



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS**



SISTEMAS ANIMALES

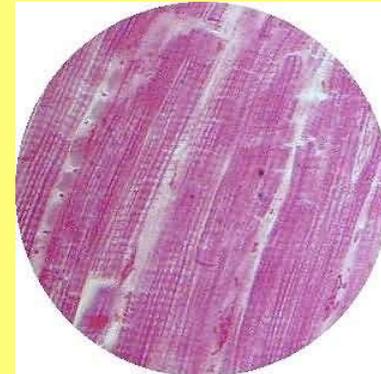
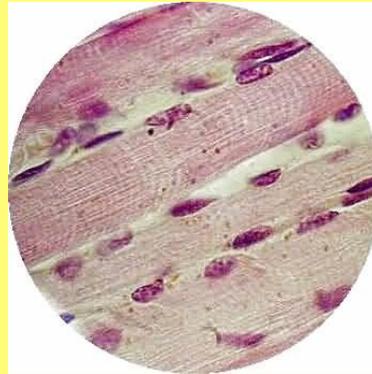
MUSCULO Y MOVIMIENTO

Dr. Hermilo Sánchez Sánchez

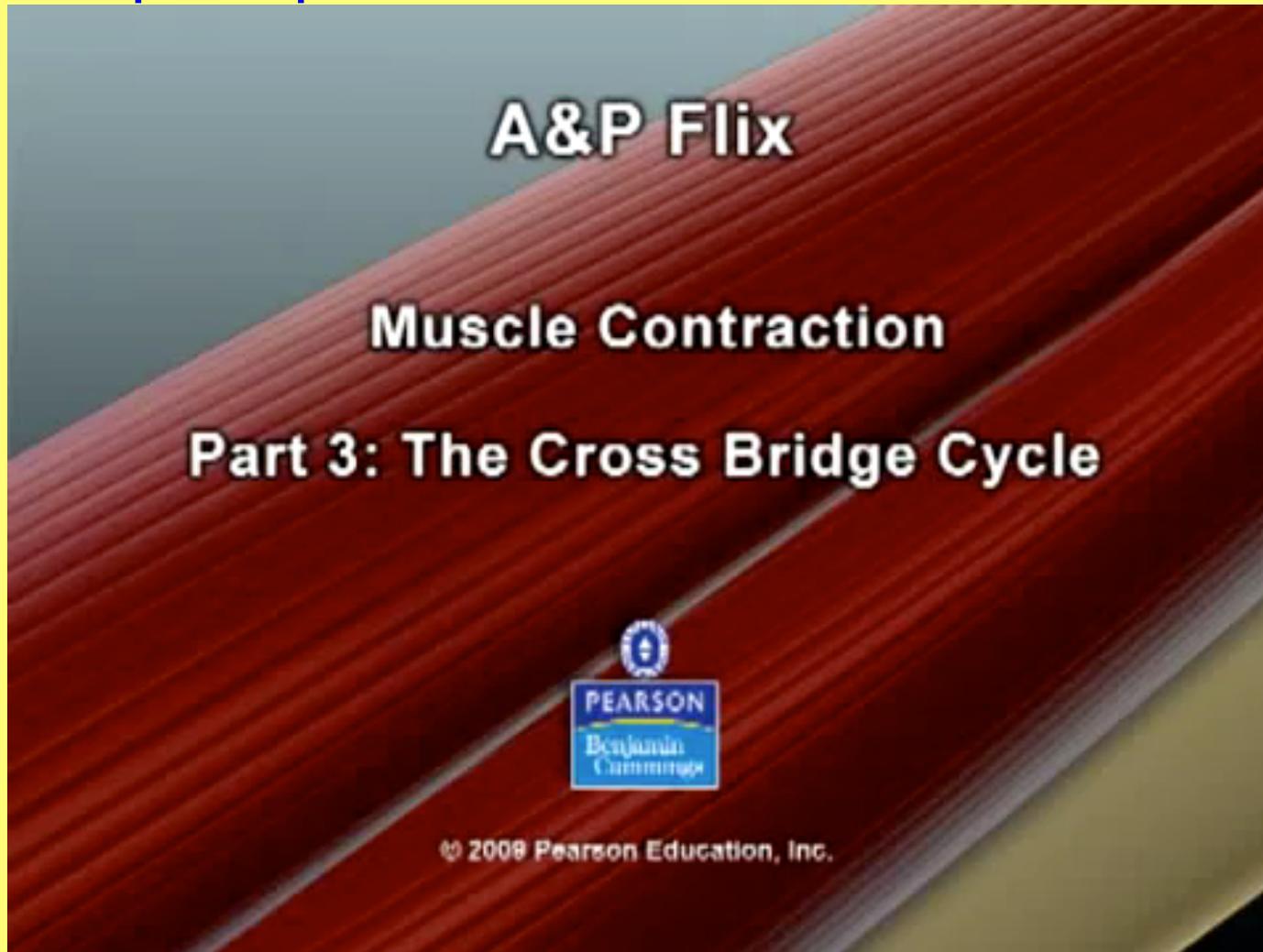
II. MÚSCULO Y MOVIMIENTO

- Histología del músculo
- Estructura celular del músculo: sarcolema, sarcoplasma, retículo sarcoplasmático.
- Clases de Músculos: Estriado, cardíaco, liso
- Teoría de la contracción muscular
- Placa neuromotora: sinapsis neuromuscular, propagación del potencial de acción, transmisión colinérgica.
- Proceso de contracción muscular: ión Calcio, Troponina, tropomiosina, filamentos deslizantes, ATP y energía muscular.
- Fuerza y trabajo muscular
- Fuerza muscular: activación de unidades motoras, contracción isométrica, contracción isotónica, control nervioso de la contracción
- Trabajo muscular. Tétanos, relación fuerza velocidad, eficiencia mecánica, velocidad, entrenamiento físico.

Histología del Músculo



El **tejido muscular** es un tipo de tejido, cuya función principal es la **contracción**.



El **tejido muscular** es un tipo de tejido, cuya función principal es la **contracción**.

La contracción puede ser tan sutil como la que ocurre en un vaso sanguíneo o tan fuerte como la que se genera al levantar un objeto pesado.

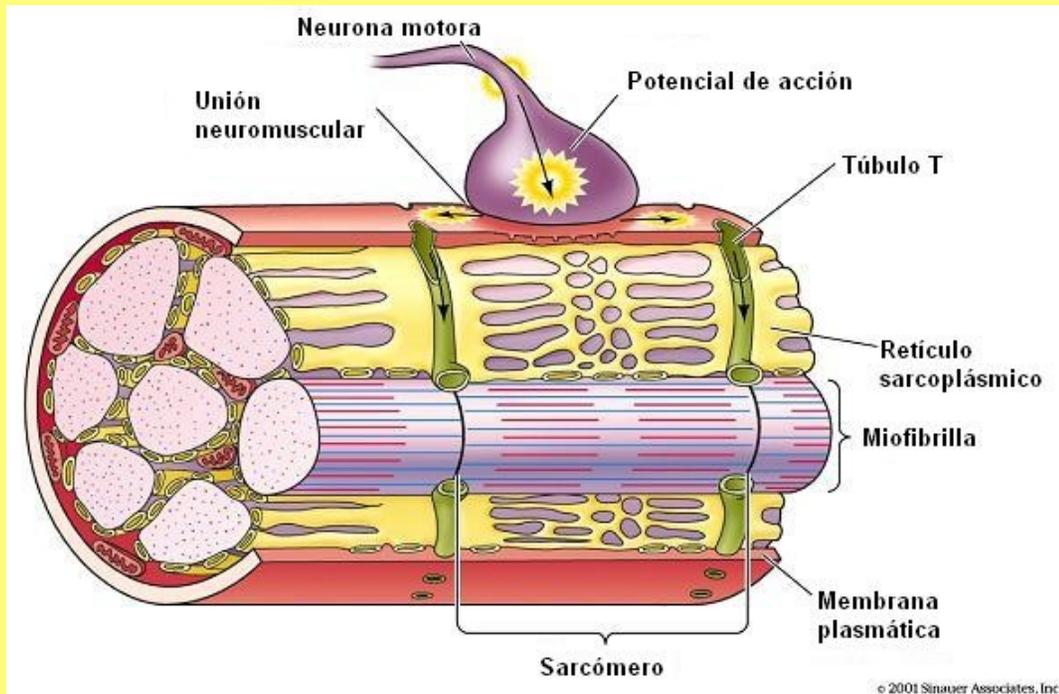
Contracción: (contractilidad) es el alargamiento y acortamiento armónico de células (fibras) la cual es controlada a partir del sistema nervioso.

Función

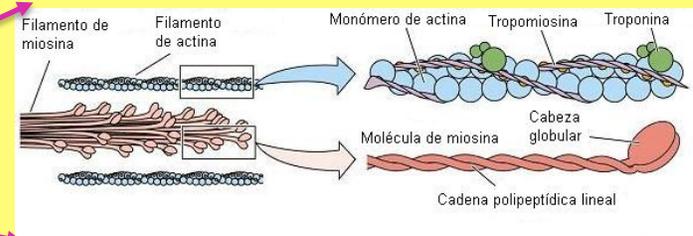
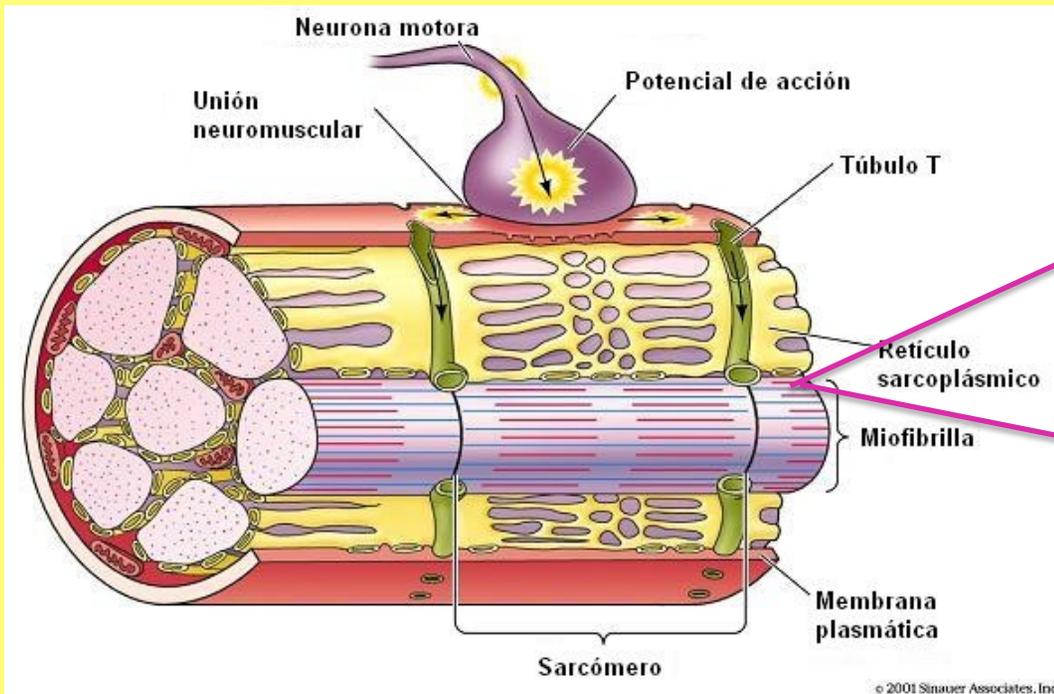
Contracción o contractilidad

- Locomoción
- Movimiento de varios órganos internos
- Latido del corazón
- Propulsión de sangre y líquido linfático a través de los vasos
- Paso del alimento a lo largo del tracto digestivo
- Conducción de las secreciones glandulares y los productos de excreción a través de sus respectivos ductos
- Producción de calor del cuerpo

