



# EL SISTEMA MUSCULAR – CONTROL DEL Movimiento Humano



**Prof. Edgar Lopategui Corsino**  
**M.A., Fisiología del Ejercicio**

 Web: <http://www.saludmed.com/>

 E-Mail: [elopategui@intermetro.edu](mailto:elopategui@intermetro.edu)  
[elopategui@gmail.com](mailto:elopategui@gmail.com)

 Curso: <http://www.saludmed.com/fisiologiaejercicio/fisiologiaejercicio.html>



Saludmed 2016, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: [www.saludmed.com](http://www.saludmed.com).



# Objetivos de Aprendizaje

- Aprender los componentes básicos del músculo esquelético, la fibra muscular y la miofibrilla.
- Entender los eventos celulares que conducen a la acción muscular básica.
- Descubrir cómo los músculos funcionan durante el ejercicio.
- Considerar las diferencias en los tipos de fibras y su impacto en el rendimiento físico.
- Aprender cómo los músculos generen fuerza y movimiento al halar los huesos.

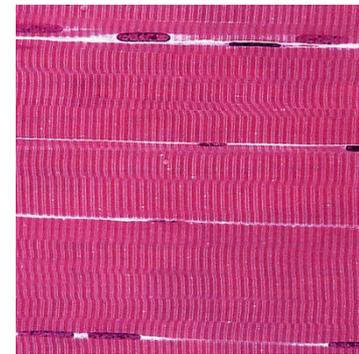
*NOTA.* Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



# Tipos de Músculos

## Esquelético, Voluntarios o Estriados

- Músculo voluntario; controlado conscientemente
- Sobre 600 a través del cuerpo



## Cardíaco (Miocardio)

- Se controla por si mismo con la ayuda de los sistemas nervioso y endocrino
- Solamente en el corazón



## Lisos o Involuntarios

- Músculo involuntario; controlado inconscientemente
- En la paredes de los vasos sanguíneos y órganos internos





# FIBRA MUSCULAR

**Fibras (células) musculares:** *Representan las células individuales de los músculos esqueléticos.*

**Fascículo:** *Pequeños haces de fibras envueltos por una vaina de tejido conectivo, el perimisio.*

**Sarcolema:** *Membrana de plasma que rodea cada fibra muscular.*

**Sarcoplasma:** *Parte líquida (gelatinosa) de las fibras musculares*

**Túbulos T:** *Extensiones del sarcolema que pasan lateralmente a través de la fibra muscular. Camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno, iones, etc.).*

**Retículo Sarcoplasmático:** *Red Longitudinal de túbulos membranosos. Sirve como depósito para el calcio.*



# TEJIDOS CONECTIVOS

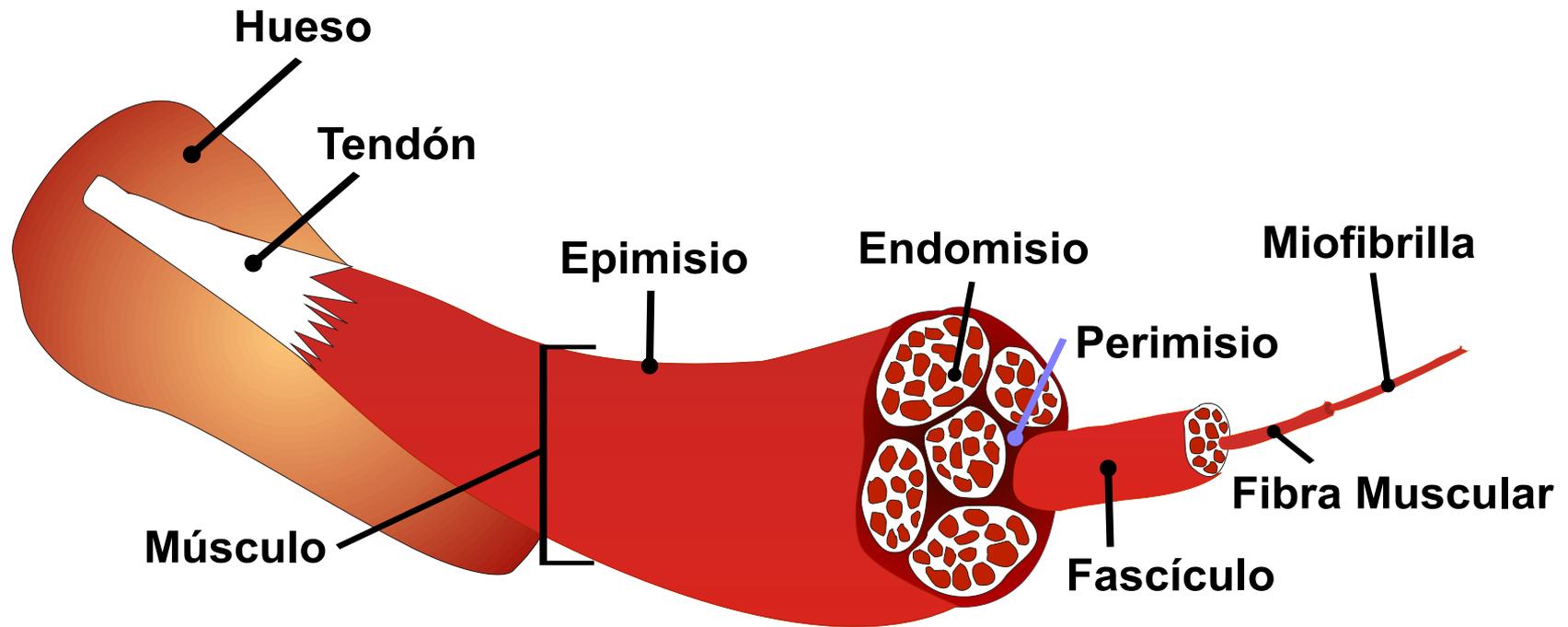
**Epimisio:** *Tejido conectivo externo que recubre todo el músculo.*

**Perimisio:** *Tejido conectivo intermedio que recubre los fascículos.*

**Endomisio:** *Tejido conectivo interno que recubre las fibras o células musculoesqueléticas.*



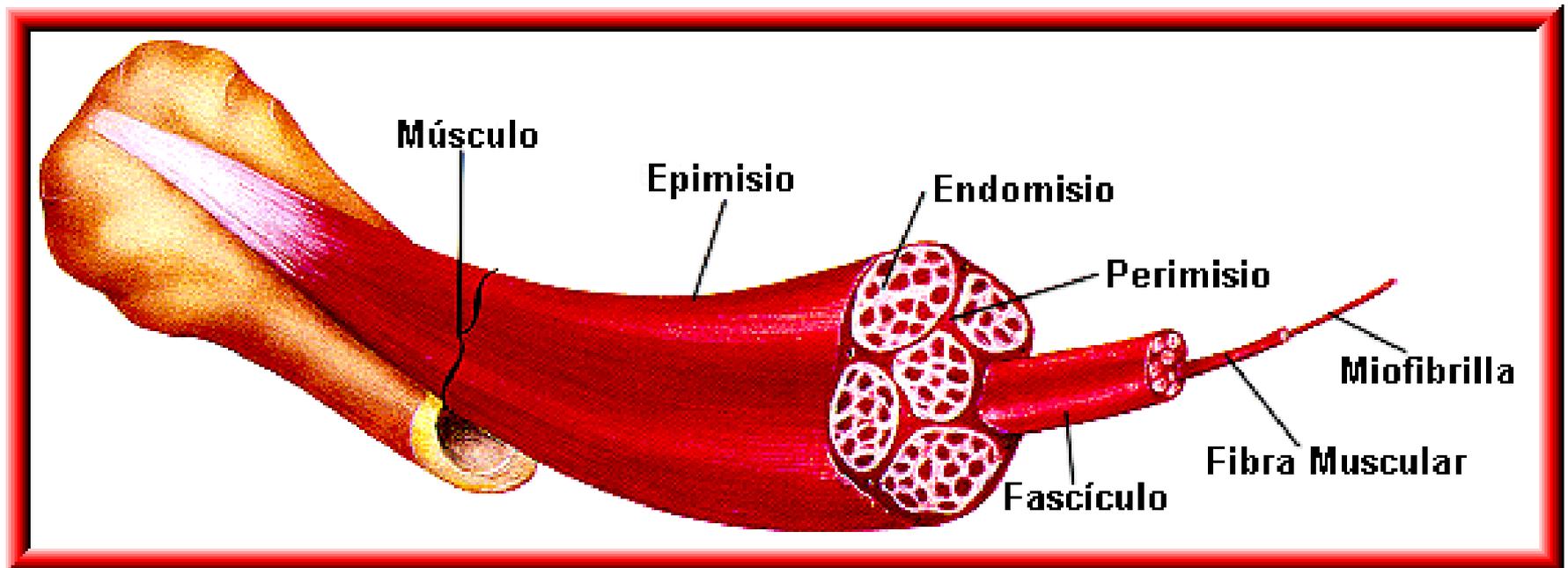
# LA ESTRUCTURA BÁSICA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO



**NOTA.** Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 29), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



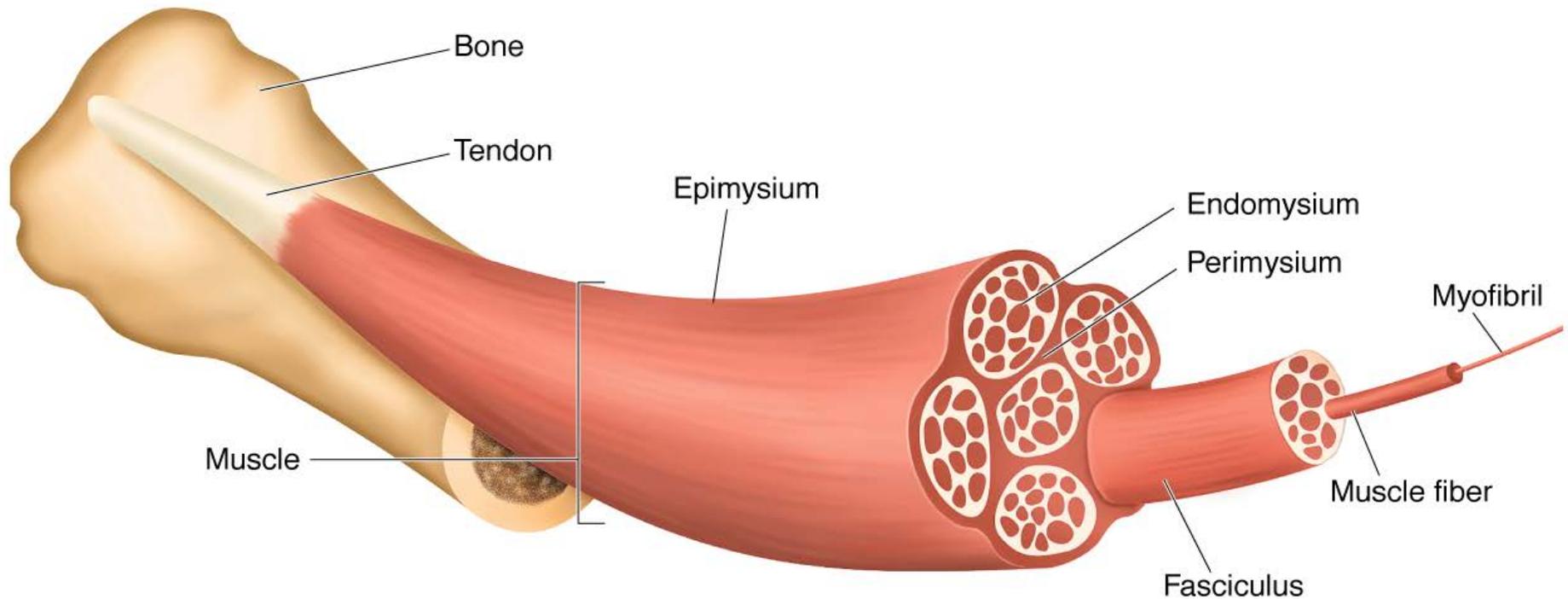
# LA ESTRUCTURA BÁSICA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 27 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



