

## SISTEMA DE ENTRENAMIENTO MUSCULAR

### Campo de la invención

Se describe aquí el funcionamiento de un sistema de entrenamiento muscular haciendo uso del principio de retroalimentación biológica dentro del campo de monitoreo de señales bioeléctricas, más particularmente, un sistema de entrenamiento muscular aplicado en la rehabilitación de personas con daños en la musculatura.

### Antecedentes de la invención

Aquí nos vamos a referir a la señal electromiográfica como señal EMG y se usará de manera indistinta el término biorretroalimentación y retroalimentación biológica. Existen diferentes sistemas de retroalimentación biológica, dependiendo del parámetro fisiológico que se este monitoreando, como puede ser la temperatura corporal, la presión arterial, el electroencefalograma (EEG), la EMG, entre otras<sup>1</sup>. Generalmente, se encuentran equipos de biorretroalimentación de EMG aplicados a problemas de incontinencia y de tensión muscular, pero no se ha encontrado este tipo de sistemas aplicado a la reeducación muscular de personas amputadas como terapia necesaria para hacer uso de una prótesis.

Existe evidencia substancial<sup>2</sup>, la cual sugiere que el control neuromuscular efectivo de la posición de una extremidad sana depende de un sistema en lazo cerrado, donde las señales motoras o comandos del Sistema Nervioso Central (SNC) a los músculos, son utilizadas en la trayectoria directa, y las señales sensoriales, como las de los receptores propioceptivos de los músculos y articulaciones, se utilizan en la trayectoria de retroalimentación<sup>3</sup>.

La retroalimentación biológica puede definirse como la técnica que usa equipo (normalmente electrónico) para revelar algunos eventos fisiológicos internos, normales y anormales, en forma de señales visuales y audibles para poder manipularlos mediante las señales desplegadas que de otro modo serían eventos involuntarios o insensibles<sup>1</sup>.

El programa más completo para que los amputados del miembro-superior aprendan a usar una prótesis mioeléctrica, comprende tres tipos de entrenamiento: entrenamiento de señales mioeléctricas, entrenamiento de control y entrenamiento funcional. No todos los centros protésicos y clínicas ofrecen los tres tipos de entrenamiento a sus pacientes. El entrenamiento de señales mioeléctricas es el nivel más básico<sup>4</sup>. Con la invención que aquí se presenta se cubre el entrenamiento de señales mioeléctricas.

Los sistemas de biorretroalimentación de EMG habilitan el conocimiento y control de músculos individuales. La teoría de retroalimentación biológica afirma que alguien puede controlar cualquier músculo de su cuerpo si llega a conocer la actividad del músculo en cuestión. Y una vez que se establece el control, se puede mantener, aún sin la ayuda de la información proporcionada por el sistema de retroalimentación. Un sistema de retroalimentación biológica de EMG provee al usuario retroalimentación auditiva (mediante zumbidos) y retroalimentación visual (mediante algún dispositivo de despliegue gráfico, como puede ser un monitor hasta un juego de luces). Aquí se observa que la retroalimentación auditiva puede ser un poco complicada porque se estaría dependiendo del buen funcionamiento del sentido auditivo del usuario.

### Breve descripción de las figuras

**Figura 1.** Es una vista completa del funcionamiento del sistema.

**Figura 2.** Es un esquema a bloques del procesador mioeléctrico.

### Descripción detallada de la invención

La invención desarrollada, objeto de esta solicitud, es un sistema de entrenamiento muscular, que consta básicamente de un procesador mioeléctrico (1), tres electrodos de superficie (14) y una de computadora (2) para almacenamiento de datos y despliegue gráfico de la señal previamente procesada.

El sistema tiene como función, registrar la actividad eléctrica de la musculatura remanente del usuario (3), mediante electrodos de superficie (14) adheridos al músculo de interés para proporcionarle información relacionada con el nivel de fuerza que esta ejerciendo el músculo durante contracciones isométricas. Esta información es presentada en un monitor de computadora (2) en forma de figuras geométrica, una gráfica circular y una de barra. Dichas figuras geométricas se fraccionan en porcentajes de la mitad de la máxima contracción voluntaria (MMCV), rellenando así el área de las figuras de manera proporcional con el nivel de MMCV. El sistema es ideal como herramienta auxiliar para la rehabilitación de pacientes con problemas neuro-musculares, particularmente, para aquellos casos en que ha sido interrumpida la información aferente en el sistema nervioso.