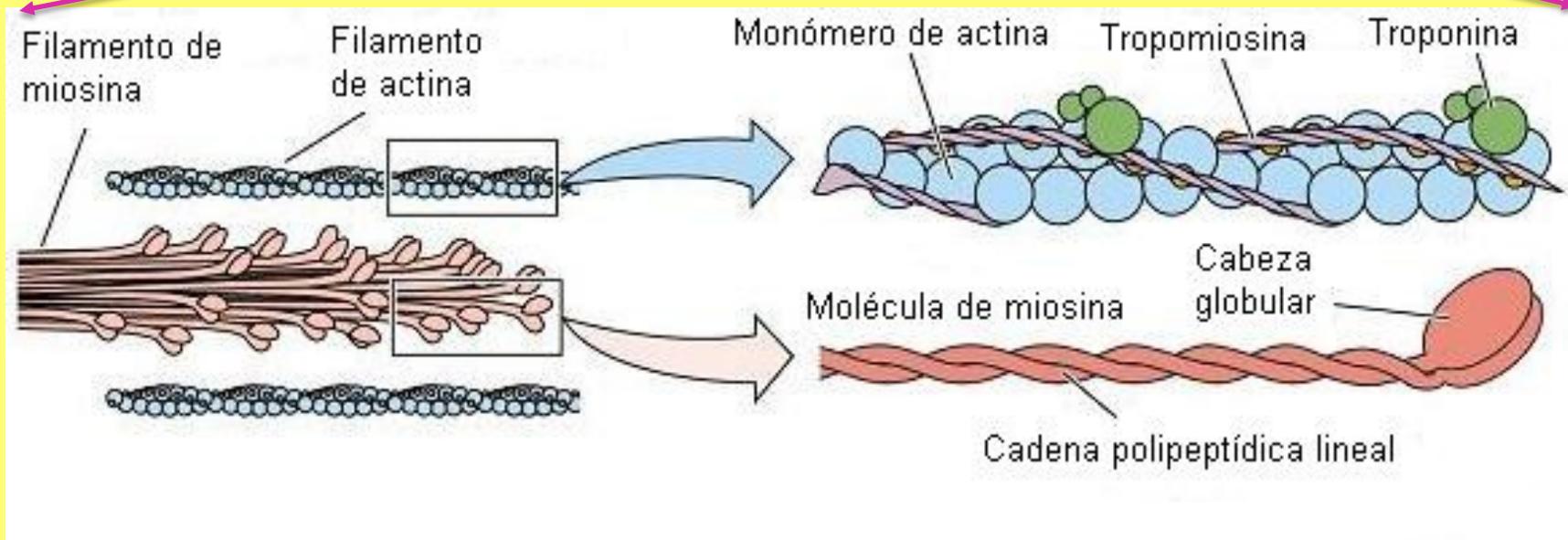
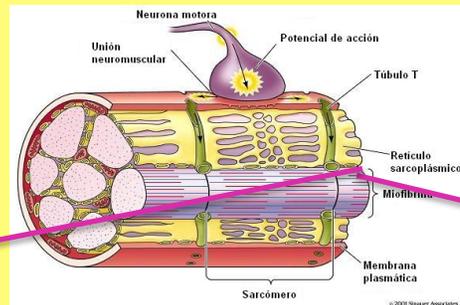
Miofilamentos y Miofibrillas, formados principalmente por Actina y Miosina



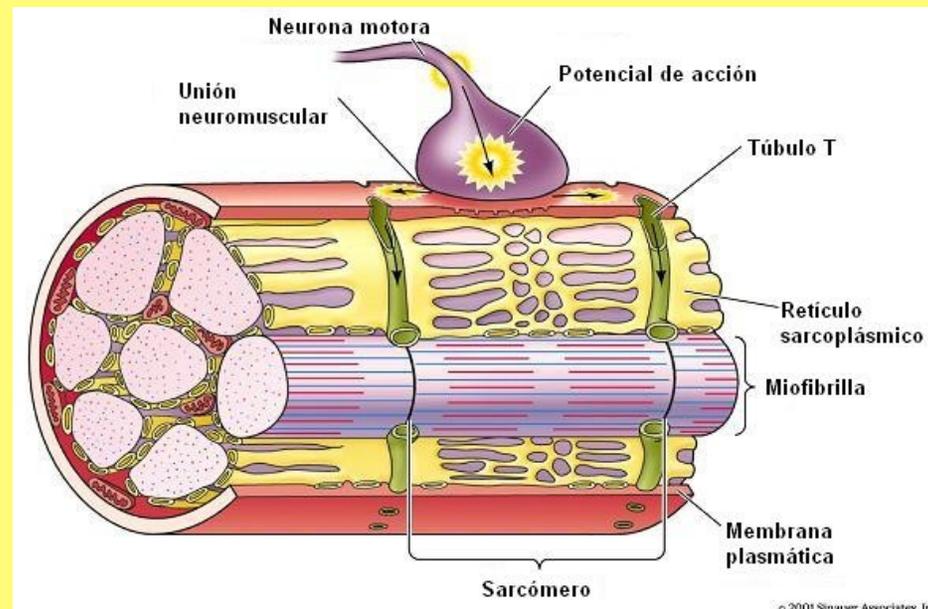
Miofilamentos y Miofibrillas, formados principalmente por Actina y Miosina



Miofilamentos y Miofibrillas, formados principalmente por Actina y Miosina



Ante un estímulo, los elementos contráctiles reducen el tamaño de la célula en su eje mayor, los extremos celulares se acercan y en consecuencia se acercan también las estructuras con las que las estructuras estén relacionadas.



Características

- La unidad estructural y funcional del músculo es la fibra muscular.
- Las fibras musculares son células alargadas que pueden ser uni o multinucleadas, rodeadas por un sarcolema.
- Al citoplasma se le denomina sarcoplasma y contiene los organelos típicos, además de elementos contráctiles: actina y miosina, que son miofilamentos.
- Los miofilamentos se agrupan en miofibrillas.
- El músculo constituye la pulpa o carne del organismo, la cual forma la pared por lo que se le considera el elemento mural.

Funciones del Tejido Muscular

- Contractibilidad
- Locomoción
- Asociadas a glándulas para su secreción
- Movimiento de la sangre a través del aparato cardiovascular
- Movimiento del tubo digestivo para el paso de materiales

Clasificación

Funcionalmente: Músculo Voluntario e Involuntario.

Clasificación

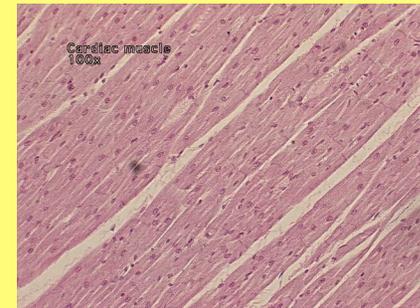
Funcionalmente: Músculo Voluntario e Involuntario.

Morfológicamente:

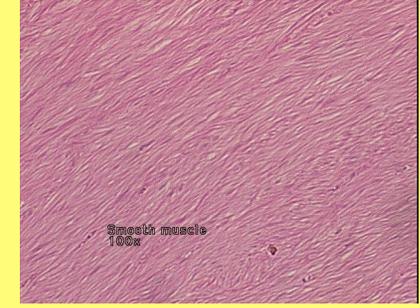
a) Tejido Muscular Estriado Somático Esquelético (voluntario).

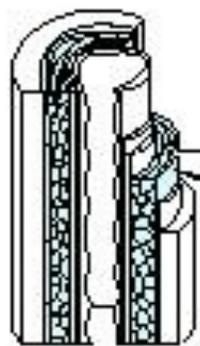


b) Tejido Muscular Estriado Cardíaco (involuntario).



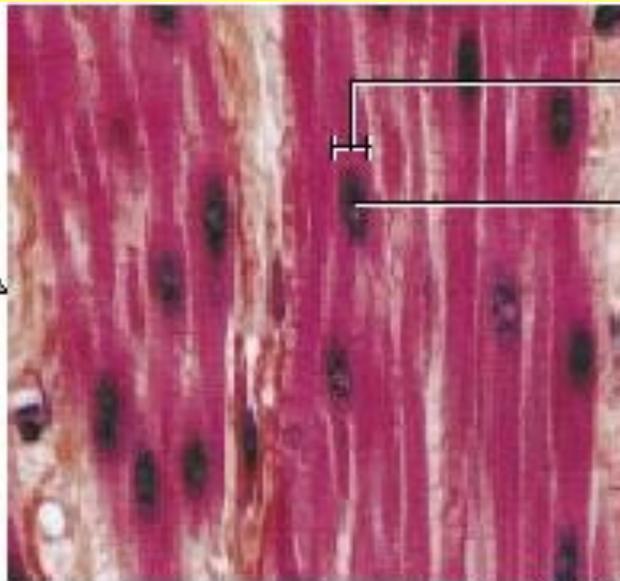
c) Tejido Muscular Liso (involuntario).





Músculo liso

Arteria



ML 840x

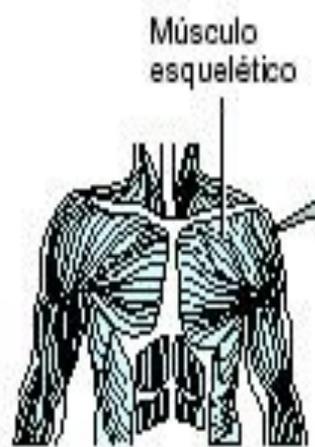
Corte longitudinal del tejido muscular liso

Fibra (célula) de músculo liso

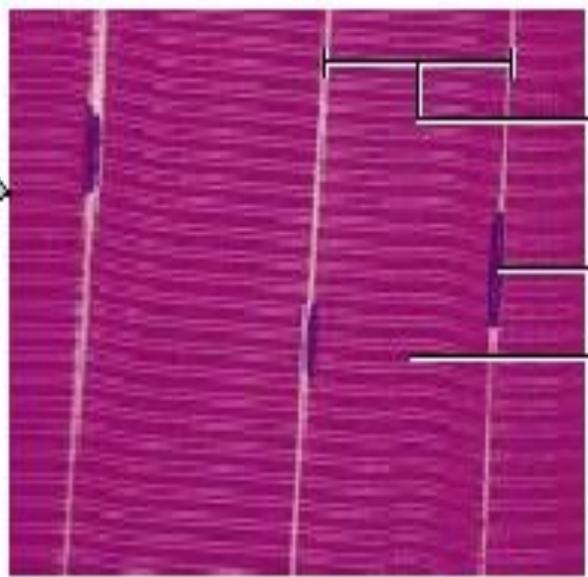
Núcleo de una fibra (célula) de músculo liso