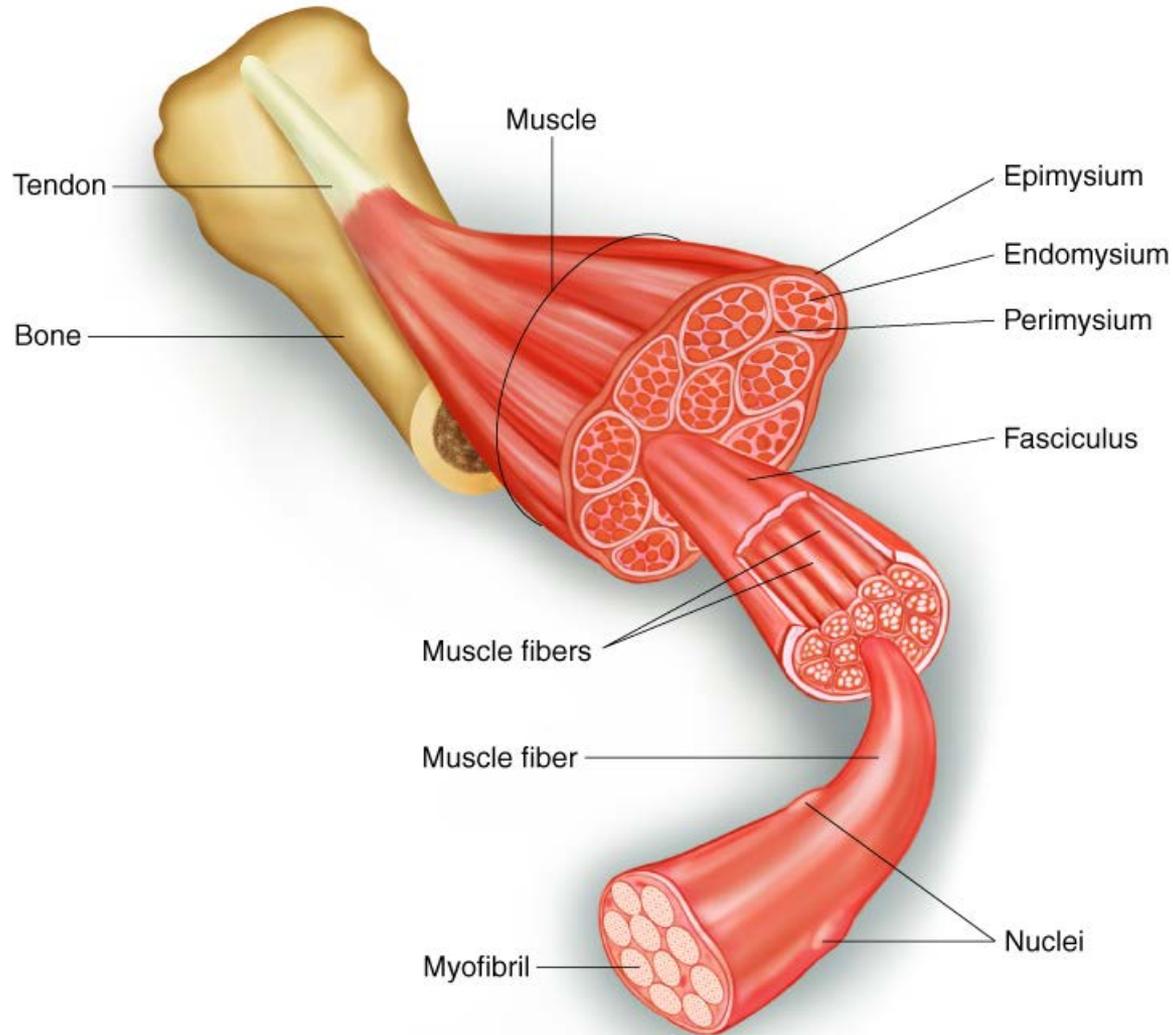
# ESTRUCTURA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 27 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

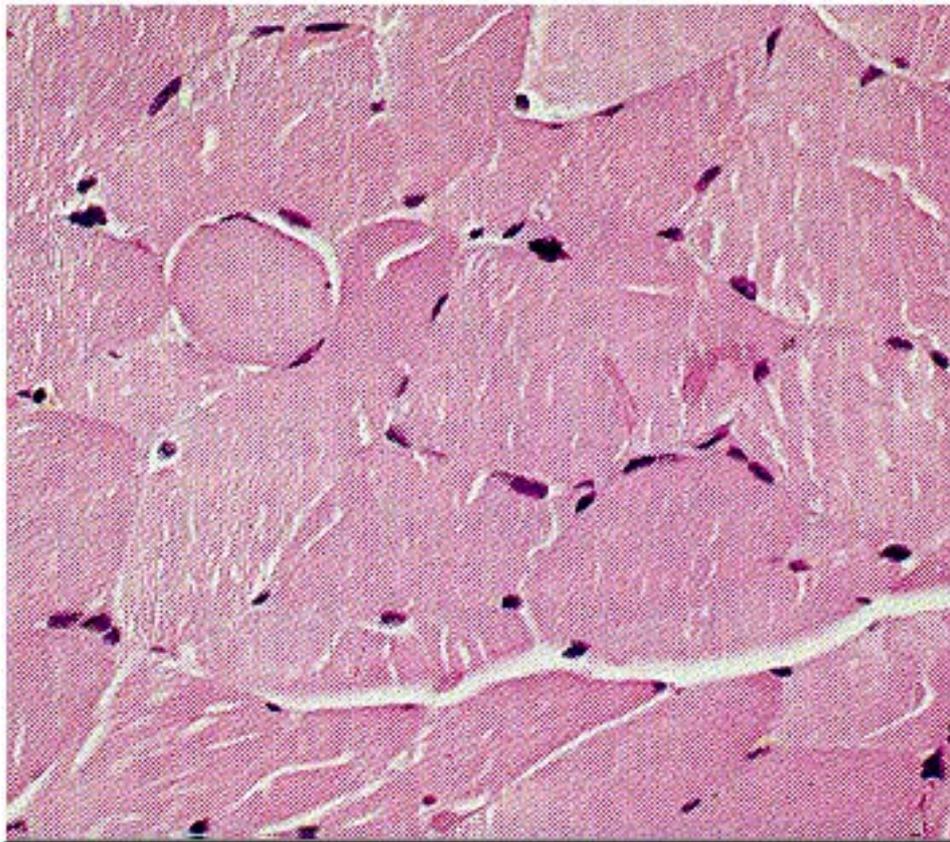


# ESTRUCTURA DE MÚSCULO ESQUELÉTICO





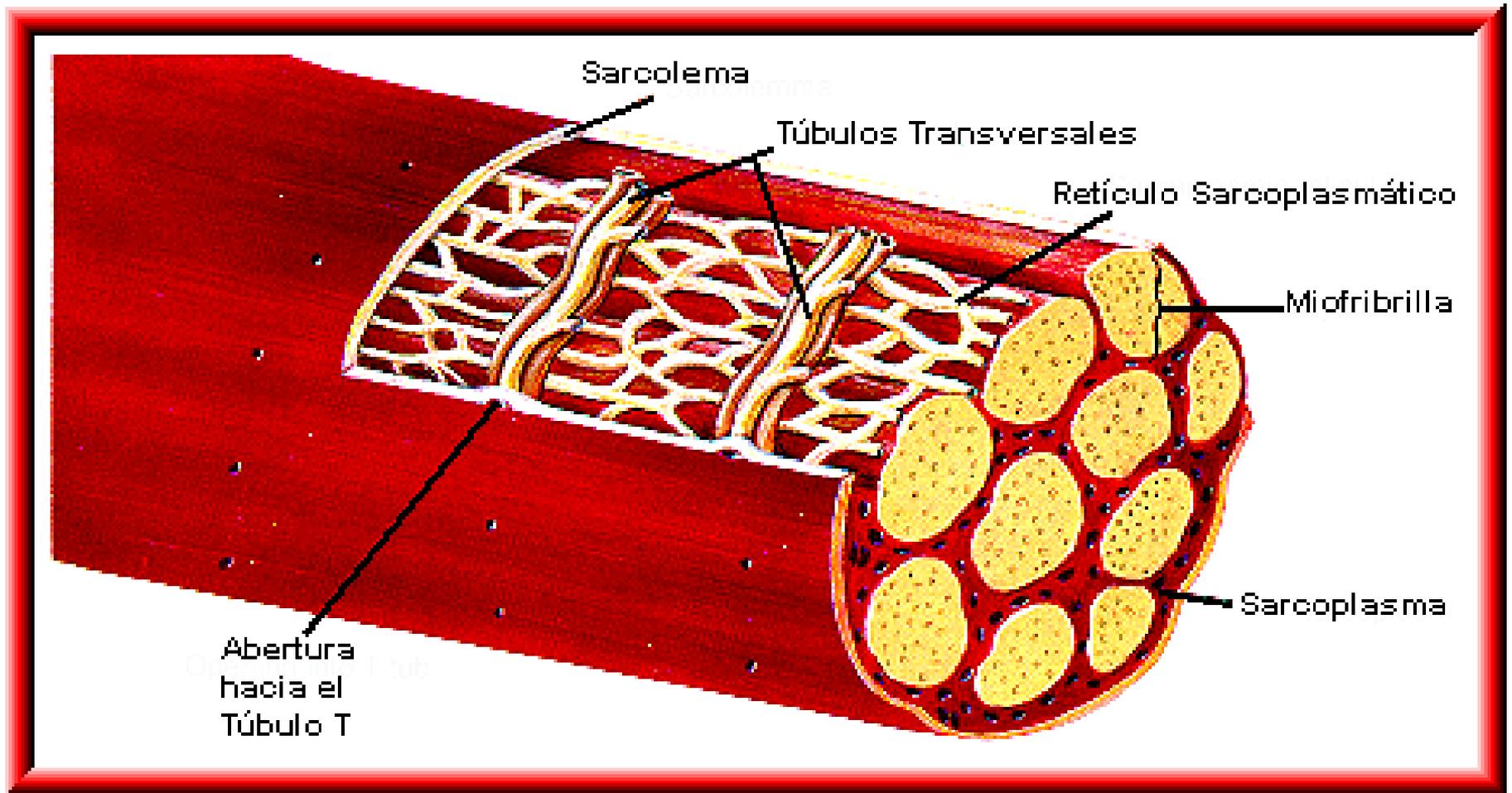
# FOTOMICROGRAFÍA DE UN CORTE TRANSVERSAL DE UN MÚSCULO ESQUELÉTICO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 27 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



