



# MÓDULO 03

**ESTRUCTURA Y FUNCIÓN MUSCULAR**



## **Tipos de musculatura**

Existen 3 tipos de musculatura, la cardíaca, lisa y estriada.

La musculatura cardíaca, también llamada miocardio, forma las paredes del corazón. El miocardio está formado por una pared externa llamada pericardio y una interna llamada endocardio. Consiste en musculatura involuntaria estriada que se contrae debido a un estímulo eléctrico llamado potencial de acción relacionado con la liberación de calcio por el retículo sarcoplasmático celular. El miocardio está formado por células específicas llamadas cardiomiocitos. Es un tipo de musculatura involuntaria cuya contracción es controlada por el sistema nervioso autónomo.

Otro tipo de musculatura controlada por el sistema nervioso autónomo es la musculatura lisa. Como su propio nombre indica, no tiene estrías y se encuentra en vísceras, vasos sanguíneos, estómago y esófago, esfínteres, etc. Existen dos tipos el tejido liso multiunitario y el unitario. La diferencia es que en el primero las fibras musculares lisas pueden contraerse de forma independiente (por ejemplo, en el caso de los músculos presentes en las paredes bronquiales). En el caso de los músculos lisos unitarios, las fibras sólo pueden contraerse todas al mismo tiempo, lo que sucede, por ejemplo, en el caso de la pared del estómago o vejiga.

La musculatura estriada es voluntaria y depende del sistema nervioso periférico. Sus unidades principales son la actina y la miosina. Los músculos estriados se insertan en los huesos del esqueleto y permiten el movimiento.

## **Anatomía del músculo esquelético o musculatura estriada**

El músculo estriado se divide en diferentes capas:

El epimisio es la capa más externa que rodea el músculo completamente y funciona como soporte. Dentro del epimisio se encuentra un conjunto de fibras envueltas en una vaina de tejido conectivo, llamadas fascículos. Ese tejido conectivo que rodea los fascículos es llamado perimisio. Dentro del perimisio tenemos las fibras musculares individualmente. Las fibras musculares tienen varios núcleos. Cada fibra muscular esta cubierta por una vaina de tejido conectivo llamada endomisio.

Las fibras musculares están recubiertas por una membrana plasmática llamada plasmalema. El plasmalema es parte de una unidad mayor llamada sarcolema. Al final de cada fibra muscular, el plasmalema se une con el tendón, que se inserta en el hueso. Los tendones traspasan la fuerza del músculo al hueso y participan en la creación de movimiento.

El sarcoplasma es el citoplasma o parte líquida de la fibra muscular. Éste contiene proteínas disueltas, minerales, glucógeno, grasas, organelas y mioglobina.

El retículo sarcoplasmático es una red de túbulos longitudinales que se encuentra dentro de la fibra muscular. El retículo sarcoplasmático sirve como almacenamiento de calcio, esencial en

la contracción muscular.

Cada músculo está formado por cientos a miles de miofibrillas, formadas por los sarcómeros, los elementos básicos de contracción del músculo estriado.

Los sarcómeros del músculo estriado presentan un patrón de estrías. El sarcómero es la unidad básica funcional de la miofibrilla y la unidad básica contráctil del músculo. Cada miofibrilla se compone de múltiples sarcómeros unidos por los discos Z. Cada miofibrilla contiene dos tipos de filamentos de proteína llamados actina y miosina, lo que le da al músculo estriado su apariencia estriada. Estos filamentos se pueden clasificar en gruesos y finos. La miosina es un filamento grueso y representa dos tercios de la masa proteica muscular. La miosina está formada por dos cadenas proteicas enrolladas entre sí y terminando en una cabeza globular. Estas cabezas sobresalen de los filamentos gruesos con la función de generar puentes cruzados con los filamentos finos. La titina estabiliza el axis longitudinal de la miosina.

Los filamentos finos se componen de tres proteínas: actina, tropomiosina y troponina. La nebulina funciona como anclaje para la actina. Cada filamento fino dispone de una zona activa donde interactuar con las cabezas de miosina.

## **Fisiología de la contracción muscular**

La contracción del músculo estriado sucede como respuesta a una señal del sistema nervioso. La motoneurona alfa es una célula nerviosa que conecta e inerva varias fibras musculares. Al conjunto formado por una motoneurona alfa y todas las fibras que inervada se le llama unidad motora. La sinapsis entre la motoneurona alfa y la fibra muscular se llama unión neuromuscular, donde sucede la confluencia entre el sistema nervioso y motor.

El movimiento sucede cuando se produce un estímulo de un nervio motor que se transmite en una contracción de las fibras musculares. Este impulso nervioso se llama potencial de acción y va del cerebro o la médula espinal a la motoneurona alfa. Éste llega a las dendritas de las neuronas de la motoneurona alfa y de ahí al axón, que es donde se encuentra el plasmalema. Cuando el potencial de acción llega al axón, éste liberará acetilcolina, un neurotransmisor que conecta con los receptores del plasmalema. De esta manera el potencial de acción se transmitirá a la totalidad de la fibra muscular. Este fenómeno se denomina despolarización.