Fibra de músculo liso



Músculo esquelético



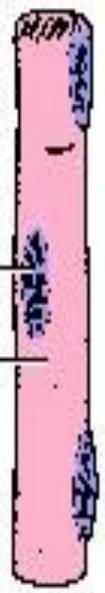
ML 600x

Corte longitudinal del tejido muscular esquelético

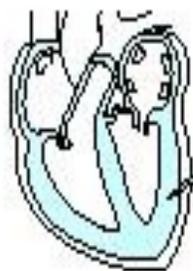
Fibra (célula) de músculo esquelético

Núcleo

Estrias

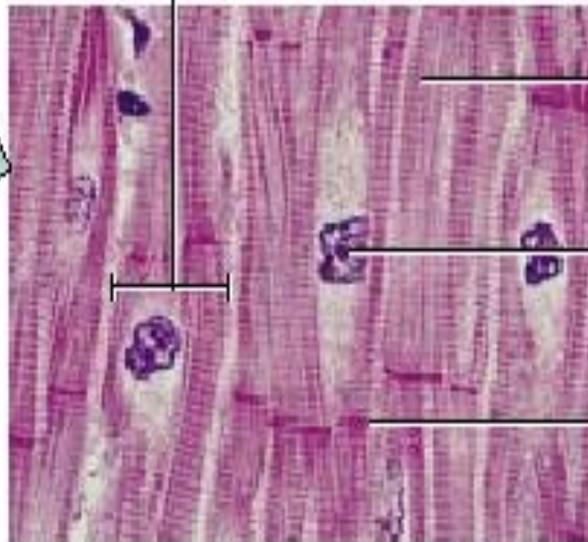


Fibra (célula) del músculo esquelético



Corazón

Fibra (célula) de músculo cardíaco



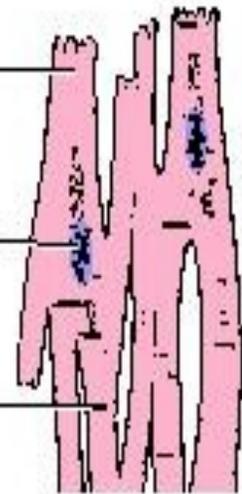
ML 700x

Corte longitudinal del tejido muscular cardíaco

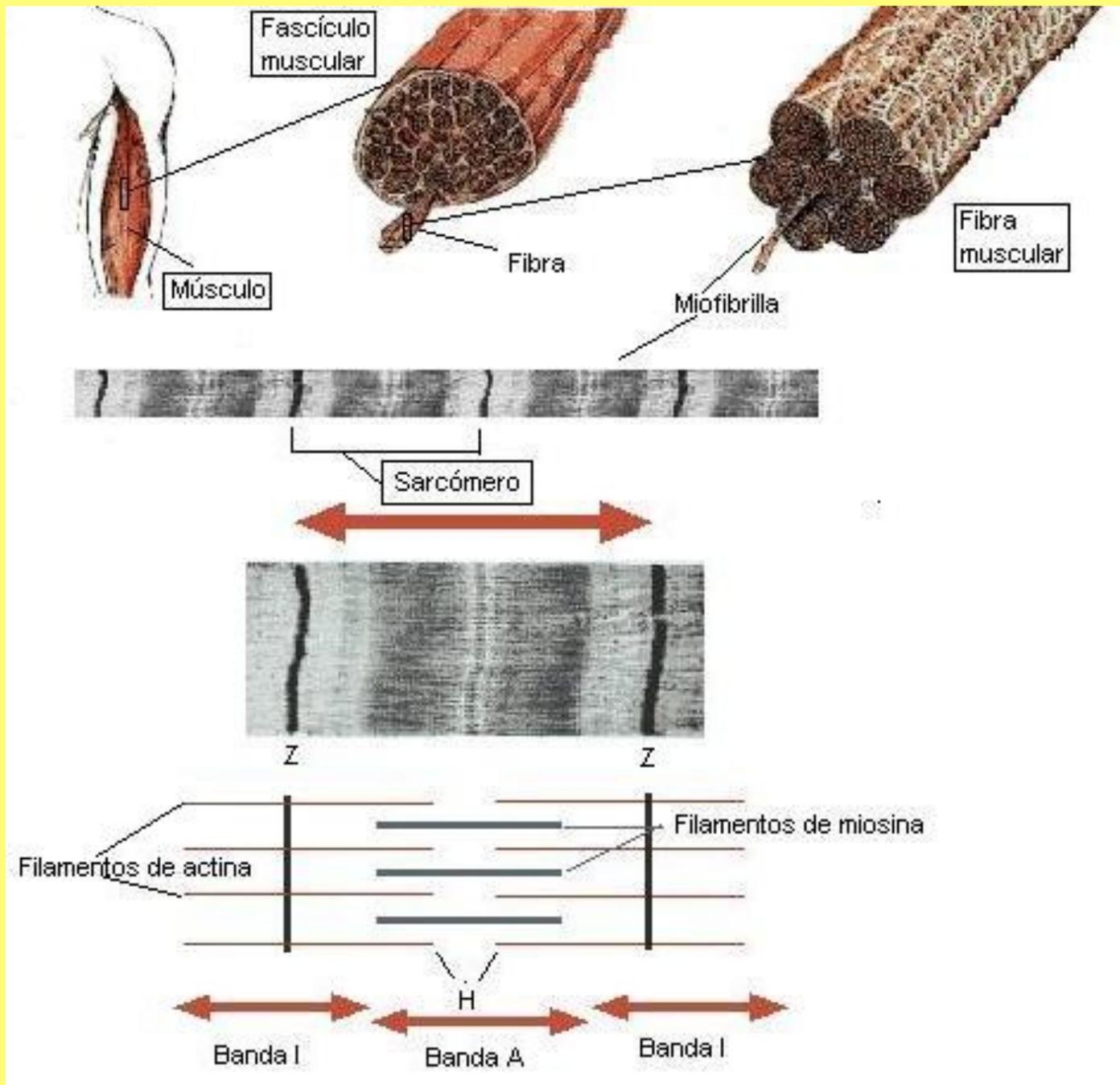
Estrias

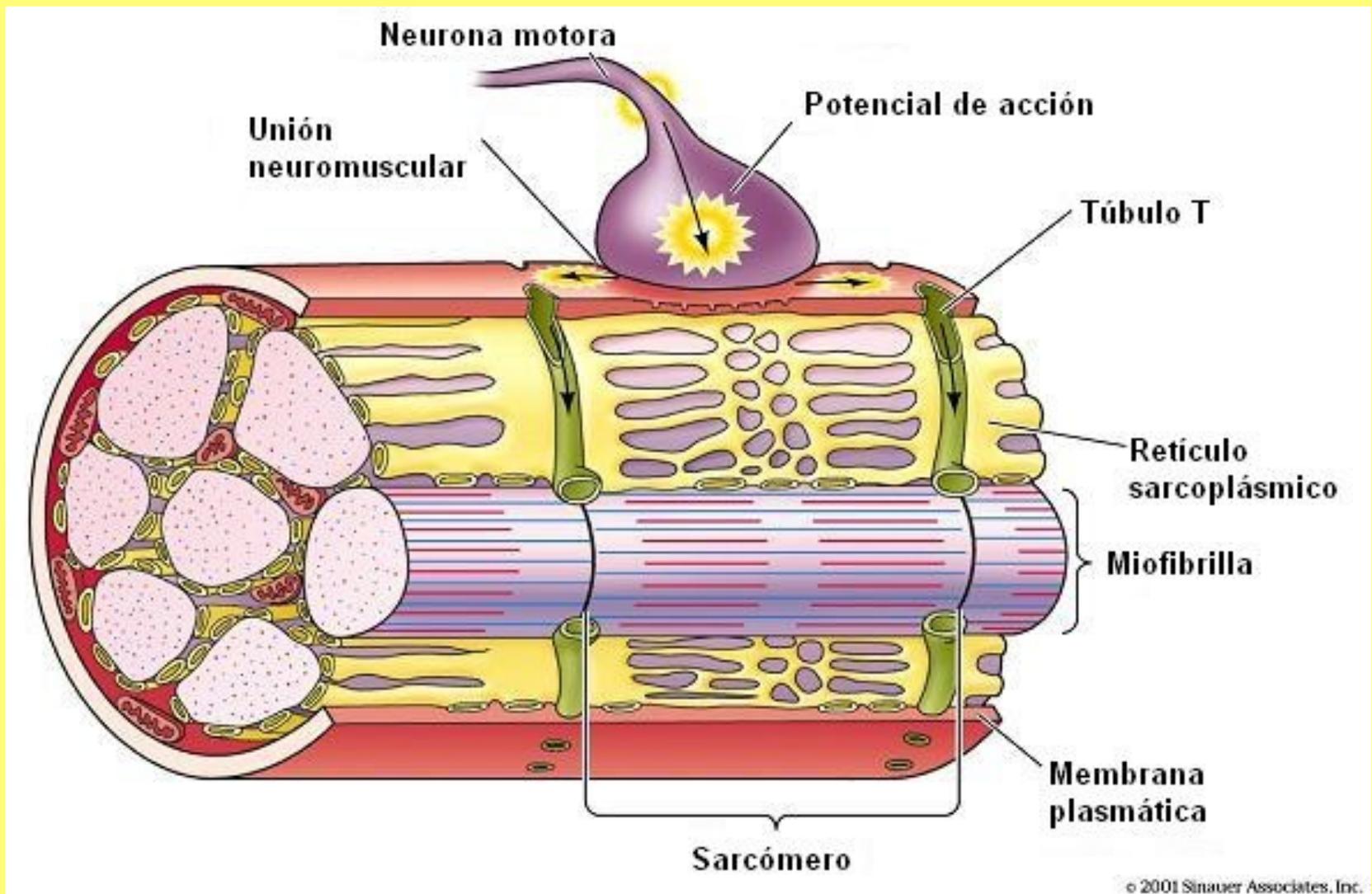
Núcleo de una fibra (célula) de músculo cardíaco