El funcionamiento del procesador mioeléctrico (1) inicia con la adhesión de los electrodos de superficie (14) sobre la musculatura remanente del usuario (3), que son la entrada a dicho procesador, y llegan al modulo del amplificador de instrumentación (4), en donde se hace una preamplificación de la señal EMG, seguido a este modulo la señal sigue por el corrector de basal (5) en donde se elimina el contenido de corriente directa (CD) presente en la señal y luego se presenta una etapa de amplificación de ganancia fija (8) para obtener un nivel de señal considerable como entrada a la etapa de filtrado (6) y (7) para eliminar las bandas de frecuencia no deseables para la señal, como lo es la señal de 60 Hz de la línea eléctrica comercial y para obtener el ancho de banda de registro de la señal que en este caso esta entre 20Hz y 200Hz, que es la banda de frecuencia en donde encontramos la mayor cantidad de información. A continuación la señal sigue por la etapa de amplificación de ganancia variable (9) para

hacer el acondicionamiento de la señal para posteriormente pasar a la etapa de digitalización y almacenamiento, esta función la hace un microcontrolador (10), con la ayuda de un convertidor análogo a digital (12), que trae internamente. Después de ser digitalizada la señal, se hace el almacenamiento en memoria de dicha señal con el modulo de adquisición de EMG (11), que consiste en obtener las muestras y enviarlas a la computadora (2), este modulo también está presente en el microcontrolador. Y ya que la tenemos digitalizada, se hace la transmisión de la información, a través del modulo de optoaislamiento (13), a la computadora personal (2), mediante el protocolo de comunicación RS-232. Y con estos datos de la señal, generamos archivos de información que se pueden almacenar en memoria para un análisis posterior. En este caso, tomamos muestras de 200 milisegundos de señal EMG y calculamos el siguiente parámetro, la media del valor absoluto de la señal. Y dicho parámetro es el que se muestra en las figuras geométricas que se despliegan en la computadora (2).

## Bibliografía

<sup>1</sup> Basmajian John V., Biofeedback principles and practice for clinicians, Williams & Wilkins, third edition, 1989.

<sup>2</sup> Houk J., and Henneman E., Feedback control of muscle: introductory concepts, medical physiology, 13 th by V. B. Mountcastle (Mosby, Saint Louis), pp 608-616, 1974.

<sup>3</sup> Muñoz R., Sistema regulador de movimientos en una prótesis para extremidad superior empleando la actividad eléctrica generada por la musculatura remanente en brazo durante contracciones voluntarias, Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección Bioelectrónica, CINVESTAV-IPN, 1999

<sup>4</sup> A.-C. Dupont, E. L. Morin, "A myoelectric control evaluation and trainer system", IEEE Trans. Rehabilitation Eng., Vol. 2, No. 2, June 1994, pp. 100-107.

## Reivindicaciones

Habiendo descrito mi invención reivindico lo siguiente:

- 5 1. Sistema de entrenamiento muscular, para ser utilizado en la rehabilitación de la musculatura remanente de personas con amputación de miembro superior.
- 10 2. Un sistema tal y como se reivindicó en la cláusula 1, que tiene la capacidad de hacer registros de la señal EMG y almacenarlos en archivos de datos para procesamientos posteriores.
- 15 3. Un sistema tal y como se reivindicó en la cláusula 1, donde se representa en figuras, la información procesada de la señal EMG, y se muestra en una pantalla de despliegue gráfico.

15

20

25

30

## Resumen

Con la retroalimentación biológica mioeléctrica visual se puede proporcionar a un sujeto amputado la información relacionada con el nivel de fuerza que realice su musculatura remanente, y mediante un programa adecuado de entrenamiento, el sujeto puede lograr producir a voluntad diferentes niveles de fuerza muscular. El sistema aquí descrito permite detectar, sobre la superficie de la piel, la SME producida por el músculo remanente durante contracciones isométricas voluntarias, este aparato permite relacionar algún parámetro o característica de la SME con la magnitud de la fuerza muscular y exhibe, en una pantalla, el valor de este parámetro en forma de figura geométrica. La figura geométrica puede ser, por ejemplo, un círculo cuya superficie se cerrará o se abrirá en función de la magnitud de la fuerza muscular. De esta forma, el sujeto se entrena manteniendo a voluntad diferentes porcentajes de la superficie total del círculo, que corresponden a diferentes niveles de fuerza muscular.

Figura 1

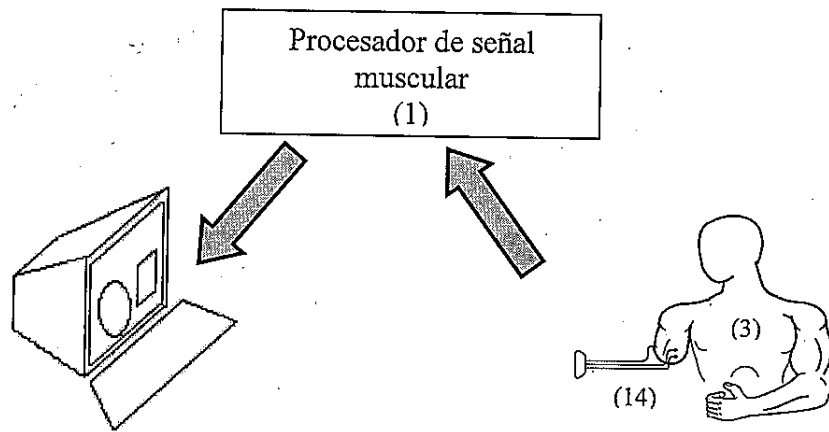


Figura 2

