

I. INTRODUCCIÓN

En esta lección, usted investigará algunas propiedades del músculo esquelético. Los fenómenos fisiológicos asociados con otras clases de músculo, tales como la electrofisiología del corazón, serán estudiados en lecciones subsecuentes.

El cuerpo humano contiene tres tipos de tejido muscular y cada uno realiza tareas específicas para mantener la homeostasis. Estos son el **músculo cardíaco**, el **músculo liso** y el **músculo esquelético** (o estriado).

- **Músculo cardíaco** se encuentra sólo en el corazón. Cuando se contrae mantiene la circulación sanguínea que libera los nutrientes hacia las células y remueve los desechos celulares.
- **Músculo liso** se localiza en las paredes de los órganos huecos, tales como los intestinos, vasos sanguíneos y pulmones. Su contracción cambia el diámetro interno de las vísceras huecas, y es normalmente utilizado para regular el paso de material a través del tracto digestivo, controlar la presión y flujo sanguíneo, ó regular volumen ventilatorio durante la respiración.
- **Músculo esquelético** debe su nombre a que normalmente se encuentra unido al esqueleto. Su contracción mueve una parte del cuerpo con respecto de otra, por ejemplo la flexión del antebrazo sobre el brazo. La contracción coordinada de varios músculos a la vez, puede desplazar el cuerpo en el medio, como al caminar o al nadar.

La función primaria de los músculos, sin importar su clase, es *convertir la energía química en trabajo mecánico*, y haciendo esto, el músculo se acorta ó contrae.

El músculo esquelético consiste en cientos de células cilíndricas (llamadas **fibras**) unidas entre ellas por tejido conectivo. En el cuerpo, el músculo esquelético es estimulado para contracción a través de nervios motores, que transportan señales en la forma de impulsos nerviosos desde el cerebro o desde la médula espinal a los músculos esqueléticos (Fig. 1.1). Los **axones** (o fibras nerviosas) son extensiones largas y cilíndricas de las neuronas. Los axones salen del cerebro como nervios craneales, y de la médula como nervios espinales, y son distribuidos a los músculos esqueléticos apropiados como nervios periféricos. El nervio tiene la estructura de un cable que contiene una colección de fibras nerviosas individuales. Una vez que alcanza el músculo, cada nervio se ramifica e inerva varias fibras musculares.

Aunque una neurona motora puede inervar varias fibras musculares, cada fibra muscular es inervada por una sola motoneurona. La combinación de una sola motoneurona y todas las fibras musculares que controla ó inerva es llamada **unidad motora** (Fig. 1.1).

Cuando una neurona motora somática es activada, todas las fibras musculares que son inervadas por ella, responden en forma conjunta a los potenciales de acción neuronales, generando un potencial de receptor muscular, el que permite (una vez alcanzado el umbral) gatillar un potencial de acción a nivel muscular.

Fisiológicamente, el grado de contracción de un músculo esquelético es regulado a través del:

1. Control del número de unidades motoras reclutadas dentro del músculo,
2. Control de la frecuencia de los impulsos de la motoneurona en cada unidad motora.

Si es necesario un aumento en la fuerza de contracción del músculo, para mejorar una faena, el cerebro puede aumentar el número de las unidades motoras en actividad simultánea dentro del músculo (**reclutamiento de unidades motoras**).

In vivo, el músculo esquelético en reposo experimenta un fenómeno conocido como **tono muscular**, que es un estado de tensión leve y constante, que sirve para mantener el músculo en un estado de alerta. El tono es debido a la activación alternada y periódica de un pequeño número de unidades motoras dentro del músculo desde los centros motores ubicados en el cerebro y en la médula espinal. Los movimientos suaves y controlados del cuerpo (como al caminar o nadar) son producidos por contracciones graduadas del músculo esquelético. **Graduación** significa variar la fuerza de la contracción muscular o variar la duración del acortamiento en proporción a la carga del músculo. Los músculos

esqueléticos son capaces de reaccionar a las diferentes cargas. Por ejemplo, el esfuerzo de los músculos al caminar en plano es mucho menor que el de los mismos al subir las escaleras.