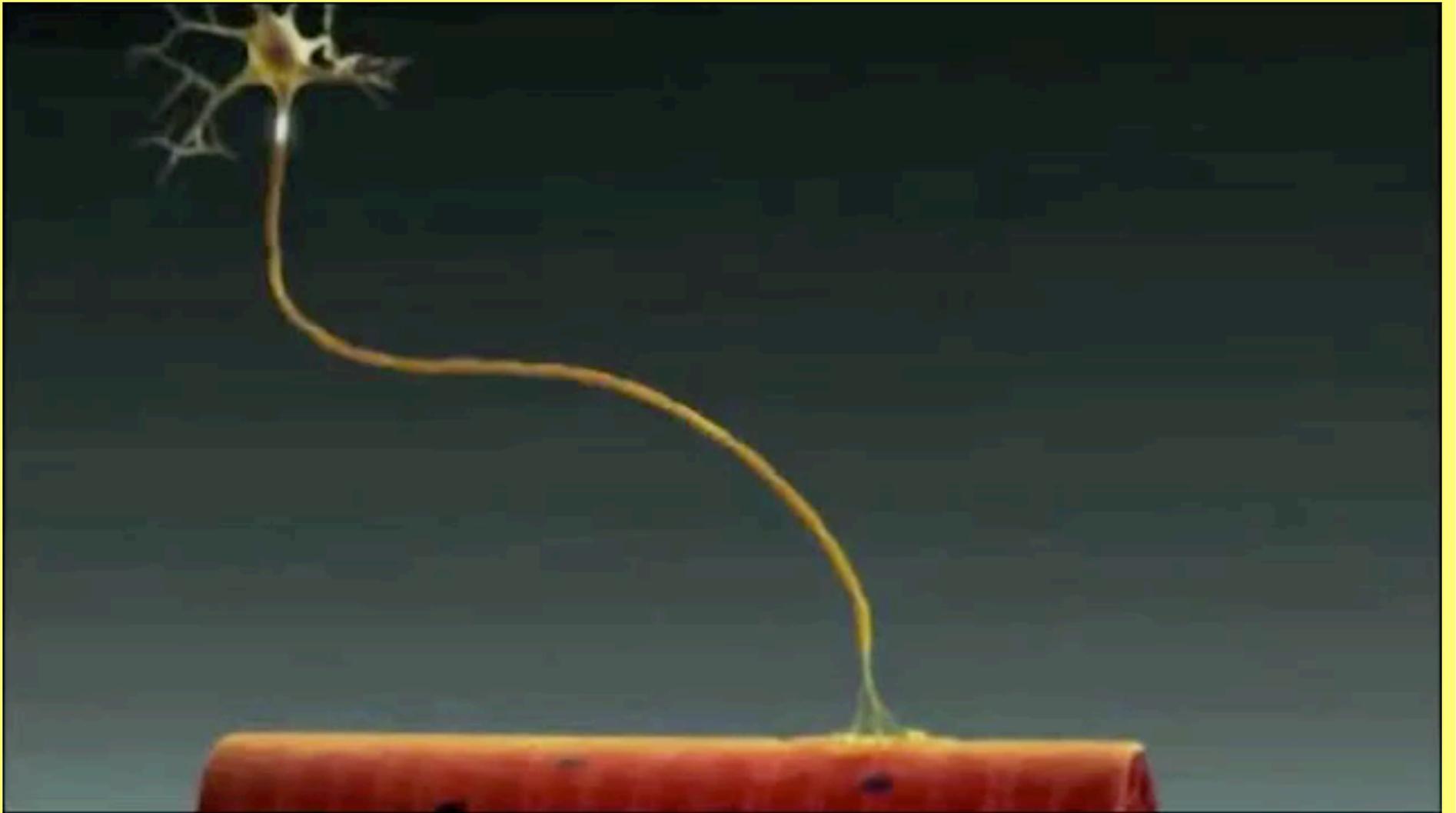
Disco intercalado

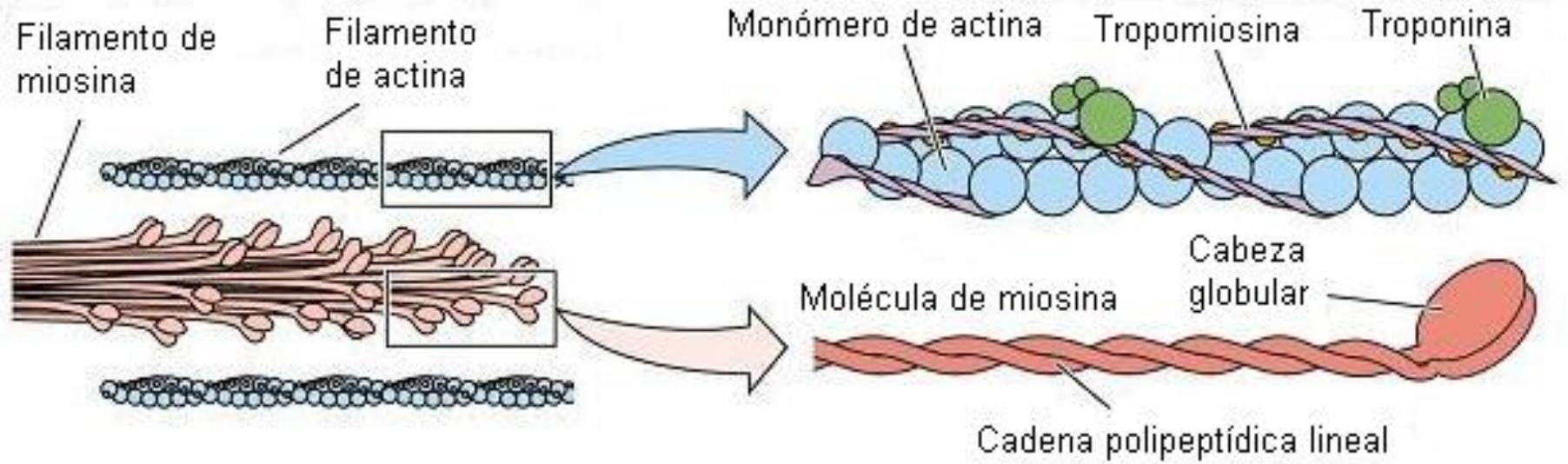


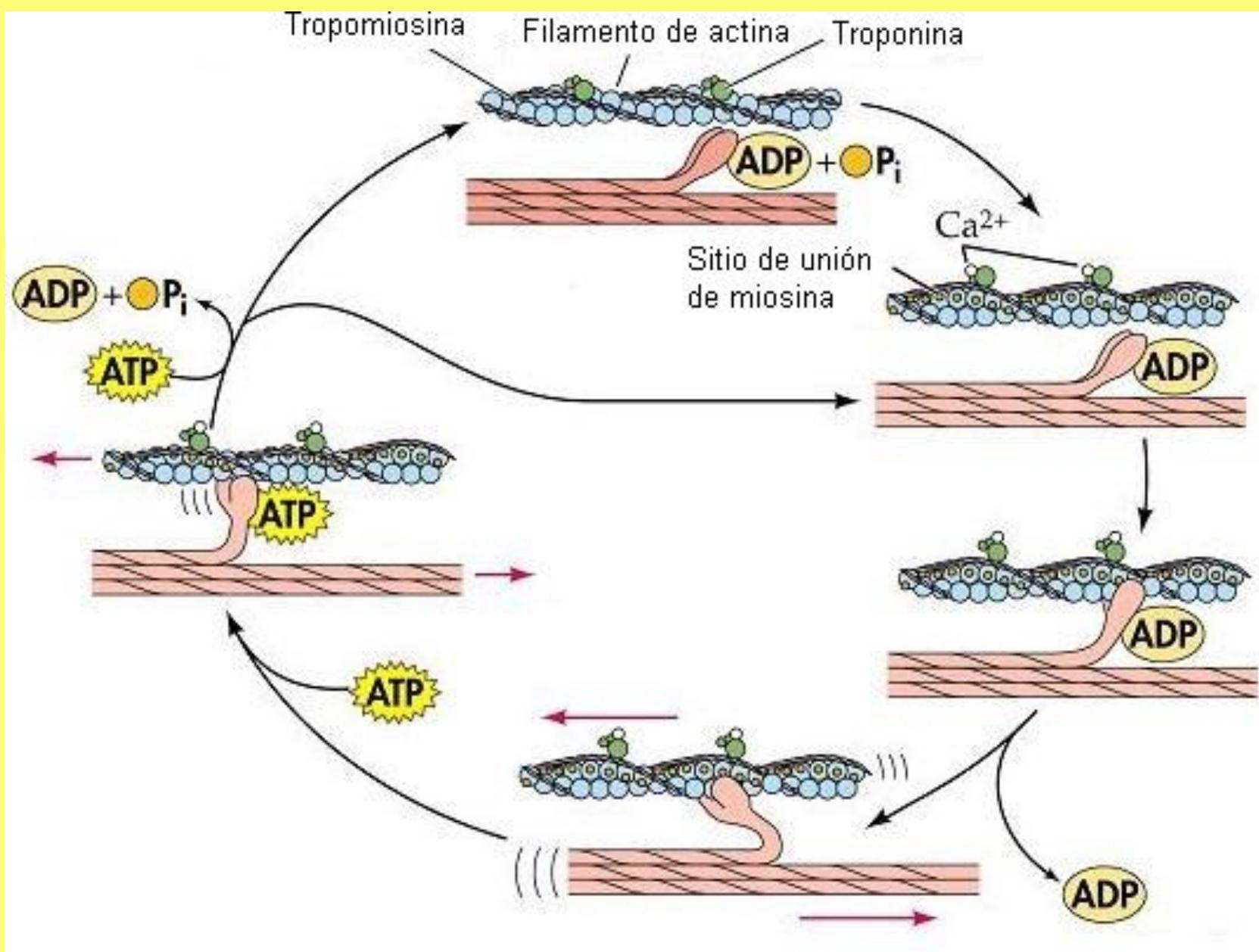
Fibras de músculo cardíaco







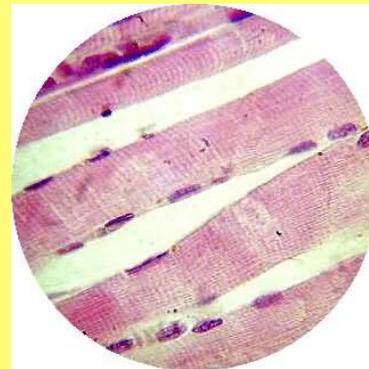
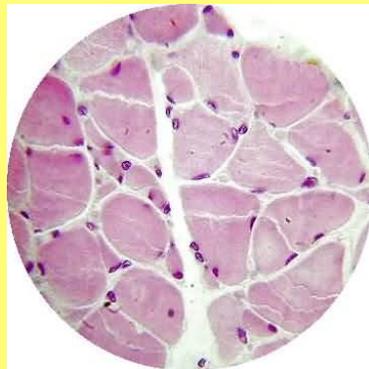




Tejido Muscular Estriado Somático o Esquelético

Forma los músculos del esqueleto, y está unido a los huesos a través de los tendones.

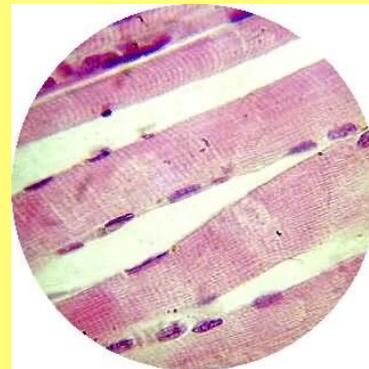
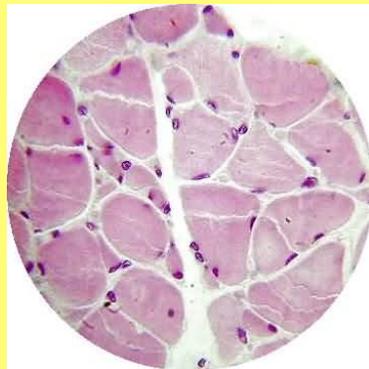
Los **músculos** son la asociación de múltiples células musculares reunidas por medio de tejido conjuntivo de la siguiente manera: miofibrillas, células musculares, endomisio, perimisio y epimisio.



Tejido Muscular Estriado Somático o Esquelético

Forma los músculos del esqueleto, y está unido a los huesos a través de los tendones.

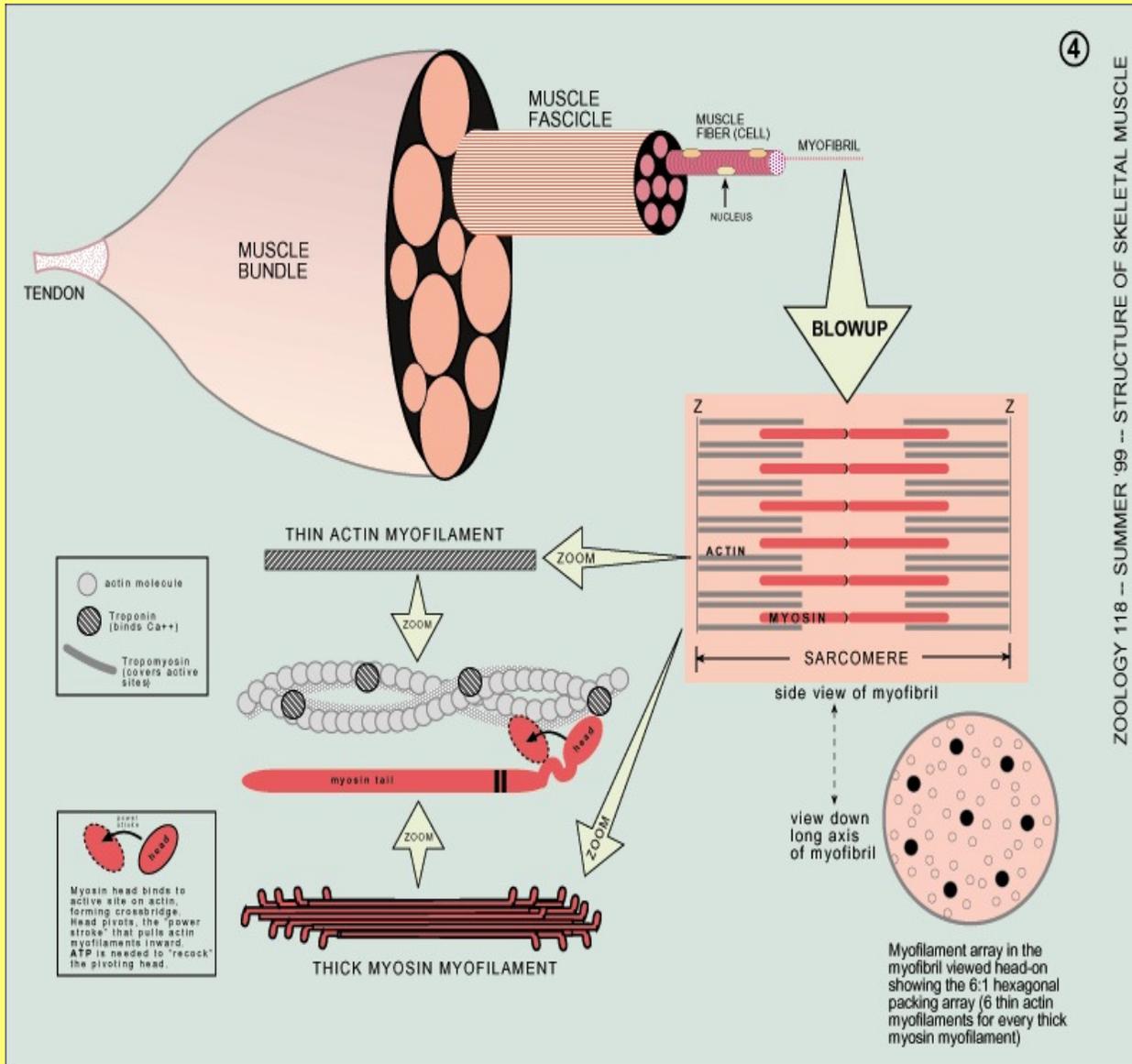
Los **músculos** son la asociación de múltiples células musculares reunidas por medio de tejido conjuntivo de la siguiente manera: miofibrillas, células musculares, endomisio, perimisio y epimisio.