Una vez que el potencial de acción ha alcanzado las fibras musculares, se produce el fenómeno del deslizamiento de los filamentos de actina y miosina. La miosina se enlaza con la actina a través de sus cabezas globulares como explicado anteriormente, y el músculo se contraerá, los filamentos se aproximan entre ellos y esto genera que el músculo se acorte. Inmediatamente después la cabeza de miosina se gira, abandonando la parte de conexión activa con la actina, y gira hacia un nuevo punto activo a lo largo del filamento de actina. Esta repetición de enlaces causa que los filamentos se deslicen los unos sobre otros. Este proceso continúa hasta que los finales de los filamentos de miosina alcanzan los discos Z, o hasta que el calcio vuelve al retículo sarcoplasmático. Este deslizamiento de filamentos provocará que los fascículos

musculares se acorten, dando lugar a una contracción muscular organizada.

Cuando la contracción muscular termina, el calcio vuelve al retículo sarcoplasmático por un sistema activo de bombeo de calcio.

### **Tipos de fibras musculares**

Existen dos tipos de fibras musculares, fibras de tipo I y II:

- Fibras I: Tienen un alto nivel aeróbico. Son muy eficientes produciendo ATP de la oxidación de hidratos de carbono y grasas. Esto les permite mantener la actividad muscular por largos periodos de tiempo. Este tipo de fibras se reclutan en deportes que requieren baja intensidad durante periodos de tiempo prolongados.
- Fibras II: Relativamente pobres en resistencia aeróbica comparadas con el tipo I. Trabajan mejor en actividades anaeróbicas, que no requieren oxígeno. El ATP se forma a través de mecanismos anaeróbicos. Las unidades motoras tipo IIa generan considerablemente más fuerza que las unidades motoras tipo I. Sin embargo, las unidades motoras IIa también se fatigan más rápidamente debido a que tienen menor resistencia o endurance. Debido a esto, las fibras IIa son el tipo de fibra usado más frecuentemente durante períodos más cortos y de más alta intensidad de actividad deportiva.

El valor de las fibras IIx no se entiende completamente. Su mayor grado de activación parece ser en eventos altamente explosivos.

### **Tipos de contracción muscular**

- Concéntrica: El músculo se acorta como resultado del deslizamiento de la actina y miosina. Este tipo de contracción genera movimiento.
- Isométrica: El músculo genera fuerza pero su longitud se mantiene sin cambios. No se produce cambio en el rango articular.
- Excéntrica: El músculo se contrae mientras se alarga. En esta contracción se genera movimiento. En este caso los filamentos finos de actina se mueven hacia los extremos musculares mientras el músculo se contrae.

### **Factores que influyen en la generación de fuerza**

La fuerza generada depende directamente del número de unidades motoras activadas.

Unidades motoras y tamaño muscular: músculos con mayor tamaño tienen más unidades motoras, y éstas contienen más fibras motoras que en músculos de menor tamaño.

Frecuencia de estimulación de las unidades motoras: la fuerza de contracción de las unidades motoras depende de la intensidad del estímulo aplicado. Dependiendo de la intensidad del estímulo se puede ob-

tener desde una contracción muscular pequeña hasta la tetania, que representa el mayor punto de fuerza o tensión que una fibra muscular puede producir.

Fibras muscular y longitud del sarcómero: cada músculo tiene una longitud óptima para generar fuerza. La longitud óptima del sarcómero se define como la longitud donde hay un entrelazamiento óptimo entre las fibras de actina y miosina. Cuando el sarcómero está completamente estirado o acortado, se generará poca fuerza, ya que no hay suficientes puentes cruzados entre la actina y miosina.

Velocidad de contracción: la habilidad para desarrollar fuerza depende de la velocidad de la contracción muscular.

I. Durante contracciones concéntricas, la fuerza máxima disminuye progresivamente con altas velocidades.

II. Durante contracciones excéntricas, la fuerza máxima aumenta a altas velocidades.

## **Bibliografía**

Kenney, W., Costill, D. and Wilmore, J., 2020. *Physiology Of Sport And Exercise*. Champaign, Il: Human Kinetics.

Lamb, G., 2000. Excitation-Contraction Coupling In Skeletal Muscle: Comparisons With Cardiac Muscle. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 27(3), pp.216-224.

Schiaffino, S., 2010. Fibre types in skeletal muscle: a personal account. *Acta Physiologica*, 199(4), pp.451-463.

Shaffer, F. and Neblett, R., 2010. Practical Anatomy and Physiology: The Skeletal Muscle System. *Biofeedback*, 38(2), pp.47-51.

SP, S., 2017. Skeletal Muscle and its Structure-Function Relationship. *Anatomy & Physiology*, s6.