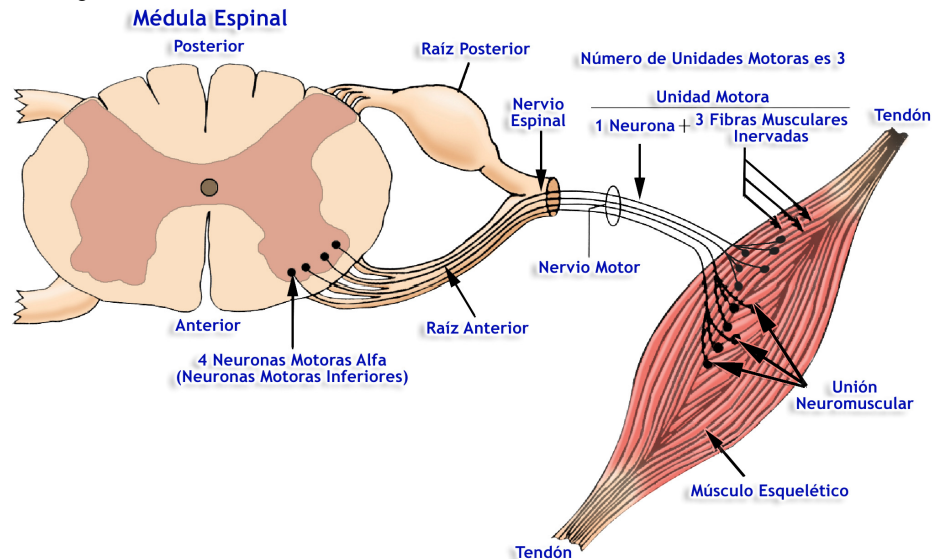


Fig. 1.1 Ejemplo de una unidad motora

Cuando una unidad motora es activada, las fibras que componen el músculo, generan y conducen sus propios impulsos eléctricos, lo que resulta en la contracción de las fibras. Aunque la producción y generación del impulso eléctrico es muy débil (menos de $100 \mu V$), muchas fibras que conducen simultáneamente potenciales de acción, inducen diferencias de voltaje en la piel que las cubre, y son suficientemente grandes como para ser detectadas por los electrodos. La detección, amplificación y grabación de los cambios de voltaje en la piel producidos por repetidas contracciones del músculo esquelético es llamada **electromiografía**. La grabación del registro obtenido se llama **electromiograma (EMG)**.

La señal de **EMG** es el registro de dos actividades bioeléctricas: 1) propagación de los impulsos del nervio motor y su transmisión a las uniones neuromusculares de la unidad motora, y 2) propagación de los impulsos de los músculos por el sarcolema y los sistemas T-tubular que provocan un acoplamiento en la excitación-contracción. Las magnitudes de los potenciales de acción de las unidades motoras activas no son todas iguales ni están en fase una de la otra. Además, la secuencia de la activación de la unidad motora es variable. El resultado neto de estos y otros factores es una señal compleja de EMG. Recuerda que estamos registrando toda esta actividad como se detecta por electrodos de superficie, y el fenómeno de la depolarización y repolarización de la propagación del músculo e impulsos del nervio. Por lo tanto, los "picos", tendrán un componente negativo y positivo y las amplitudes influirán por la localización de los electrodos de registro con respecto al número de músculos esqueléticos subyacentes y las fibras del nervio motoras.

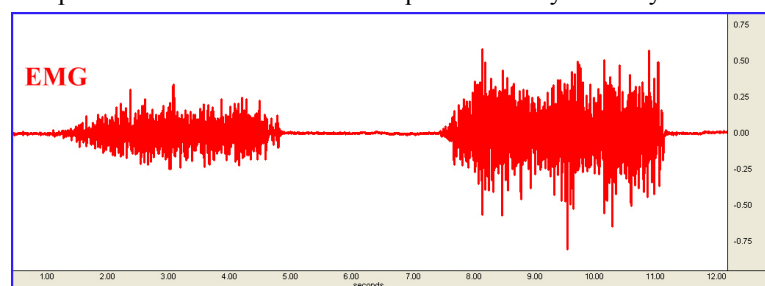


Fig. 1.2 EMG

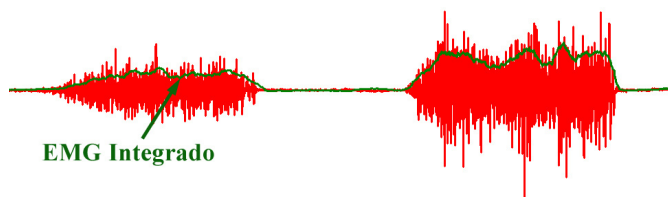


Fig. 1.3 EMG Integrado

La integración del EMG es una vista alternativa a la señal de EMG que claramente muestra el patrón de la actividad muscular. La integración del EMG promedia las espigas de ruido en la señal de EMG para proporcionar una indicación más precisa del nivel del EMG. La integración del EMG calcula un promedio (media) de los datos EMG primero rectificando cada punto en el rango de muestra (invirtiendo todos los valores negativos) y calculando la media. En esta lección, cada punto de datos del EMG integrado se calcula utilizando 100 muestras de datos del EMG original, por lo que los primeros 100 puntos de muestras se deberían ignorar ya que reflejan el número de valores cero siendo promediados en las primeras muestras de datos.