El **endomisio** une células musculares individuales, aquí se encuentran capilares sanguíneos y linfáticos, además de terminaciones nerviosas.

Un conjunto de células musculares forman paquetes o haces delimitados por el **perimisio** (tejido conjuntivo con mayor cantidad de fibras colágena). A este nivel se encuentran arteriolas y vénulas, lo mismo que vasos linfáticos y nervios.

El conjunto de haces musculares, constituye el músculo, este queda envuelto por un tejido conjuntivo fibroso denominado **epimisio**, que se continua en sus extremos con las aponeurosis o los tendones.



Célula Muscular Estriada

Son de forma cilíndrica, alargada con extremos romos.

Son células multinucleadas, los núcleos son ovals y están en la periferia de las células, cerca de la **membrana o sarcolema**.

Dentro del **citoplasma o sarcoplasma**, los elementos más característicos son las miofibrillas, las cuales corren a lo largo de la célula, a su estructura y distribución se debe el aspecto estriado en células somáticas y cardiacas.

Miofibrillas

A lo largo de una miofibrilla se observan bandas oscuras (anisotrópicas) y claras (isotrópicas) de manera alterna.

Al centro de una banda isotrópica o clara se nota una línea fina y oscura, el disco Z.

La distancia que existe entre disco Z y disco Z es la unidad de contracción del tejido muscular y se denomina **sarcomero**.

La miofibrilla está formada por elementos más finos que corren a toda su longitud y son los miofilamentos, constituidos por moléculas proteicas como la **Actina y Miosina**.

El arreglo molecular determina el bandeo de la miofibrilla.

De cada disco **Z** parten filamentos finos de Actina, que se dirigen hacia el centro de la banda **A** pero sus extremos en un músculo relajado o parcialmente contraído no se tocan.

A la mitad de la distancia entre disco **Z** y disco **Z** se localizan las moléculas de miosina, formando miofilamentos gruesos, los que en conjunto con los extremos de los filamentos de actina constituyen la banda **A**.

Los filamentos de actina y miosina forman una región de mayor densidad (Banda **A**).

La región ocupada solamente por filamentos finos de actina forma la Banda I (a la mitad de ella se encuentran los discos Z).

Los filamentos de actina no se tocan y queda un hueco dentro de la banda A, observándose una zona más clara, el disco H.

Los discos H, a su vez presentan una área mas oscura denominada banda M (engosamiento de la miosina).

Otras características

Está altamente vascularizado.

La contracción es más rápida que en el músculo liso.

Presentan numerosas mitocondrias algunas periféricas y otras entre las miofibrillas.

Forma la carne de los animales.

Es la estructura mural del cuerpo y está asociado con hueso.

Componentes químicos y su organización en la miofibrilla

La miosina es una molécula en forma de **bastón alargado (miosina ligera)** que tiene una **cabeza terminal** o puente de unión con la actina (**miosina pesada**), forman filamentos paralelos, y son los principales componentes de las bandas A. El puente de unión es un sitio de unión para el ATP y tiene capacidad ATP-asa.

La actina es un filamento delgado de dos bandas de actina fibrosa (**actina F**), dispuestas en una doble hélice. La actina G, es un polímero formado de actina globular (actina G).

La **tropomiosina** es una proteína fibrosa y ocupa el espacio entre la actina F.

La troponina, es una proteína globular, que ocupa un lugar específico en cada media vuelta de la doble hélice. TNI, TNC, TNT

Estas dos proteínas son reguladoras del mecanismo de contracción.

Contracción

En la contracción las fibras se hacen más cortas y anchas.

La longitud de la banda A permanece constante, mientras que la de las bandas I y H disminuye.

La contracción se realiza mediante **el mecanismo del filamento deslizante**, que consiste en que los filamentos delgados se mueven sobre los gruesos, siendo atraídos hacia la línea M del centro del sarcómero, lo cual hace que las líneas Z se acerquen entre sí.

Secuencia de la contracción

Etapas de la contracción

1. Descarga de la neurona.
2. Liberación del transmisor (acetilcolina en la placa terminal motora).
3. Unión de la acetilcolina a los receptores nicotínicos de acetilcolina.
4. Aumento de la conductancia de Na^+ y K^+ en la membrana de la placa terminal.
5. Generación del potencial de la placa terminal.
6. Generación del potencial de acción en las fibras musculares.
7. Disminución interna de la despolarización a través de los tubulos T.
8. Liberación de Ca^{2+} de las cisternas terminales del retículo sarcoplásmico y difusión a los filamentos delgados y gruesos.
9. Unión del Ca^{2+} a la troponina C, en los sitios descubiertos de unión de miosina a la actina.
10. Formación de enlaces cruzados entre la actina y miosina y deslizamiento de los filamentos delgados sobre los gruesos, produciendo acortamiento.

Secuencia de la contracción

Etapas en la relajación

1. Bombeo de Ca^{2+} de regreso al retículo sarcoplásmico.
2. Liberación de Ca^{2+} proveniente de troponina.
3. Suspensión de la interacción entre actina y miosina.

Fenómenos eléctricos y flujo iónico

Características eléctricas del músculo esquelético

- Potencial de membrana
- Potencial de acción
- Producto refractario absoluto
- Pospolarizaciones y cambio de umbral

Fenómenos eléctricos y flujo iónico

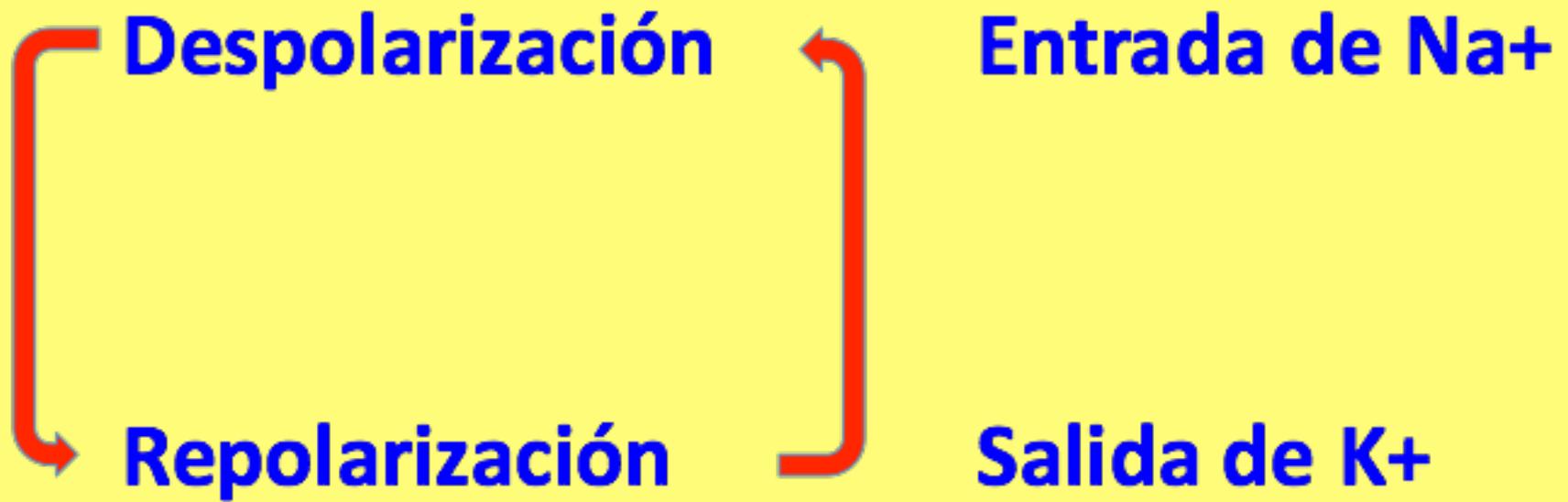
Características eléctricas del músculo esquelético

- Potencial de membrana; -90mV
- Potencial de acción; 2-4mseg/fibra muscular/5m/seg
- Producto refractario absoluto: 1-3 mseg
- Pospolarizaciones y cambio de umbral; relativamente largos

Flujos ionicos



Flujos ionicos



Respuesta contráctil

1. Fenómenos electricos

Despolarización de membrana (fibra muscular) en la placa terminal motora (nervio motor)

Transmisión a lo largo de la fibra

2. F. Mecánico

Respuesta contráctil

Sacudida muscular

Potencial de acción

Contracción -----Relajación

Sacudida muscular

Despolarización (2mseg despues)

Repolarización (antes que se complete)

