

## FISIOLOGÍA DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

***El estudio de la locomoción animal nos conduce a revisar dos estructuras fundamentales el hueso y el músculo. Este es el músculo esquelético que es voluntario, en su gran mayoría y su inserción en los huesos se hace a través de tendones que cruzan las articulaciones. El músculo liso o visceral es de contracción involuntaria y constituyen la musculatura de los órganos internos.***

La función principal de la musculatura esquelética es la de mover los miembros superior e inferior, tronco y cabeza, condiciones fundamentales para las funciones de relación con el medio ambiente.

- 1. Movimiento caminar, correr, latido o contracción cardiaca etc.***
- 2. Mantenimiento de la postura.***
- 3. Producción de calor es un mecanismo para conservar la temperatura corporal constante.***
- 4. Protección corporal junto a los huesos protege órganos vitales.***
- 5. Almacenamiento de fuentes energéticas como el glucógeno.***

***De la acción combinada de los músculos y huesos, resultan las distintas posiciones y movimientos del cuerpo animal. Los movimientos son de tipo antagónico, eso significa que existen músculos que generan un movimiento típico y otros músculos se oponen a este y realizan un movimiento contrario.***

Las Características fundamentales de los músculos de los animales son:

- 1. Excitabilidad:*** los músculos son capaces de recibir y responder a estímulos externos.
- 2. Contractilidad:*** los músculos tienen capacidad de acortamiento.
- 3. Extensibilidad:*** los músculos pueden ser estirados o dañados.
- 4. Elasticidad:*** habilidad del tejido muscular para retornar a la forma original después del estiramiento.

***El músculo esquelético es el tejido más abundante del cuerpo humano y tiene la particularidad de transformar la energía química del Trifosfato de Adenosina o ATP en energía mecánica. El mismo está compuesto de una innumerable cantidad de células alargadas, denominadas fibras musculares, las cuales a su vez están llenas de hileras de miofibrillas, compuestas de unidades contráctiles mucho más pequeñas denominadas Sarcómeros. Los componentes claves de los Sarcómeros son dos filamentos, uno grueso, la Miosina, y uno delgado, la Actina, unidos por un tejido de conexión llamado línea Z.***

***Según la teoría de los filamentos deslizantes estas proteínas moleculares, activadas por medio de impulsos nerviosos, se deslizan una sobre la otra, utilizando la energía química del ATP, esto genera una tensión muscular, que si es mayor que la resistencia aplicada genera movimiento.***

**Las fibras musculares no se dividen para formar nuevas fibras. En la medida que los individuos envejecen se van perdiendo fibras musculares, las cuales no se reponen jamás. La manera por la que el músculo crece se debe al hecho de que las fibras individuales incrementan su masa. Este aumento es ocasionado por la creación de nuevas miofibrillas.**

**El estrés mecánico que produce el ejercicio en los tendones y otras estructuras conectadas al músculo disparan ciertas proteínas, mayormente la Actina y la Miosina, las cuales a su vez activan ciertos grupos de genes que hacen que la célula muscular produzca más proteínas contráctiles. Estas proteínas son necesarias en la medida que el músculo produce grandes cantidades de miofibrillas adicionales**

**Fibras de Contracción Rápida: Son más importantes en las actividades en las que los animales requieren contracciones musculares breves y poderosas.**

**Ejemplo: saltos, carreras de velocidad, movimientos rápidos de defensa o ataque.**

**Estas fibras requieren niveles altos de ATP, que es la sustancia responsable de liberar energía durante el deslizamiento de los filamentos de actina sobre la miosina. Tienen mayor facilidad para contraerse en condiciones anaeróbicas.**

**Fibras de Contracción Lenta: Estas se encuentran más adaptadas para las pruebas de resistencia, que requieren contracciones repetidas en un período prolongado de tiempo. Ej.: carreras de fondo, trabajo de carga. Estas fibras deben trabajar en condiciones aeróbicas (poseen una red de capilares que facilitan la provisión de oxígeno, glucosa y ácidos grasos a las fibras), tienen mayor depósito de grasa, la cual pueden utilizar durante el ejercicio.**