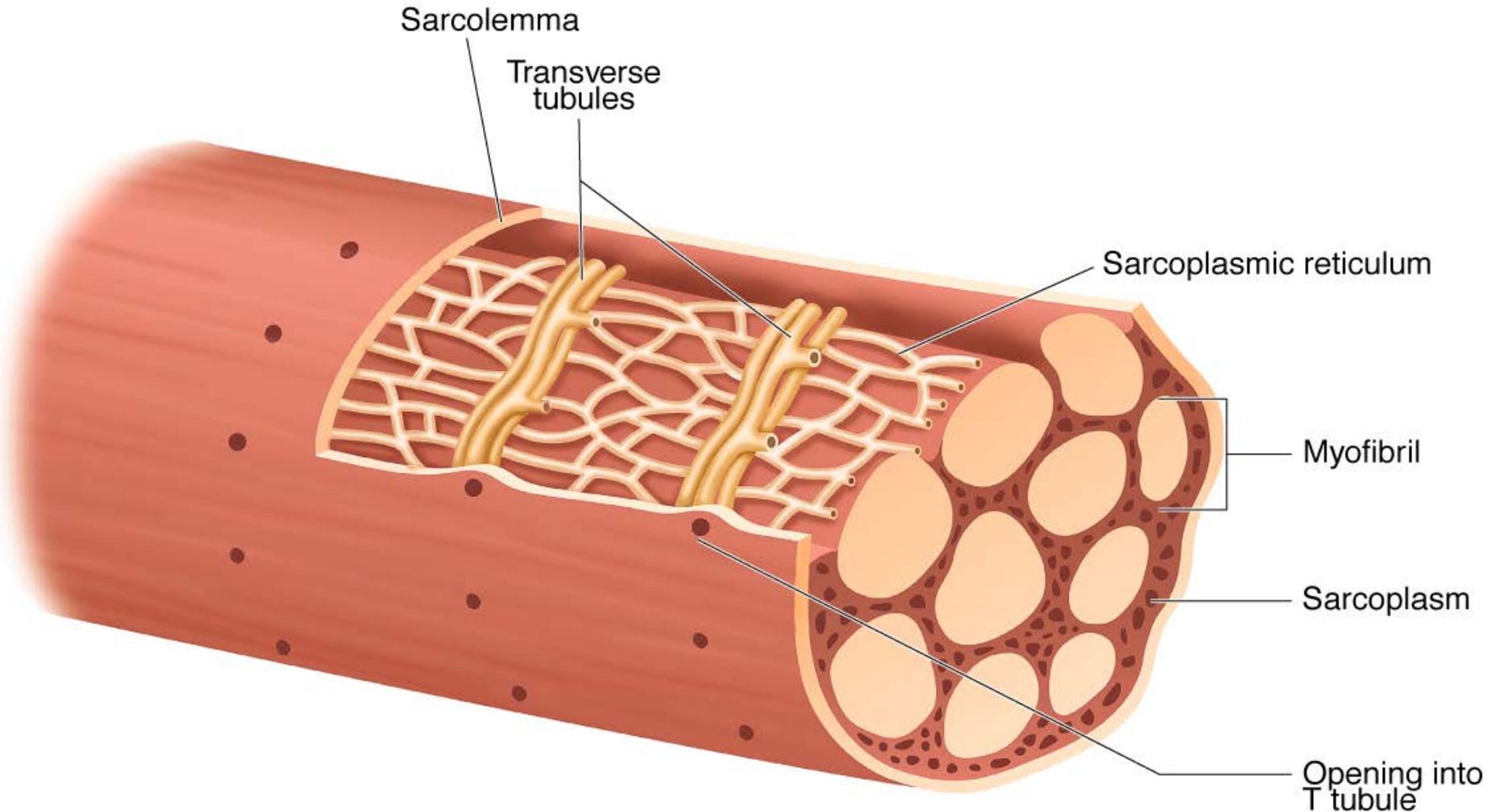
# LOS TÚBULOS TRANSVERSALES Y EL RETÍCULO SARCOPLASMÁTICO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 28 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



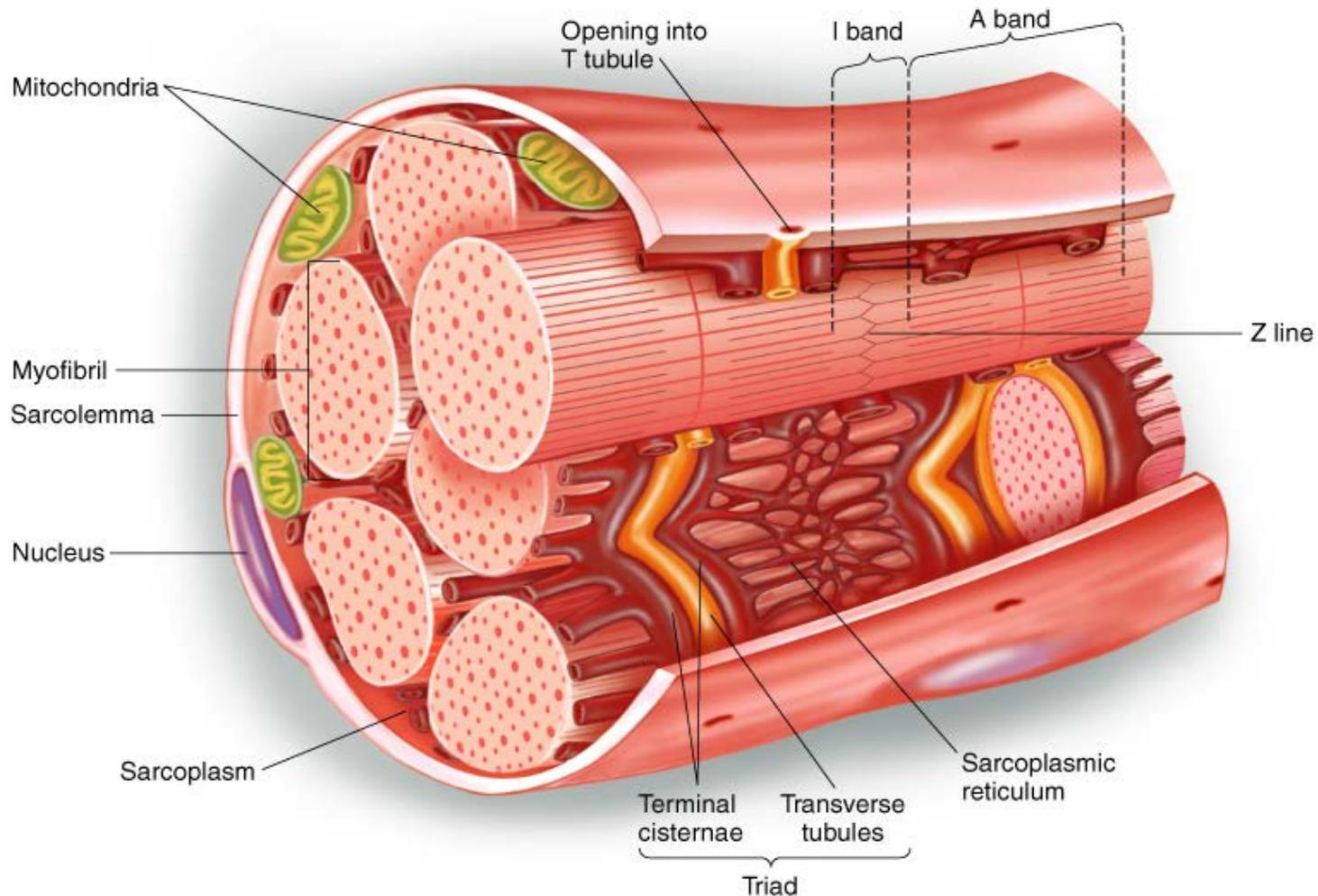
# UNA FIBRA MUSCULAR



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 28 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