Sacudidas musculares

Fibras musculares rápidas



**Movimientos finos 7.5
mseg de duración**

F. M. lentas

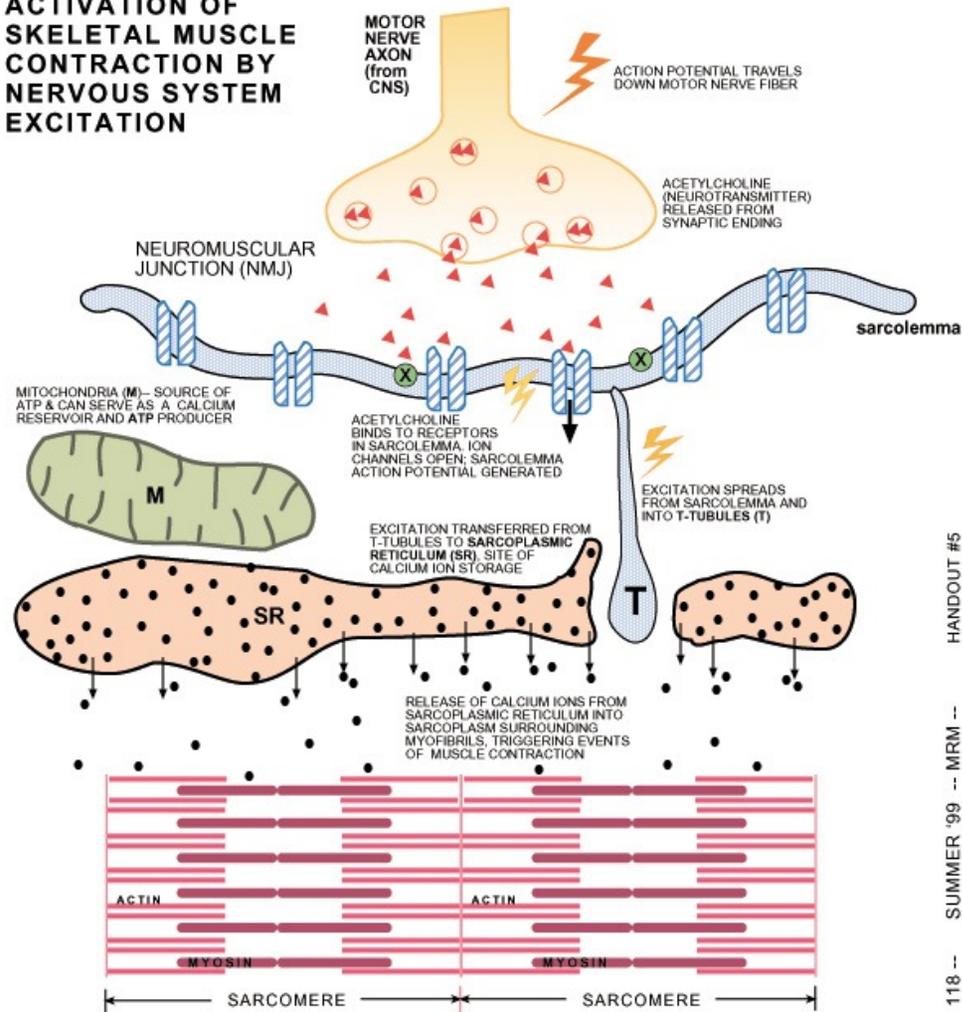


**Movimientos fuertes
toscos y sostenidos de 100
mseg de duración**

4. Después del estímulo se invierte la secuencia, provocando que el calcio regrese al retículo sarcoplásmico y la tropomiosina vuelva a bloquear los sitios de unión de la actina.

Una célula del músculo esquelético solo puede contraerse a su máxima capacidad (Ley del todo o nada).

ACTIVATION OF SKELETAL MUSCLE CONTRACTION BY NERVOUS SYSTEM EXCITATION

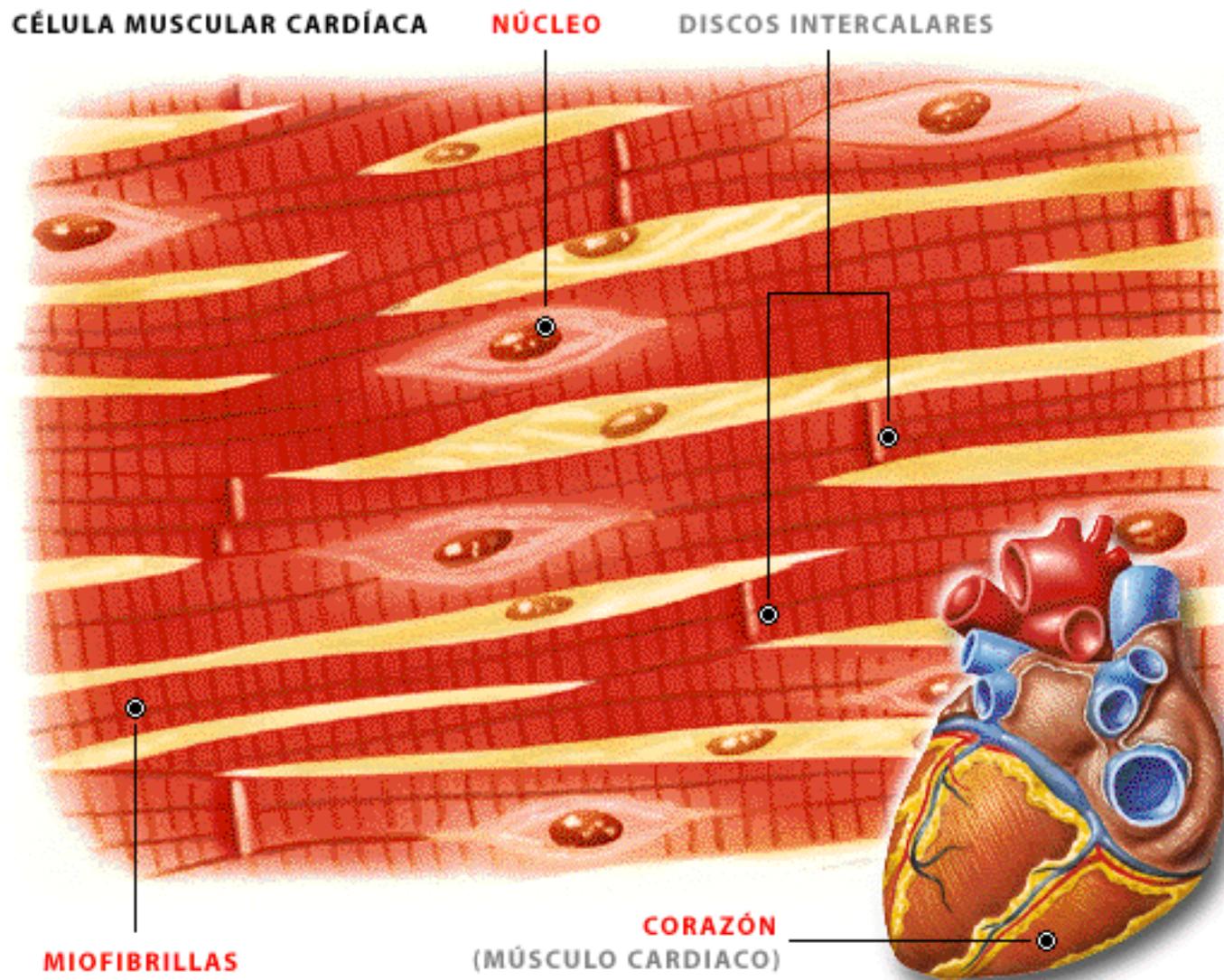


-- LEGEND --

- synaptic vesicles containing neurotransmitter acetylcholine
- acetylcholine released
- action potential or electrical excitation
- acetylcholine receptor in membrane
- enzyme acetylcholinesterase rapidly inactivates acetylcholine
- calcium ions

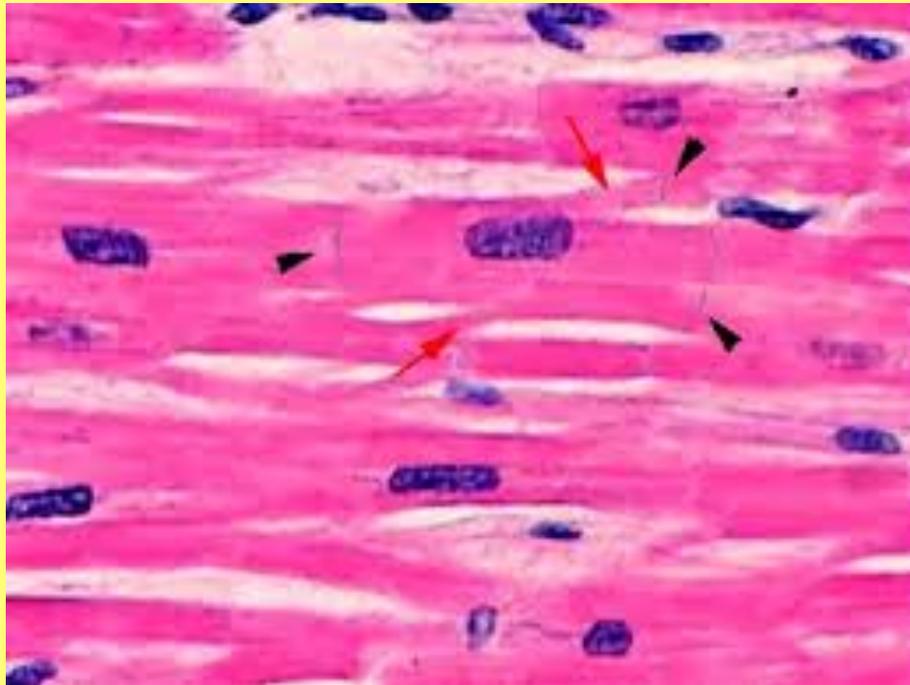
Sarcomeres shorten during contraction as actin slides inward over myosin. (sliding filament model of contraction)

Tejido Muscular Estriado Cardíaco



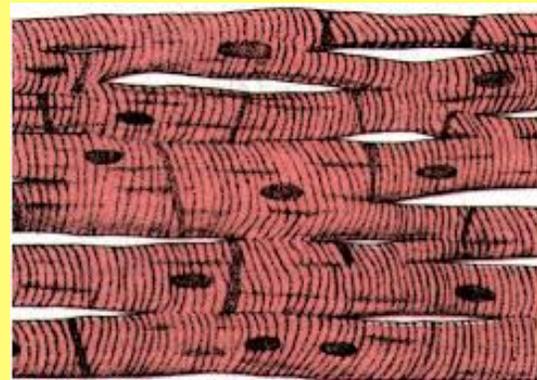
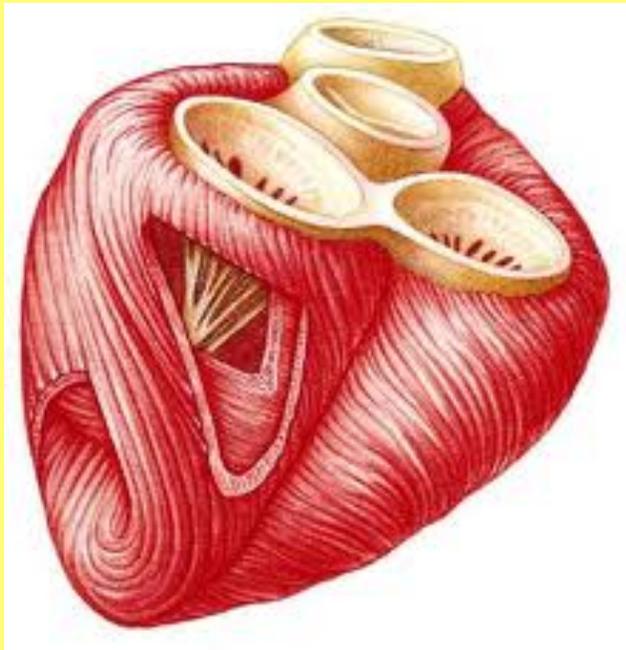
Tejido Muscular Estriado Cardíaco

- Su estructura es también estriada, pero difiere del músculo esquelético por ser involuntario.

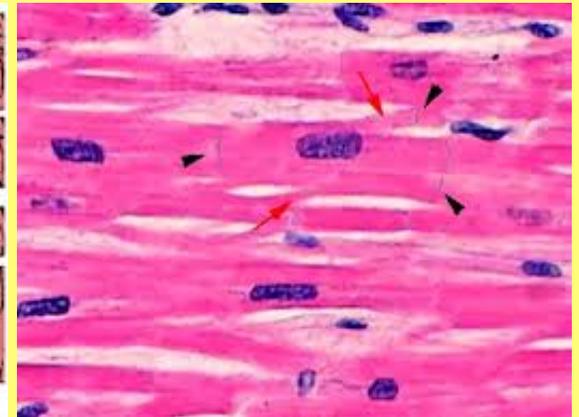


Tejido Muscular Estriado Cardíaco

- Constituye la parte fundamental de las paredes del corazón.
- Las células que lo constituyen son cilíndricas bifurcadas, con apariencia de ramificadas.