**La fuerza muscular depende de factores que tienen que ver con el músculo en sí y con la regulación nerviosa de la contracción muscular.**

**La fuerza de la contracción la proporciona el ATP (adenosin-trifosfato). Pero a su vez el músculo fabrica ATP a partir de 2 sustancias: la creatina y la glucosa.**

**La creatina está almacenada en el músculo en forma de fosfato de creatina (fosfocreatina) y no requiere oxígeno para su utilización, la cual combinada con ADP (adenosinofosfato) forma ATP.**

**La glucosa sanguínea es aprovechada por el músculo en presencia de oxígeno. Este sistema lo utilizan las fibras de contracción lenta. En condiciones anaeróbicas la glucosa, para ser utilizada, se transforma en ácido láctico. Este mecanismo lo usan las fibras de contracción rápida**

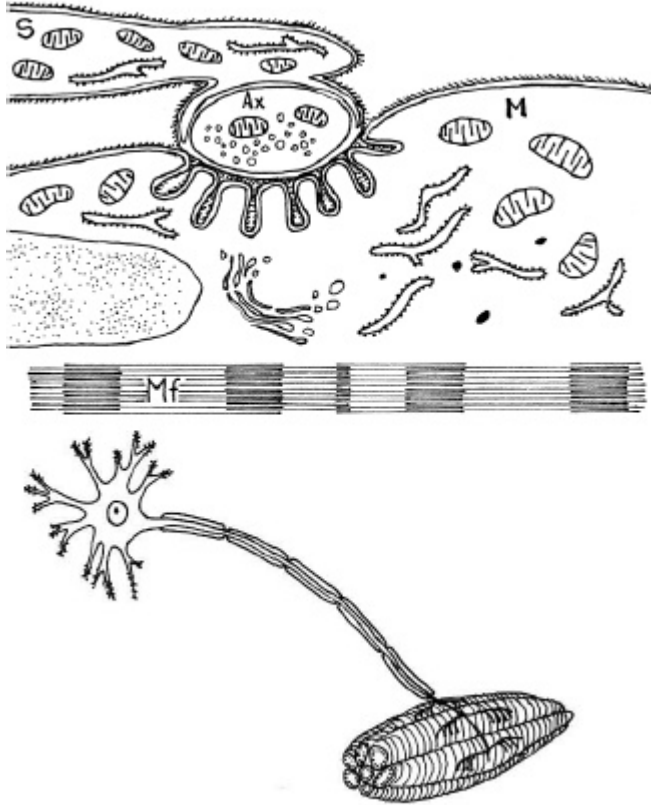
## **A. TRANSMISIÓN NEUROMUSCULAR – SINÁPSIS MIONEURONALES**

**Sinápsismioneural: sinápsis entre el nervio y el músculo esquelético**

**El músculo esquelético es estriado, voluntario y rodea al esqueleto. A la neurona que interviene en este proceso se le denomina motoneurona, es aquella neurona que va a conectar con el músculo esquelético.**

**La motoneurona es una neurona mielínica. El axón de la motoneurona va acercándose al músculo, cuando contacta con el músculo el axón pierde una vaina de mielina y se divide en múltiples botones terminales, estos botones siempre contendrán como neurotransmisor la acetilcolina.**

Los botones terminales se introducen a modo de invaginaciones por el interior del músculo esquelético. Es una estructura muy desarrollada.



**También existe el músculo cardíaco y estriado, pero en ellos son dos los neurotransmisores los que intervienen en el proceso (acetilcolina y catecolamina), en este caso las conexiones nerviosas no están tan definidas como en el músculo esquelético.**

En la placa presináptica está la placa motora, que es una estructura especializada postsináptica (sinápsis mioneural) que va a recibir al neurotransmisor.