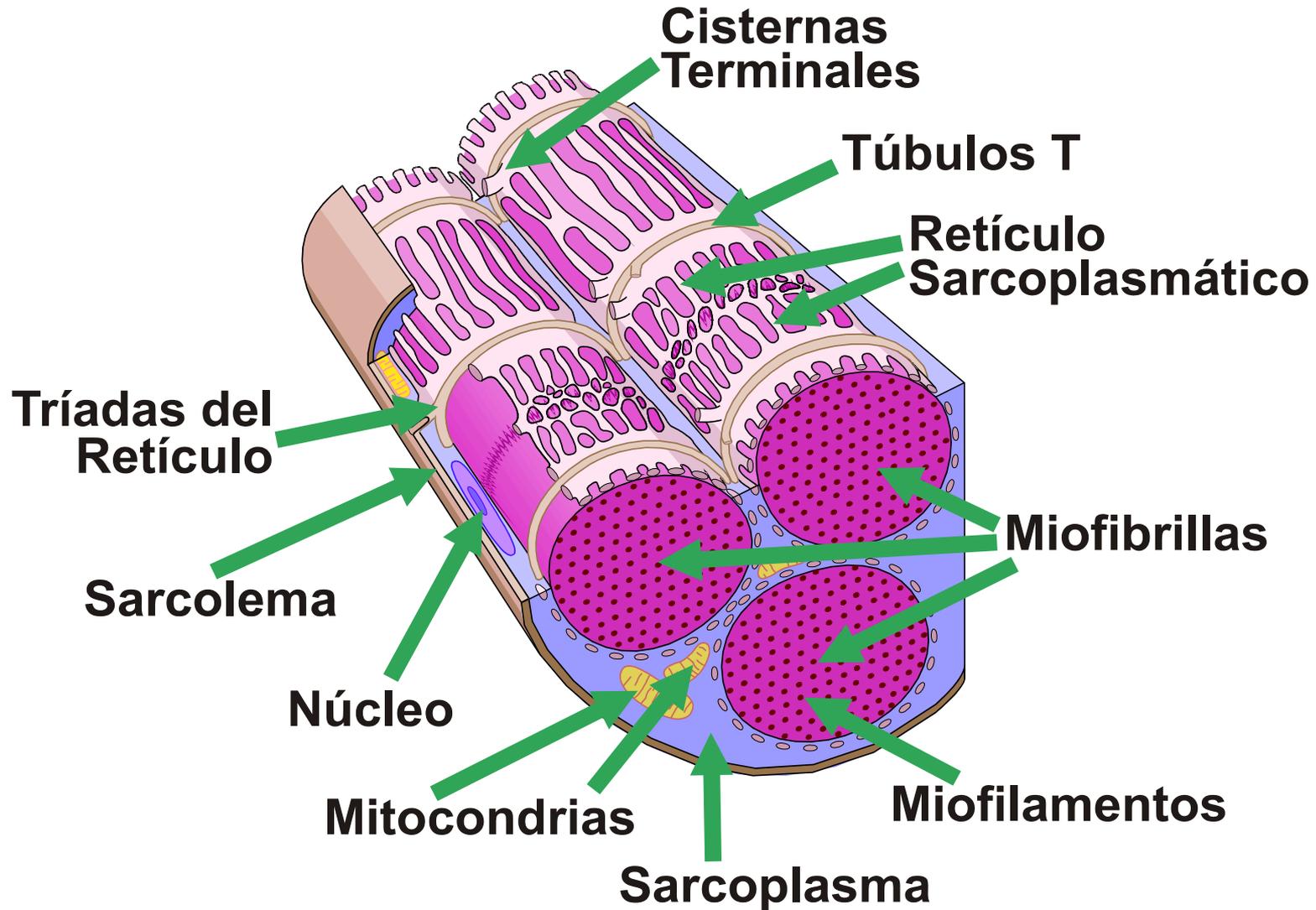
# FIBRA MUSCULAR



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

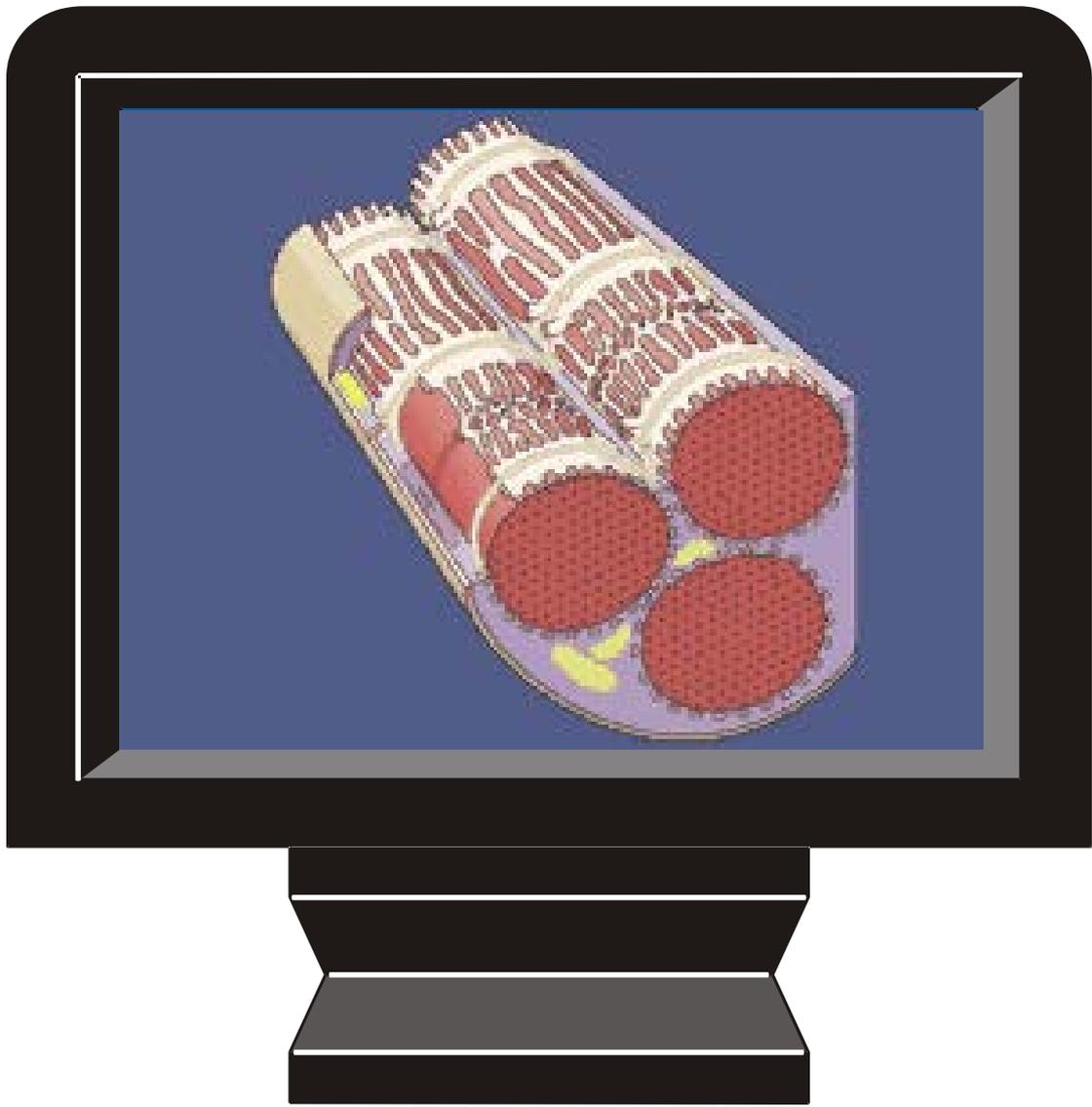


# FIBRA MUSCULAR





# FIBRA MUSCULAR





# RESUMEN

## LA FIBRA MUSCULAR

- Una célula muscular individual se conoce como fibra muscular.
- Una fibra muscular está envuelta por un plasma membranoso conocido como sarcolema
- El citoplasma de la fibra muscular se conoce como sarcoplasma.
- Dentro del sarcoplasma, los túbulos T permiten el transporte de sustancias a través de la fibra muscular.
- El retículo sarcoplasmático almacena calcio.



# FIBRA MUSCULAR

**Miofibrilla:** *Largos filamentos que contiene cada fibra musculoesquelética, los cuales representan los elementos contractiles de los músculos esqueletales.*

**Sarcómero:** *La unidad funcional básica (más pequeña) de una miofibrilla.*

**Miosina:** *Miofilamentos más gruesos compuesto de dos hilos de proteínas enrollados. En el extremo de cada hilo se forma la Cabeza de Miosina.*

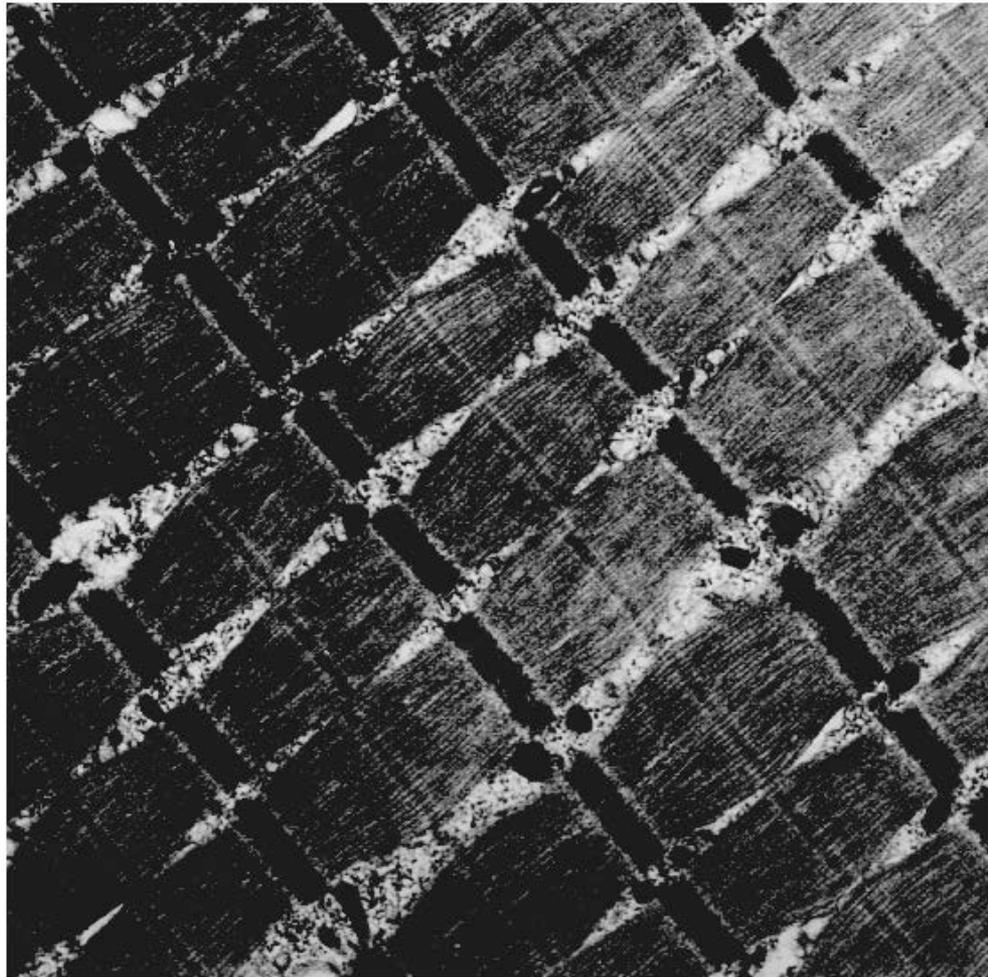
**Actina:** *Miofilamentos más delgados compuesto de actina, tropomiosina y troponina. Contiene uno de los extremos insertados en la línea Z:*

- Molécula de Actina: *Globulares, diseño helicoidal*
- Tropomiosina: *Tubular, se enrolla alrededor hilos de actina*
- Troponina: *Acopla con iones de calcio*



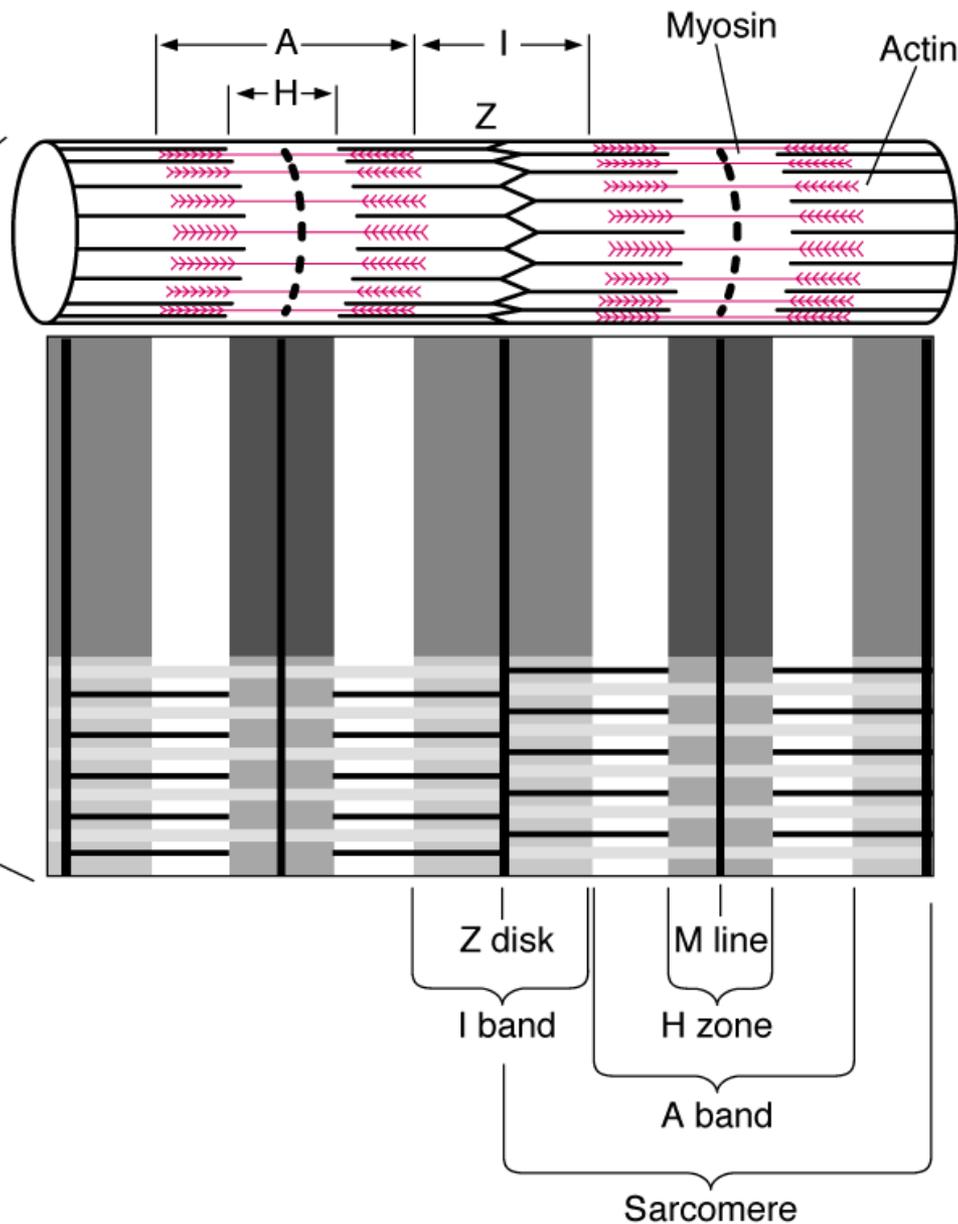
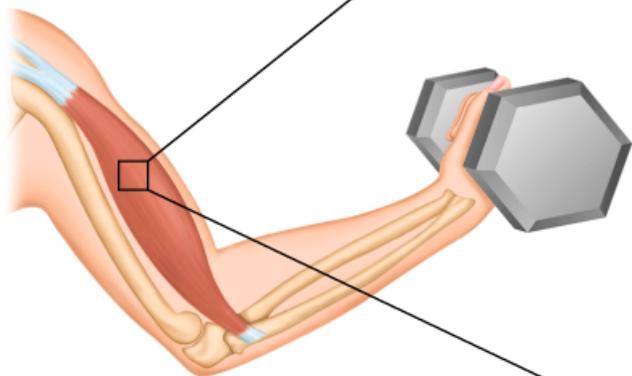


