiente 8, el documento más próximo del estado de la técnica sería el D04, que muestra un sistema para la captación y análisis de señales ECG, EEG, EOG o EMG.

Para mayor claridad, y en la medida de lo posible, se emplea la misma redacción utilizada en la reivindicación 8, si bien las referencias entre paréntesis que puedan citarse corresponden al documento D04. Asimismo, las características técnicas que no se encuentran en el documento D04 se indican entre corchetes y en negrita.

Sistema de determinación de la duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares caracterizado por que comprende:

- unos medios de captación de señal (párrafo 289) encargados de captar el tren de potenciales de acción de la unidad motora procedentes de un paciente;
- unos medios de procesamiento (párrafo 289) en comunicación con los medios de captación de señal (párrafo 289, 3001a, 3001b) **[configurados para:**

- i. recibir, de unos medios de captación de señal, un tren de potenciales de acción de la unidad motora;**
- ii. superponer de forma alineada en el eje horizontal y en el eje vertical el tren de potenciales capturado;**
- iii. recorrer, desde el inicio del eje horizontal, el tren de potenciales superpuestos mediante una ventana deslizante de tamaño ( $L_w$ ) y salto ( $\Delta h$ ) configurables donde cada salto ( $\Delta h$ ) comprende:**

- iv. calcular, por cada pareja del tren de potenciales superpuestos, un coeficiente de similitud que relaciona ambos potenciales en el intervalo temporal marcado por la ventana deslizante;
  - v. obtener un estadístico a partir de los coeficientes de similitud calculados sobre todas y cada una de las parejas de tren de potenciales;
  - vi. comprobar si se cumple una condición de finalización prefijada para, en caso negativo, avanzar temporalmente el salto ( $\Delta h$ ) de ventana y volver a la etapa (iv);
  - vii. obtener una curva de similitud a partir de la interpolación de los estadísticos obtenidos en cada salto ( $\Delta h$ ) de la ventana;
  - viii. determinar el instante temporal  $T_0$  donde se encuentra el valor máximo de la curva de similitud;
  - ix. a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la izquierda para determinar el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de inicio ( $U_{inic1}$ ) de valor prefijado;
  - x. a partir de  $T_0$ , recorrer la curva de similitud hacia la derecha para determinar el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) donde dicha curva atraviesa un primer umbral de fin ( $U_{fin1}$ ) de valor prefijado;
  - xi. obtener la duración ( $d$ ) del potencial de los potenciales de acción de unidad motora mediante la diferencia entre el instante temporal final ( $T_{fin}$ ) y el instante temporal inicial ( $T_{inic}$ );]
- una unidad de salida (D1-Dn, párrafo 291) en comunicación con los medios de procesamiento (párrafo 289) configurada para representar la curva de similitud obtenida por los medios de procesamiento (párrafo 289) y para mostrar el valor de duración de los potenciales de acción de unidad motora en señales electromiográficas intramusculares.

La principal diferencia entre la invención reivindicada en 8 y el documento D04 del estado de la técnica más próximo es la configuración de los medios de procesamiento para ejecutar el método reivindicado en 1. En este sentido, en el caso de los medios de captación de señal y de la unidad de salida, los requisitos de 8 se entienden como de mera aptitud para realizar las funciones exigidas en dicha reivindicación a los mismos, requisito que satisfarían los elementos de D04. Sin embargo, en el caso de los medios de procesamiento, los requisitos funcionales se traducen en una exigencia de configuración para su prestación, no siendo este el caso de los medios homólogos mencionados en D04. Por ello, cabe concluir que el sistema como tal es nuevo y presenta actividad inventiva, tal como se establece en los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes de 1986.

#### Reivindicaciones 9 a 15

De acuerdo con la conclusión alcanzada para 8, y teniendo en cuenta las correspondientes relaciones de dependencia, cabe concluir que las invenciones reivindicadas en 9 a 15 son nuevas y presentan actividad inventiva, tal como se establece en los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes de 1986.