**En el músculo cardíaco y liso las conexiones entre la fibra nerviosa y el nervio muscular no son tan definidas y además contiene acetilcolina y catecolamina. En estos músculos no existen placas motoras en las neuronas postsinápticas.**

## B. CONTRACCIÓN EN EL MÚSCULO ESQUELÉTICO

**Secuencia del mecanismo de la contracción muscular:**

- 1. El potencial de acción se presenta transmitido gracias al sistema tubular T**
- 2. Se liberan los iones de calcio**
- 3. El calcio se une a la troponina C.**

Por que por cada molécula de troponina que se une a un ión de calcio se destapan **7 sitios de enlace de la miosina.**

**4. La unión entre troponina I y actina se debilita.**

**5. La tropomiosina se mueve lateralmente**

6. Por el movimiento se descubren los sitios de combinación para las cabezas de miosina.

7. Se desdobra el ATP

8. Se produce la contracción.

Secuencia del mecanismo de la relajación muscular

1. Rápidamente el retículo sarcoplásmico empieza a acumular calcio por mecanismo **de transporte activo es decir utilizando ATP o energía.**

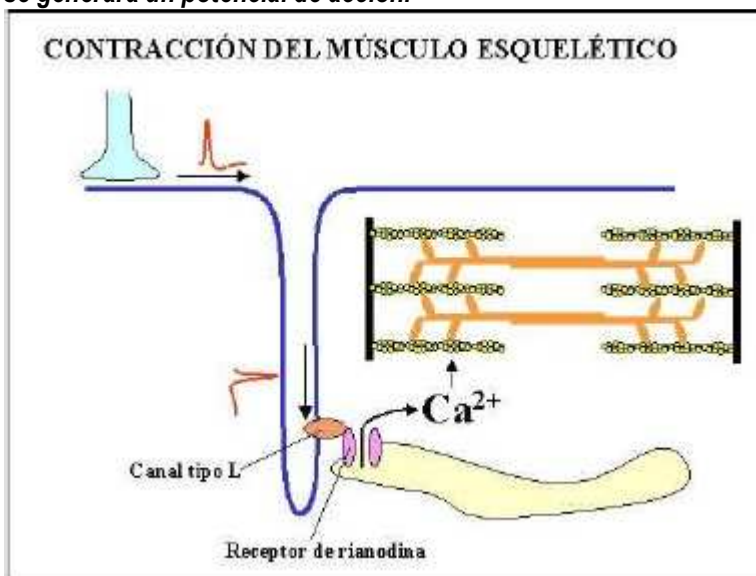
**2. El calcio se almacena y comienza a descender la concentración de calcio libre**

**3. Se detiene la acción química entre miosina y actina**

**4. Se produce la relajación**

*La motoneurona conduce el potencial de reacción, este llega a la zona final de la neurona presináptica y produce la apertura de canales de calcio, induce a la exocitosis y siempre saldrán moléculas de acetilcolina, la acetilcolina sale a la hendidura sináptica y es recogida por las placas motoras e interacciona produciendo un potencial en placa.*

*Es igual que el potencial postsináptico excitados pero se denomina así porque la excitación se produce en la placa motora. En la segunda neurona habrá una apertura de los canales de sodio para poder llevarse a cabo la despolarización de la fibra nerviosa. Si se alcanza el punto crítico de disparo se generará un potencial de acción.*



*El potencial de acción viajará por las fibras musculares esqueléticas, una vez en las cisternas terminales liberarán el calcio, este calcio liberado interaccionará con las proteínas contráctiles del*

***músculo (actina y miosina) y se producirá un acortamiento de los extremos terminales, lo que supondrá la contracción muscular.***

Para la contracción muscular también se requiere la presencia de ATP (Adenosil Trifosfato) a este proceso se le denomina acoplamiento excitación-contracción. Si cogiéramos una fibrilla del músculo, el potencial de membrana en reposo será de alrededor de -90 mV, es muy estable.

El potencial de acción es similar al estudiado para la fibra nerviosa pero su amplitud es un poco mayor.

Conceptos de contracción simple y tetánica:

Simple: ocurre cuando al músculo le llega un solo potencial de acción y como consecuencia produce una contracción-relajación (sacudida muscular)

***Tetánica: sucede cuando al músculo le llega un tren de potenciales de acción, como consecuencia hay una contracción mantenida. En el movimiento hay un código de frecuencias de potenciales de acción con sus pausas para que eso sea ordenado.***

Contracción isométrica e isotónica

Isométrica: ocurre cuando existe una contracción muscular pero esa contracción no existe la completa aproximación de los extremos del músculo

Isotónica: supone la contracción con total aproximación de los músculos.