# UNA MICROGRAFÍA ELECTRÓNICA DE MIOFIBROLLAS: *Obsérvese la Presencia de Estriaciones*



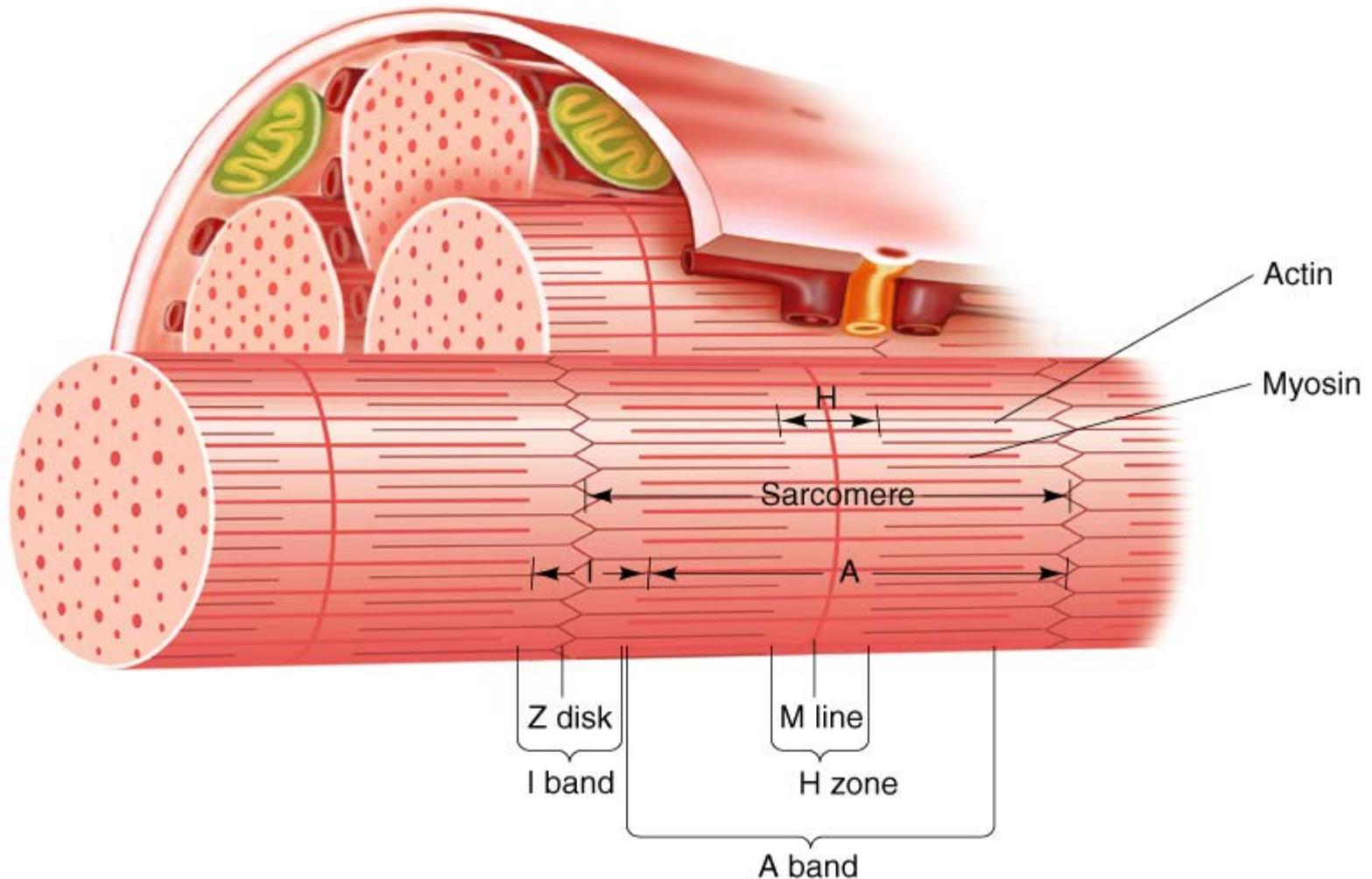
**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 28 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# ARREGLO DE LOS FILAMENTOS





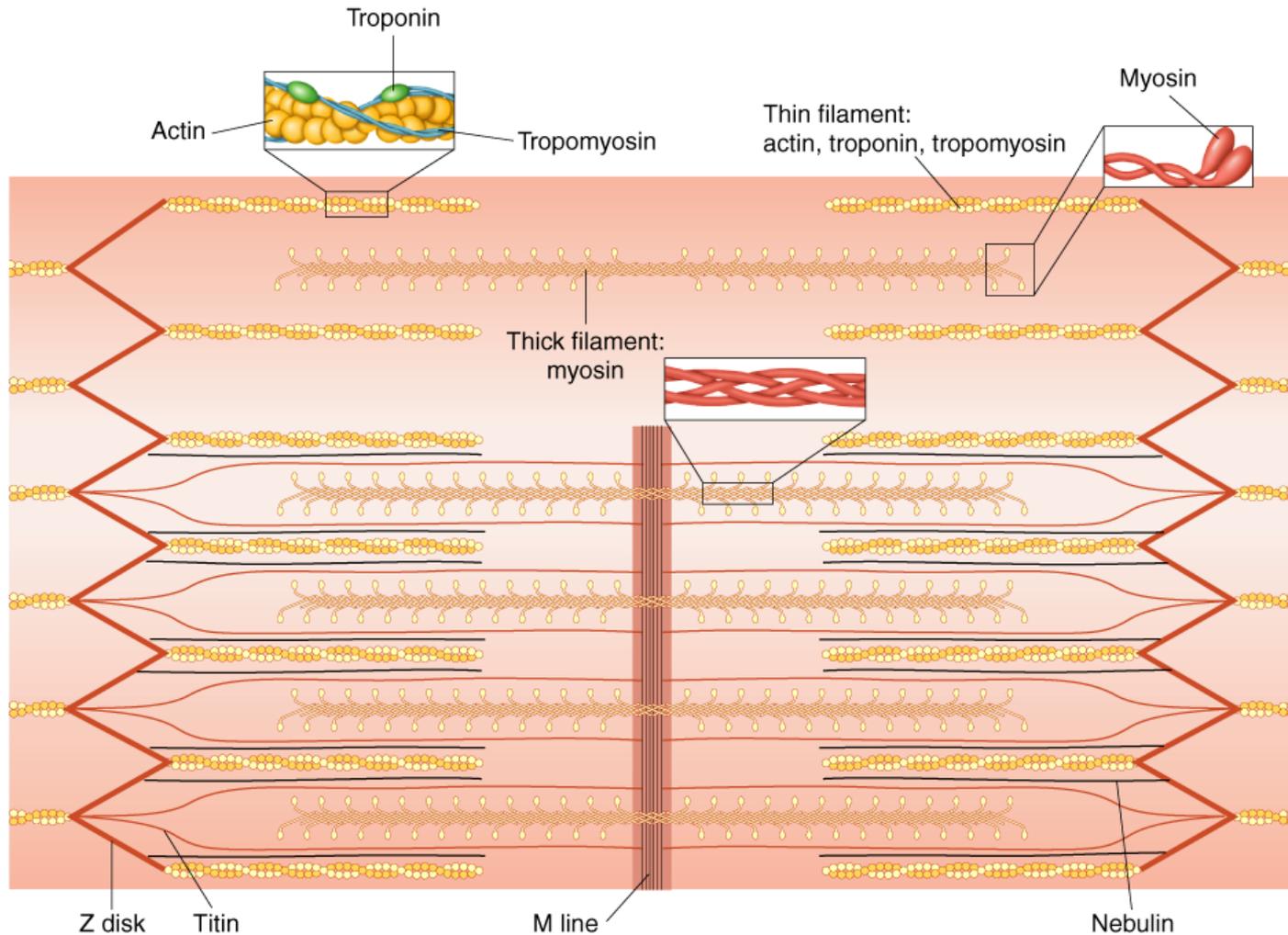
# ARREGLO DE LOS FILAMENTOS



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



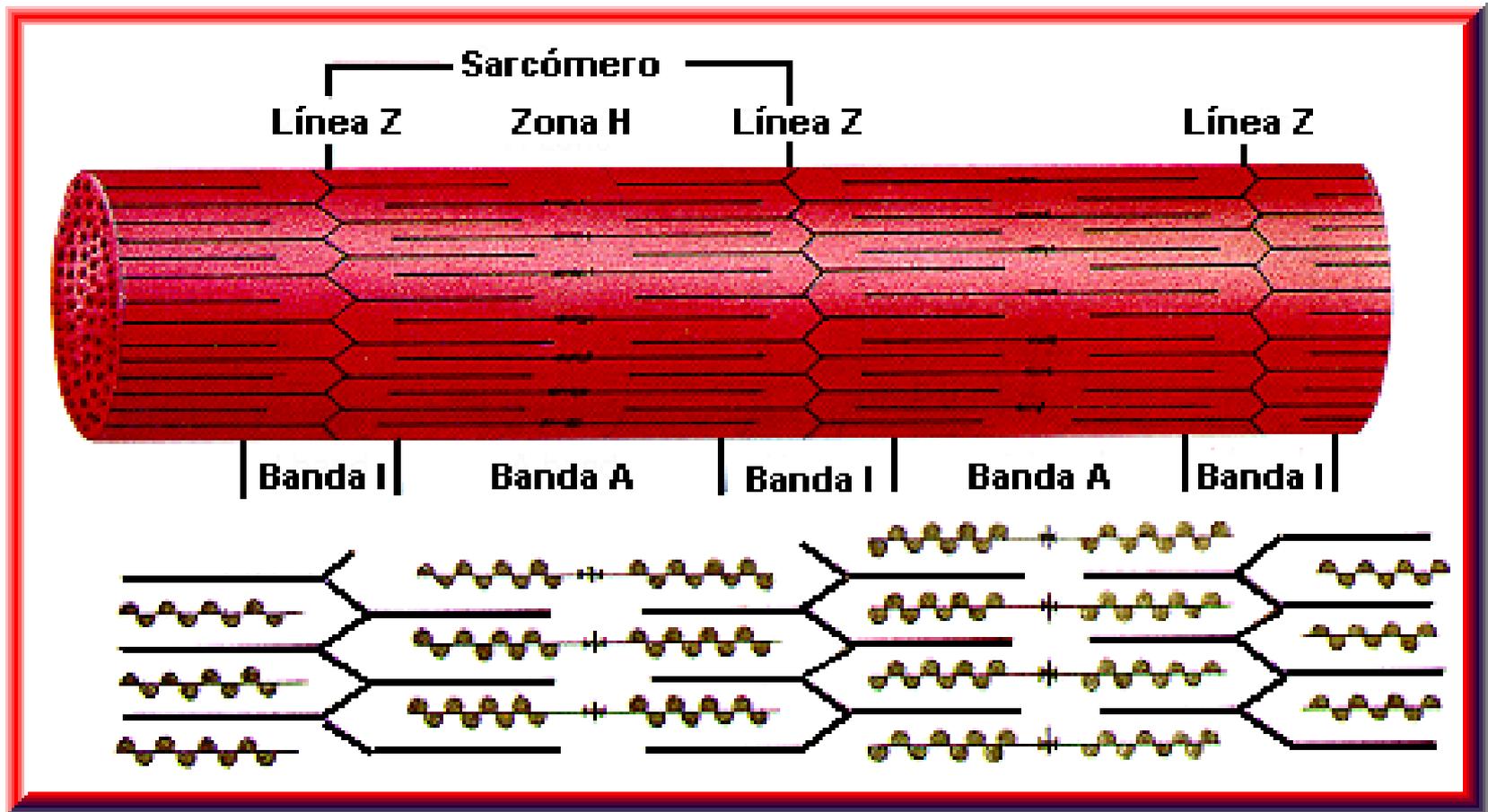
# ARREGLO DE LOS FILAMENTOS EN UN SARCÓMERO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