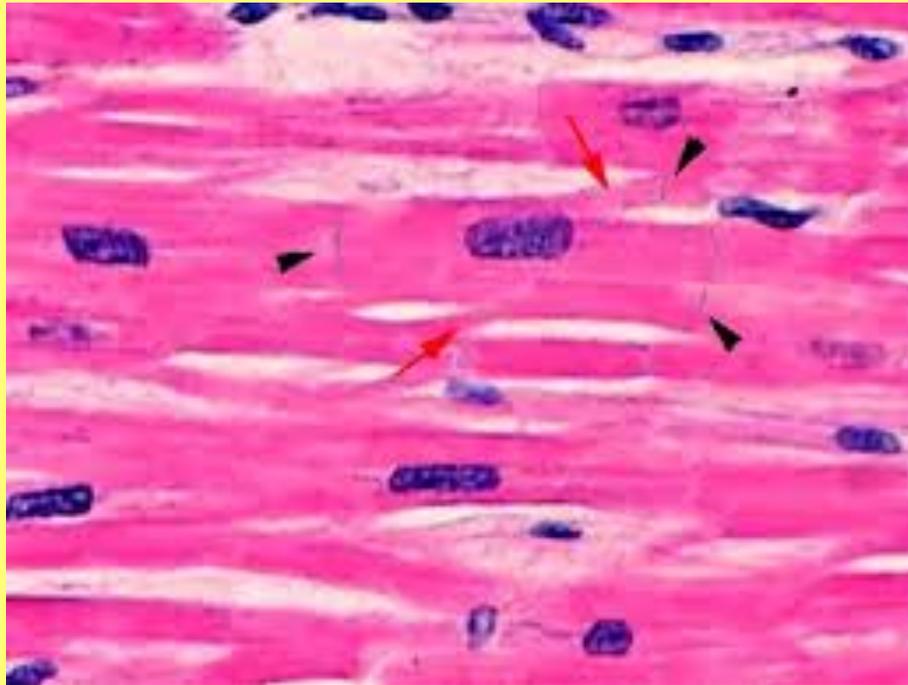


MÚSCULO CARDÍACO (SINCITIO)

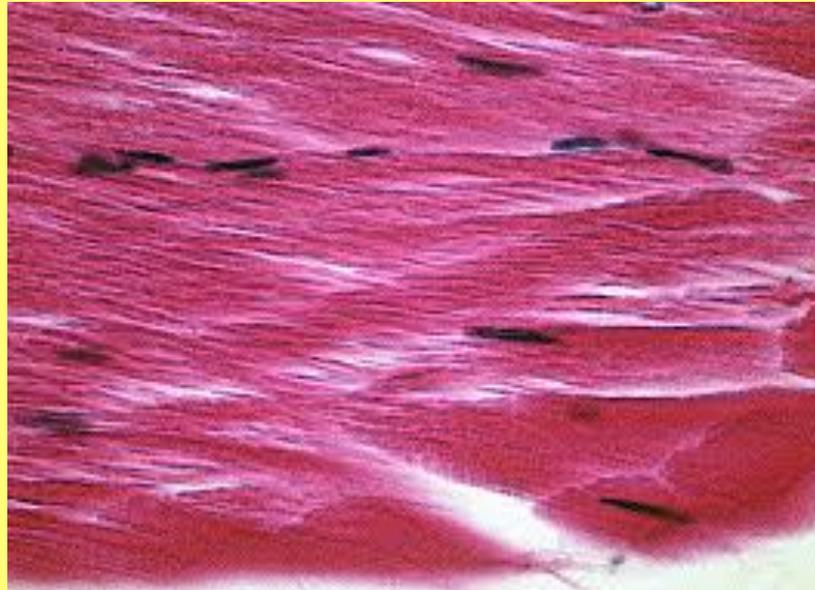


Tejido Muscular Estriado Cardíaco

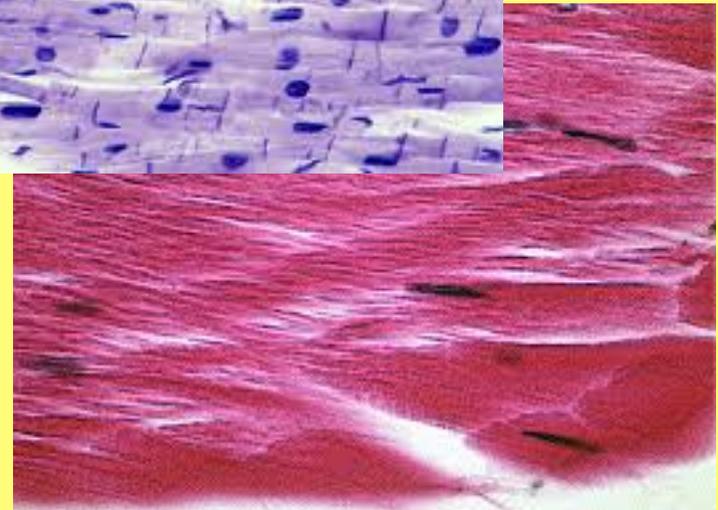
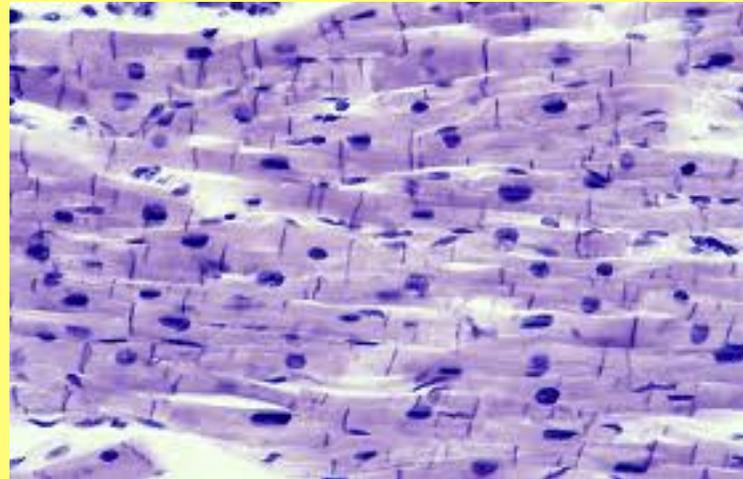
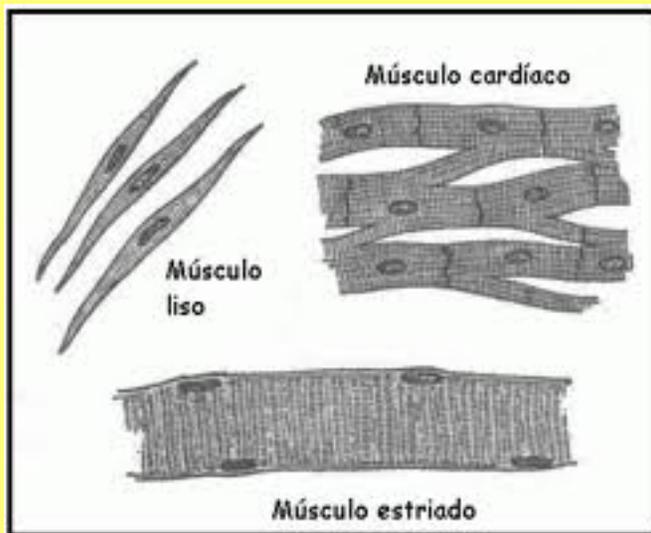
- Entre célula y célula existen maculas y zonulas que al microscopio óptico se observan como una banda llamada disco intercalar.



- Son células con un solo núcleo voluminoso y central.

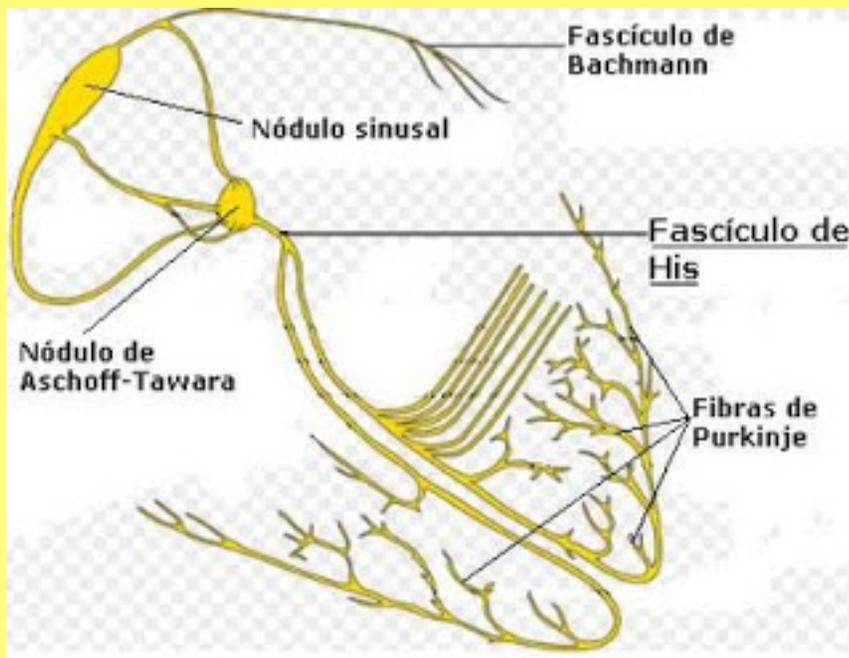


- El sarcoplasma a diferencia de las células somáticas presenta miofilamentos paralelos agrupados de manera incompleta en fascículos
- Las miofibrillas están menos individualizadas.



- Posee mitocondrias mas voluminosas y numerosas

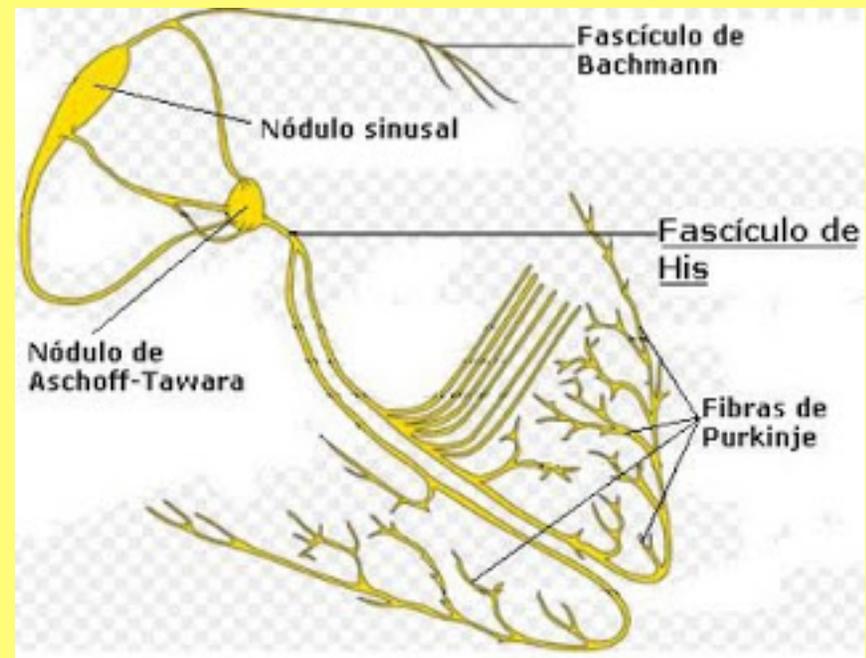
Se presentan células **cardionectoras**; que son células generadoras de estímulos que provocan la contracción de otras células miocárdicas de manera rítmica.



- Se agrupan en determinadas zonas del corazón, formando un sistema de conducción o sistema nodal.
- Se localizan en los nódulos sinoauriculares y auriculoventriculares y en el tronco del fascículo de His

Celulas de Purkinje.

Neuronas modificadas situadas a lo largo del fascículo de His.



- Esta asociado con tejido conjuntivo
- Posee irrigación sanguínea
- Vasos linfáticos
- Células nerviosas ganglionares y fibras nerviosas vegetativas (simpaticas y parasimpaticas).
- Unas membranas serosas; el epicardio y el endocardio que lo revisten externa e internamente.