#### **Secuencia de las bases moleculares en la contracción.**

- 1. Ocurre un deslizamiento de las fibras de actina sobre las de miosina***
- 2. El ancho de la banda A siempre permanece constante.***
- 3. Las líneas Z se unen cuando se contrae. (Se apartan cuando se estira)***
- 4. Existe un acortamiento por la aproximación de los filamentos de actina.***
5. Se efectúan los enlaces cruzados entre la actina y la miosina. Estos se conectan y reconectan con los siguientes sitios de manera seriada.
6. El ATP como fuente de energía para la contracción se produce por hidrólisis de ADP.
7. Transmisión a todas las fibrillas por el sistema T

#### **C. CONTRACCIÓN DEL MÚSCULO CARDÍACO**

***Es un músculo estriado, en su sinápsis intervienen dos neurotransmisores (acetilcolina y catecolamina), es un músculo involuntario. El potencial de reposo en la fibra cardíaca es bastante estable, aproximadamente sobre -80 mV, es mantenido.***

**Si se estimula la fibra se generará un potencial de acción porque es una célula excitable. El potencial de acción es diferente a todo lo estudiado anteriormente porque tiene una meseta debida a la entrada de calcio en la célula.**

Esto hace que el potencial de acción del corazón tenga una mayor amplitud, de unos 200 mV. Las permeabilidades que intervendrían en el corazón son:

Despolarización del Na

Meseta de Ca

Hiperpolarización del K

**El corazón tiene su propio sistema automático marcapasos, tiene capacidad para generar aisladamente impulsos (automatismo cardíaco). Las zonas marcapasos son en nodo sinusal y el auriculoventricular, ellos solos pueden generar impulsos propios.**

**El nodo sinusal se localiza en la aurícula derecha cercano a la desembocadura de la cava auricular. En el haz de His hay unas fibras que serán las encargadas de llevar la información hacia la punta del corazón. También hay unas fibras llamadas fibras de Purkinje que llevan la excitación a las extremidades ventriculares. Esas zonas son zonas**

marcapaso.

**Si medimos el potencial de acción en esas fibras observaremos que el potencial de acción no es estable, es más bien ondulatorio. El nodo sinusal tendrá una despolarización de entre 60-80 despolarizaciones / minuto, por término medio tendrá 70 des/min. En el auriculoventricular la frecuencia es más baja de 40 des/min.**

**Los dos no pueden estar controlando al corazón al mismo tiempo, el marcapasos fisiológico es el nodo sinusal, el auriculoventricular permanecerá en reposo hasta que suceda alguna patología, entonces será él el encargado de regular al corazón.**

**Cada una de esas despolarizaciones excita células cardíacas vecinas y conduce un potencial de acción. Como consecuencia se excitan las aurículas dando lugar a una onda electrocardiograma, a continuación llegará al nódulo auriculoventricular y finalmente al centro del corazón.**

**Las 60-80 des/min corresponderán a 60.80 contracciones del corazón y como consecuencia a 60-80 pulsaciones/minuto, a esto se le debe añadir la estimulación nerviosa, entonces pasaremos de una situación de reposo a una de excitación aumentando las contracciones del corazón en función a las necesidades para que el corazón tenga el aporte necesario de sangre. Todo esto está regulado por el Sistema Simpático.**

#### D. CONTRACCIÓN EN EL MÚSCULO LISO

**Es un músculo que se encuentra principalmente en las vísceras internas como el aparato digestivo, el útero, los uréteres, etc. Es liso porque en su anatomía no hay fibras transversales. Está regulado por terminaciones nerviosas que contienen la acetilcolina y catecolamina.**

**El potencial de reposo del músculo liso es bastante inestable, está despolarizado, alrededor de -50 mV y por tanto al estar más despolarizado tiene tendencia a generar contracciones espontáneas.**

## BIBLIOGRAFIA

<http://es.scribd.com/doc/12082388/Fisiologia-de-Contraccion-Muscular>