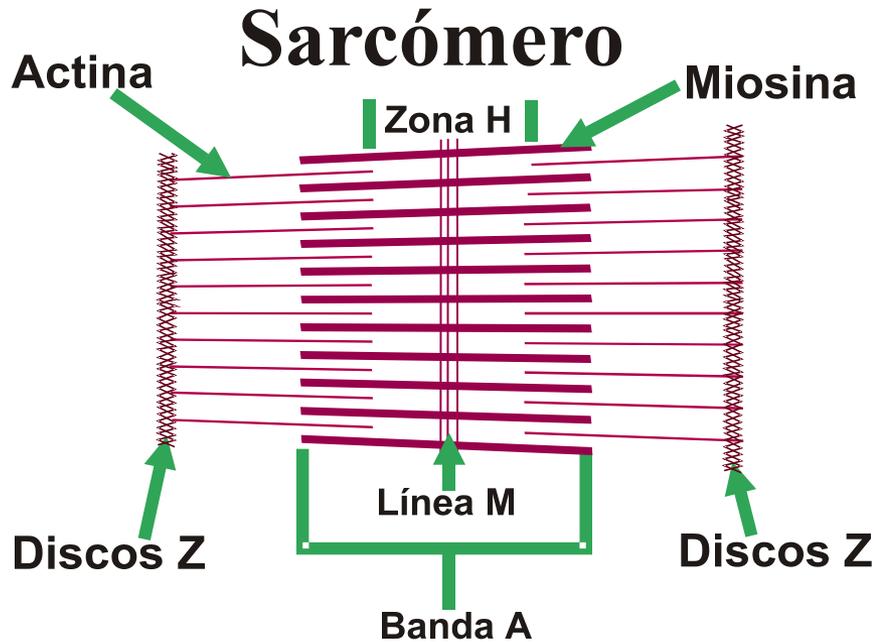
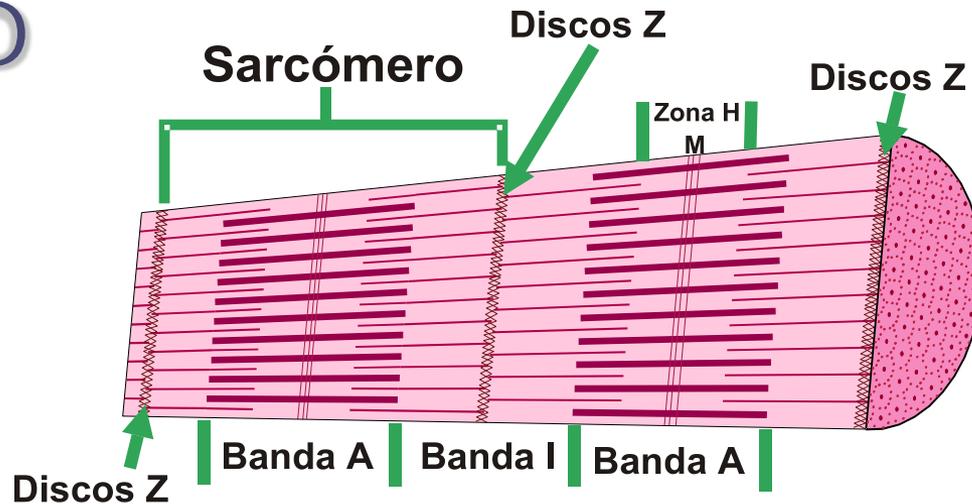


# LA UNIDAD FUNCIONAL BÁSICA ES EL SARCÓMERO: Contiene una Estructura Especializada de Actina y Miosina



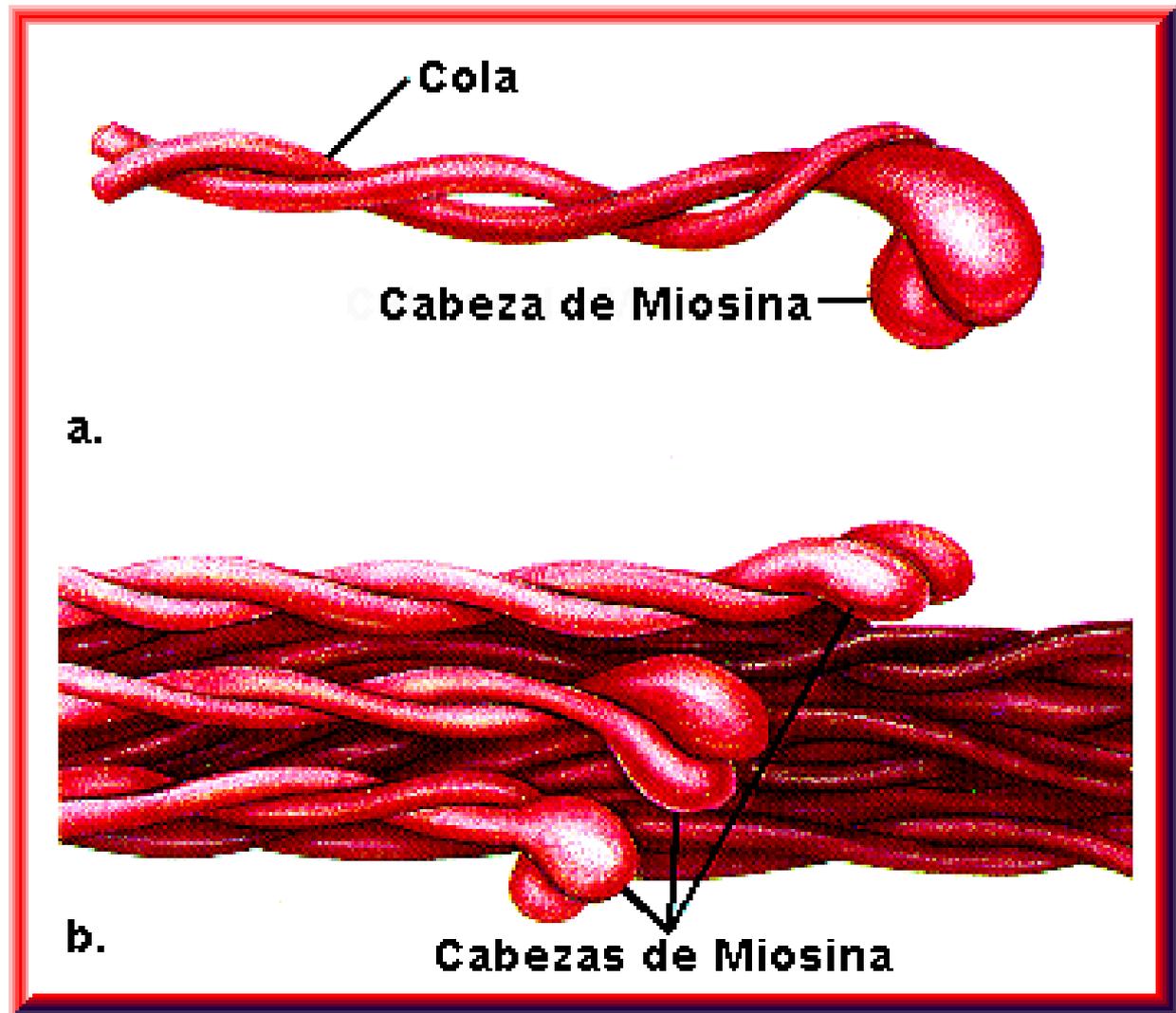


# SARCÓMERO



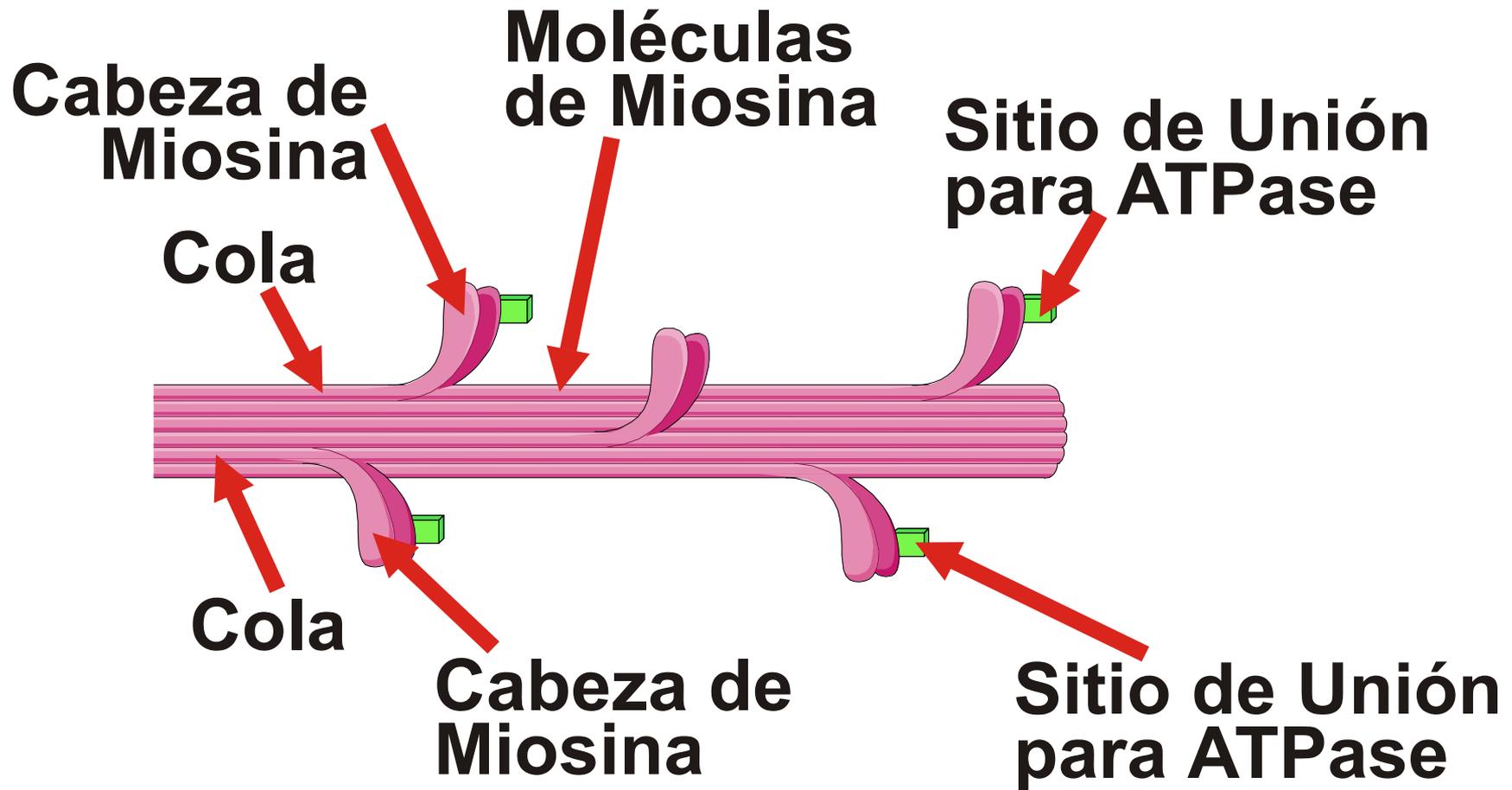


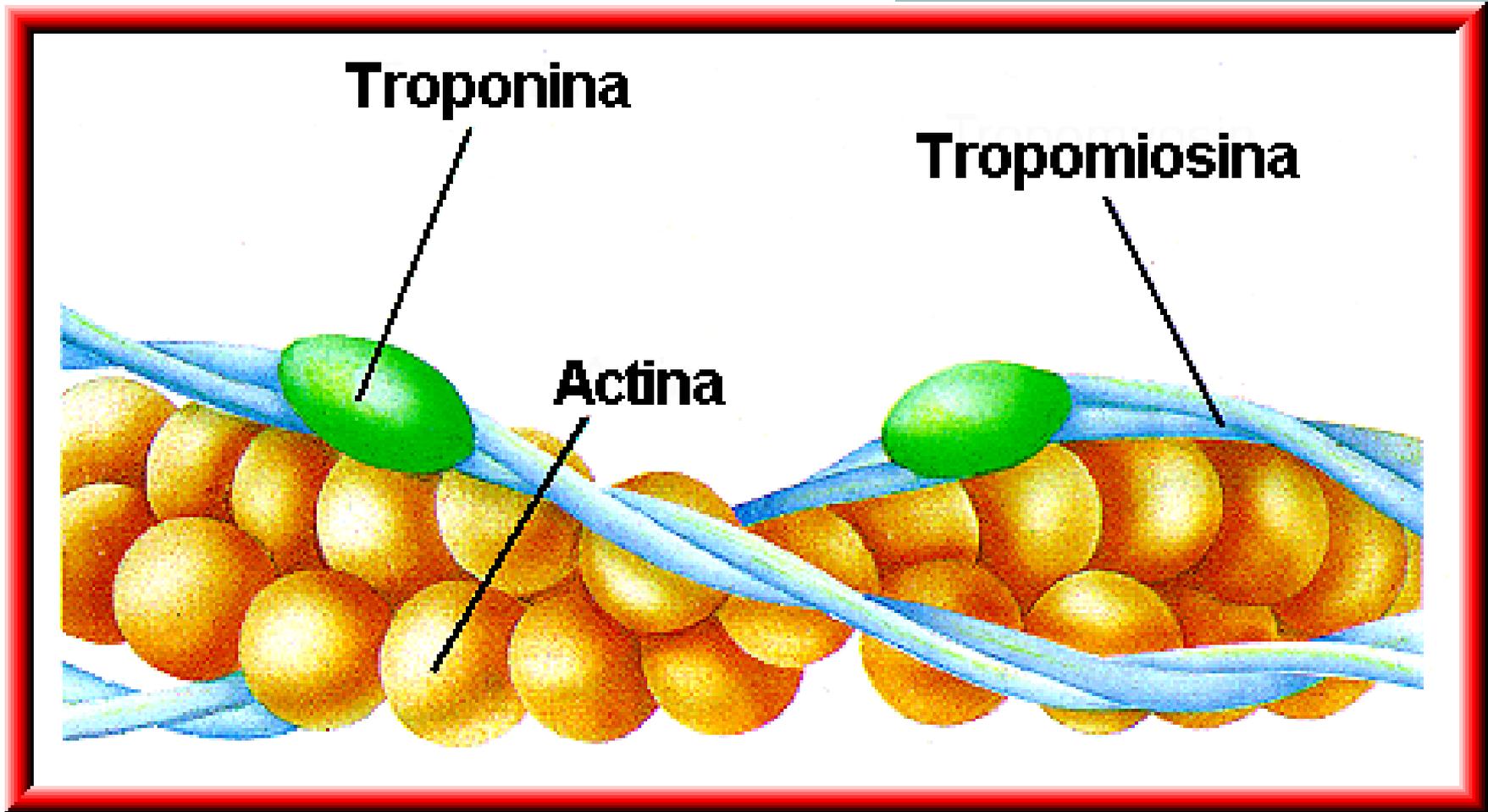
- (a) Una Molécula de Miosina
- (b) Un Filamento de Miosina