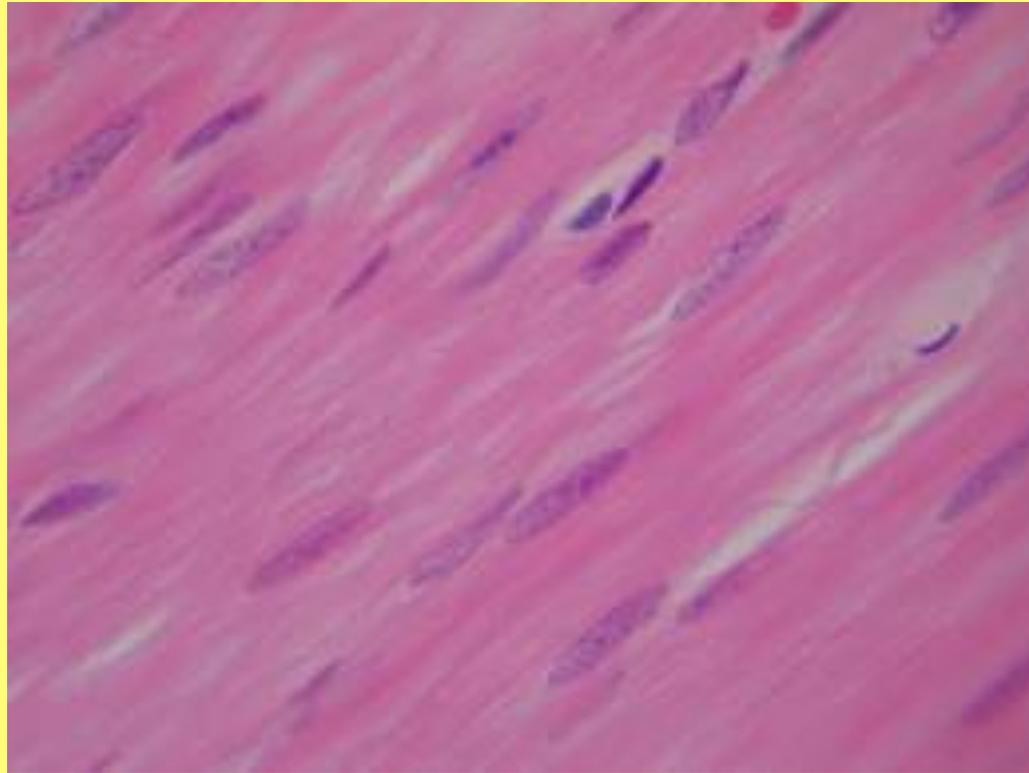
Mecanismo de contracción

Su mecanismo de contracción es igual al del músculo esquelético, solo que es rítmico y espontáneo.

Presentan células marcapaso, las cuales determinan un latido que puede modificarse por las células nerviosas del sistema nervioso autónomo.

Las fibras provenientes del sistema simpático incrementan el ritmo cardiaco (producen taquicardia), mientras que las del sistema parasimpático lo disminuyen (causan bradicardia).

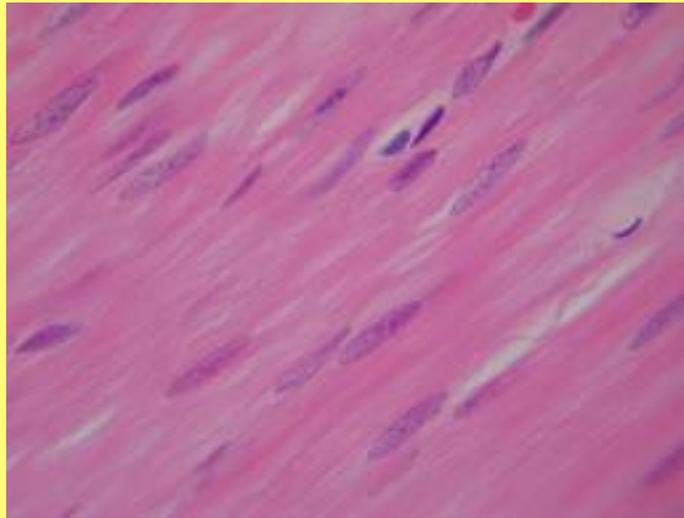
Tejido muscular liso



Tejido muscular liso

Esta formado por células aisladas o agrupadas en haces o fascículos.

Son fibras alargadas, fusiformes y extremos muy ahusados.

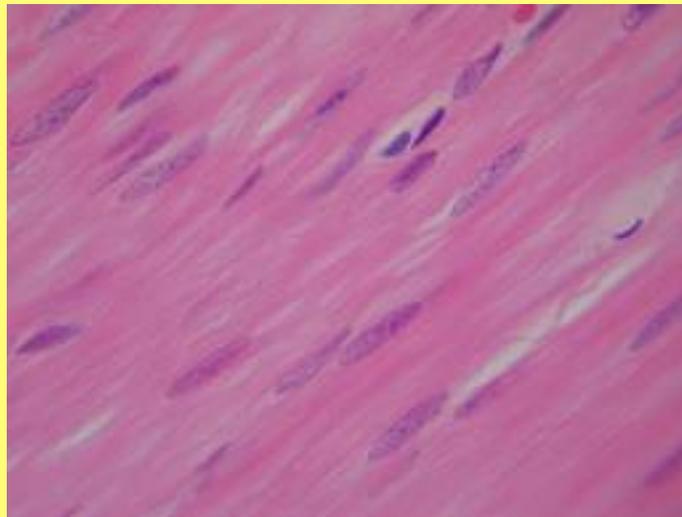


Tejido muscular liso

El núcleo es alargado y ocupa la parte central de la célula, donde está ensanchada.

Las células están dispuestas en forma muy apretada, lo cual da un aspecto de masa homogénea.

Presenta fibras colágenas y polisacáridos.



Es posible observar una membrana plasmática que cubre a la célula excepto en puntos de contacto (nexos).

Hay poca inervación.

Puede tener contracción rítmica y tónica. La primera se origina a partir de un marcapaso, mientras que la segunda determina la contracción parcial.

Es de contracción lenta y resistente a la fatiga.

Se localiza en tracto digestivo, vísceras, útero, diafragma, paredes de órganos cavitarios viscerales, ojo

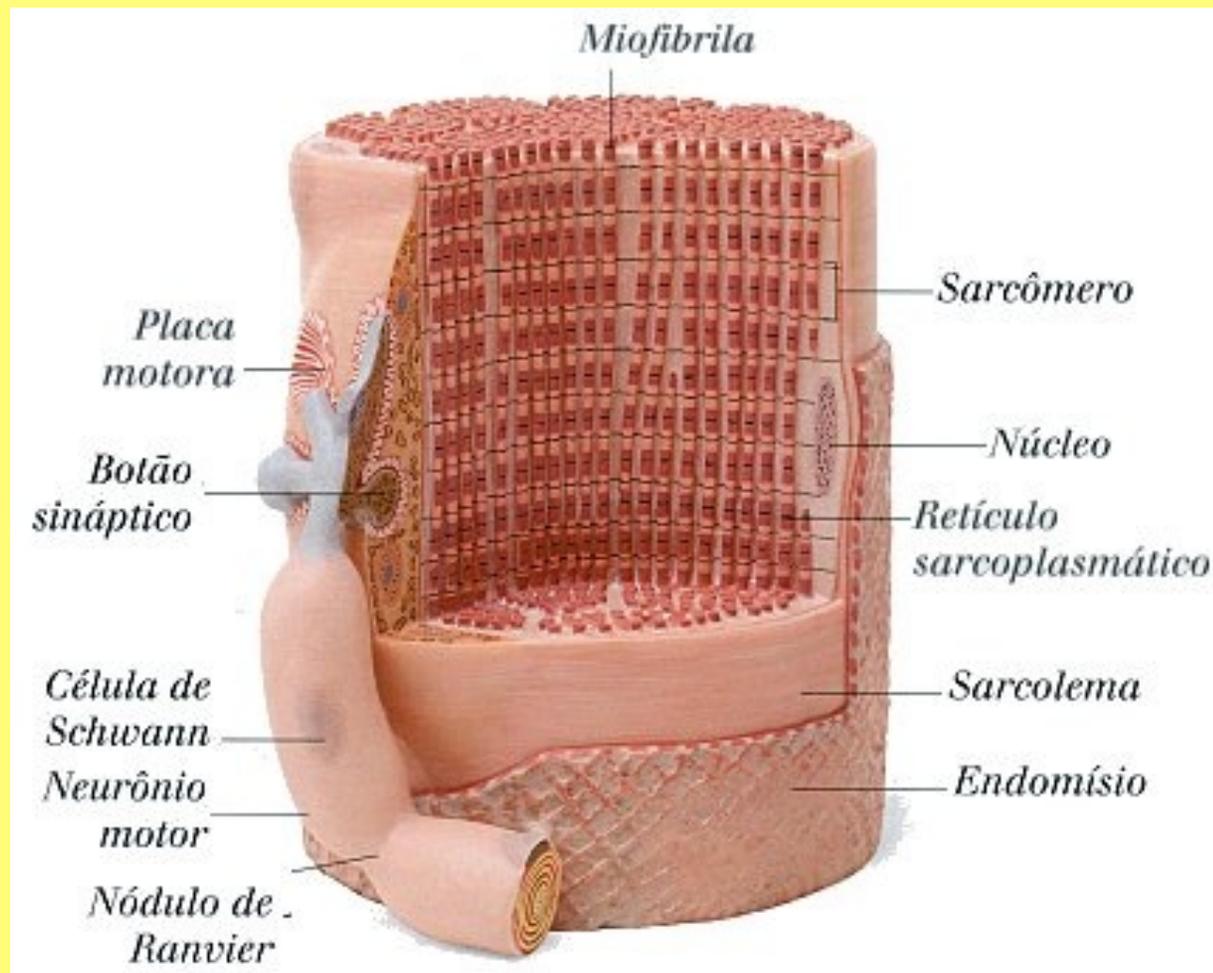
Reparación y regeneración

Músculo liso: Las células musculares nuevas provienen de células mesenquimatosas o bien de células con capacidad de división mitótica, cuando existe una lesión se lleva a cabo una cicatrización con tejido conjuntivo que posteriormente puede ser sustituido por células musculares. Su capacidad de regeneración es limitada.

Músculo esquelético: La regeneración es muy limitada y se lleva a cabo por una cicatrización, algunas veces pueden formarse nuevas células derivadas de los mioblastos o células satélites, las cuales persisten desde la edad fetal.

Músculo cardíaco: Las células de este tipo muscular no se regeneran, la reparación se da a través de tejido cicatricial. No obstante es más resistente a las lesiones.





BIBLIOGRAFIA

- Atlas visuales océano. 1999. Fisiología. Ed. Océano. Barcelona, Esp. 48pp.
- Atlas visuales océano. 1999. Zoología vertebrados. Ed. Océano. Barcelona, Esp. 48pp.
- Atlas visuales océano. 1999. Zoología invertebrados. Ed. Océano. Barcelona, Esp. 48pp.
- Carlson, N. 2001. Physiology and behaviour, Allyn and Bacon. Massachusetts.USA. 699pp.
- Ganong, W.F. 2004. Manual de fisiología médica. El Manual Moderno. México.
- Gordon, S. 1985. Neurobiología. Ed. Labor. España.609pp.
- Hill, R.W., G.A. Wyse and M. Anderson. 2004. Animal Physiology. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts.USA. 770. pp.
- Randall,D., W. Burggren and K. French. 2002. Animal Physiology. Mechanisms and adaptations. W.H. Freeman and Co. New York.
- Moberg, G.P., J.A. Mench. 2000. The biology of animal stress. CABI Publishing. London. 375pp.
- Schmidt-Nielsen, K. 1983. Fisiología Animal. Ed. Omega. Barcelona, Esp. 499pp.