# FILAMENTO DE MIOSINA



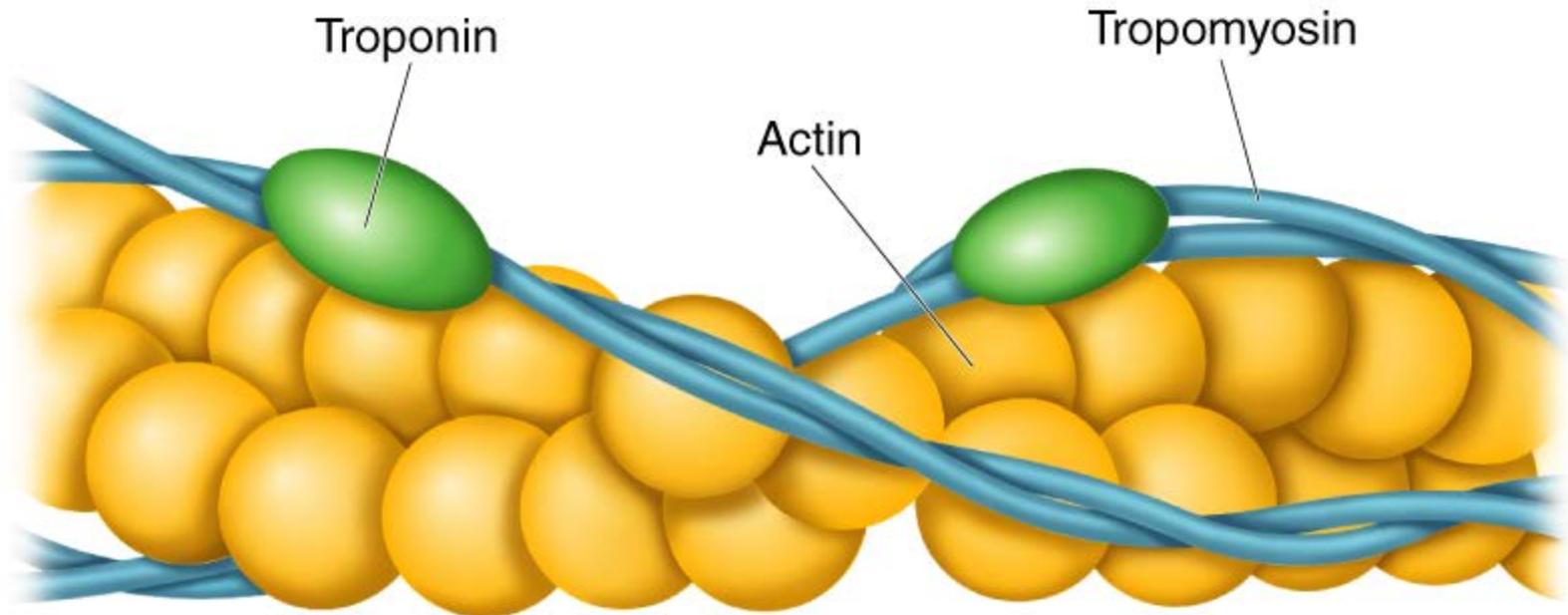


## Un Filamento de Actina Compuesto por Moléculas de Actina, Tropomiosina y Troponina

**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 30 ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

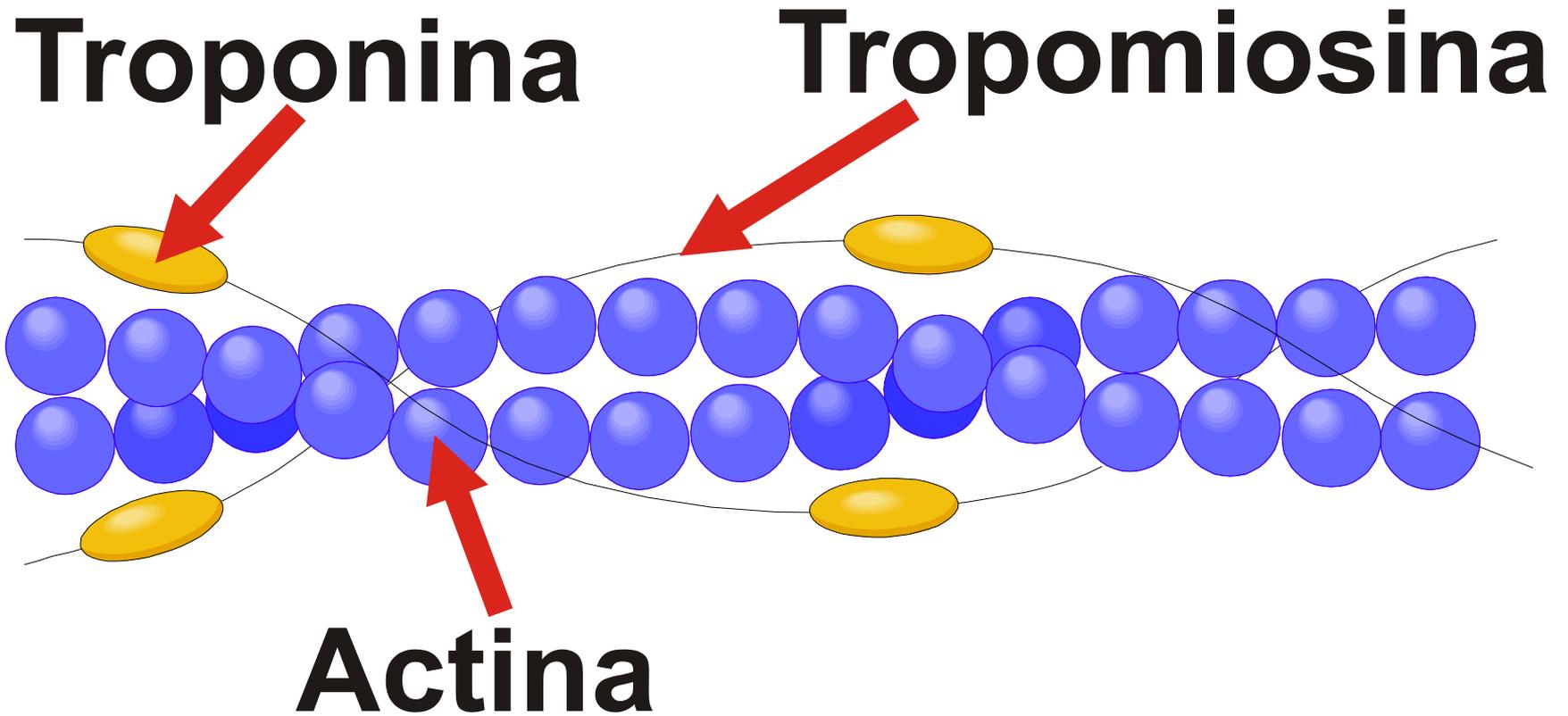


# FILAMENTO DE ACTINA





# FILAMENTO DE ACTINA





## Puntos Claves

### Miofibrillas

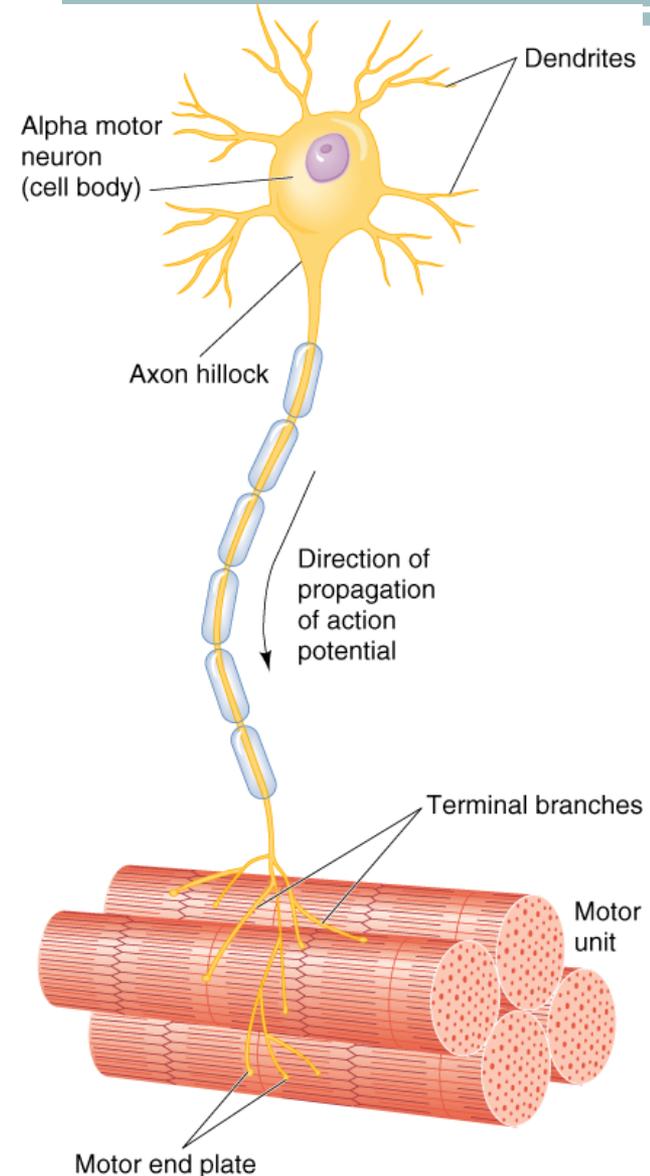
- Las miofibrillas son los elementos contractiles del músculo esquelético, con varios miles constituyendo un solo músculo.
- Las miofibrillas se componen de sarcómeros, las unidades más pequeñas de un músculo.
- Un sarcómero se compone de dos filamentos proteínicos, la miosina y actina, los cuales son los responsables de la contracción muscular.
- La miosina es un filamento grueso con una cabeza globular en un extremo.
- El filamento de actina—compuesto de actina, tropomiosina y troponina—se adhiere a un disco Z.

## UNIDAD MOTORA:

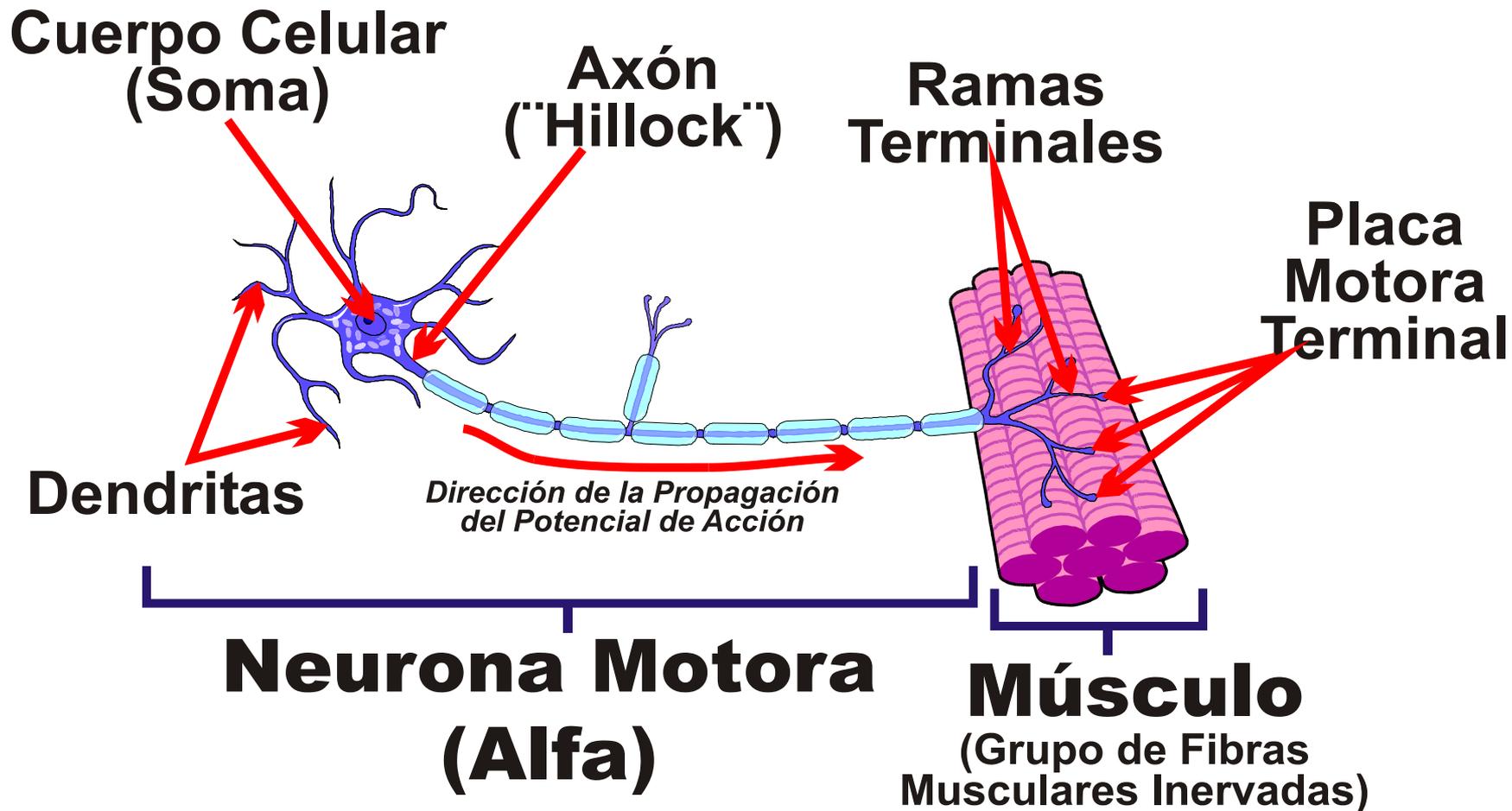
*Un solo nervio o neurona motora que inerva a un grupo de fibras musculares*

## Unión neuromuscular:

*La sinapsis entre un nervio motor y una fibra muscular*

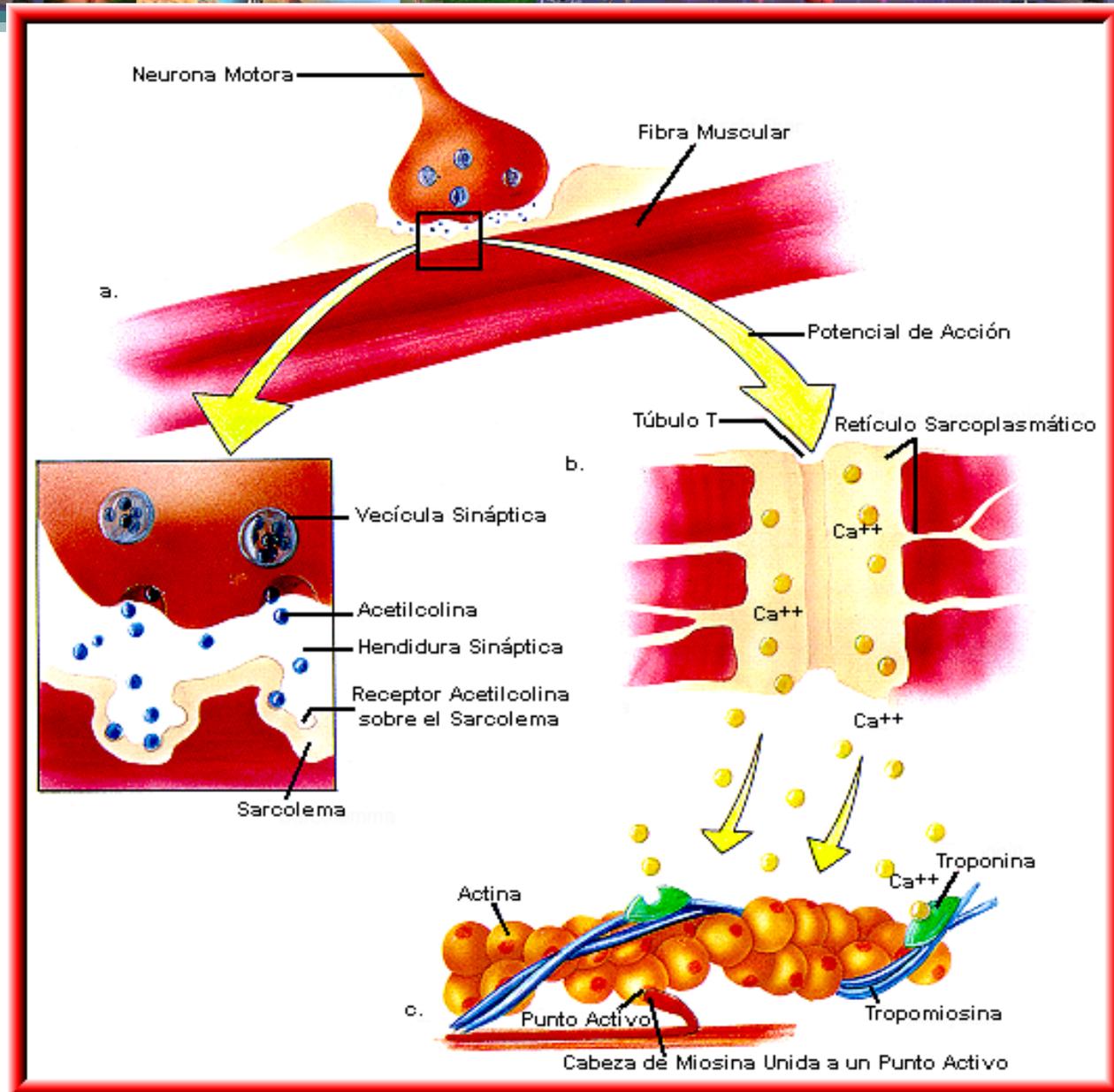


# UNIDAD MOTORA:

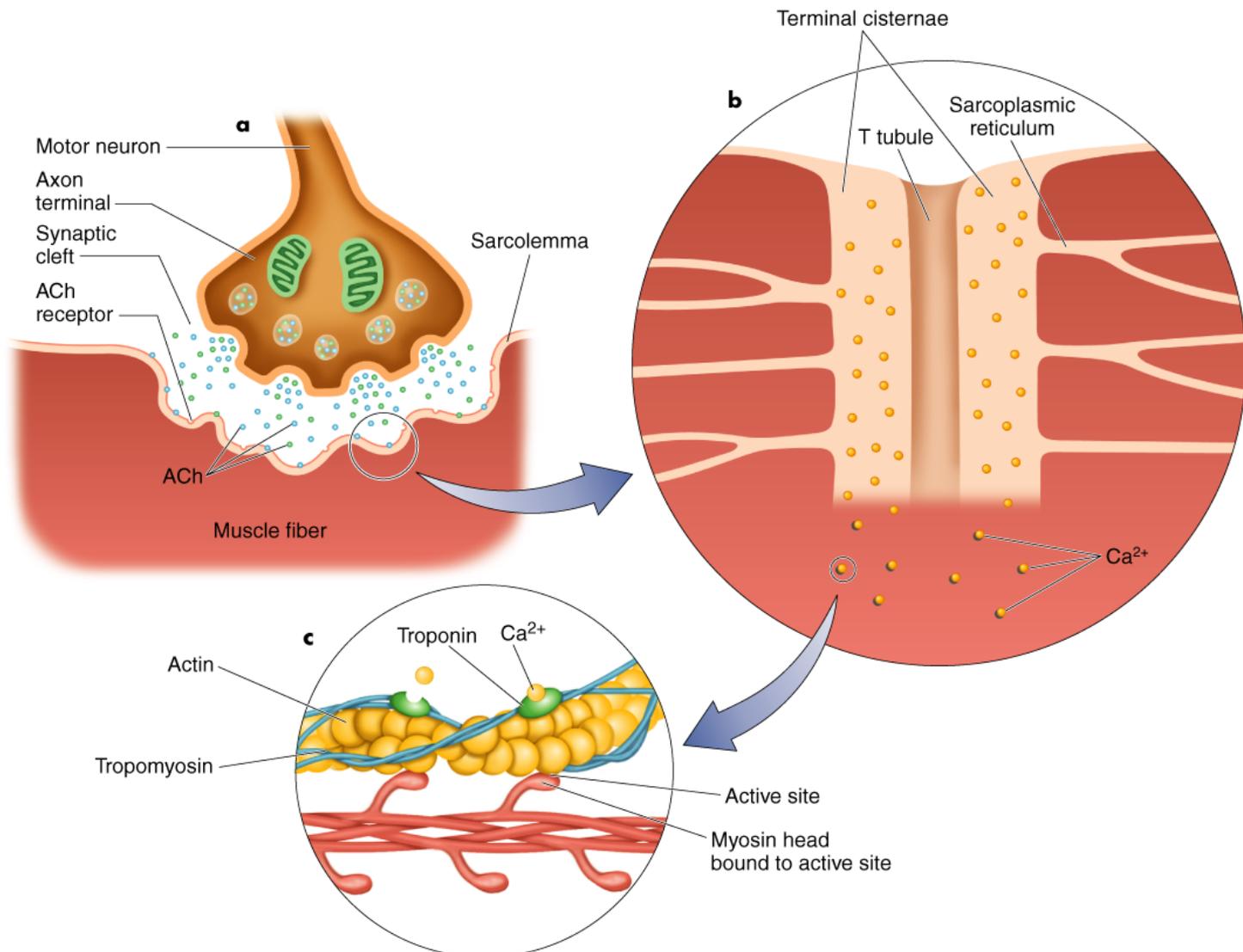


## Secuencia de Acontecimientos durante la Acción Muscular

**Calcio: Se une a la Troponina - Levanta la Tropomiosina: Cabezas de miosina se unen a los puntos activos de la actina**



# EVENTOS QUE CONDUCEN A LA ACCIÓN MUSCULAR





## SECUENCIA DE ACONTECIMIENTOS DURANTE LA ACCIÓN MUSCULAR

- Impulso nervioso llega a los axones terminales
- Neurona motora secreta acetilcolina (ACh)
- ACh se fija sobre receptores en el sarcolema
- Genera potencial de acción en fibra muscular
- Libera iones de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) vía Túbulos:  
*Desde retículo sarcoplasmático hacia el sarcolema*
- $\text{Ca}^{++}$  se une con troponina sobre el filamento de actina
- Separa tropomiosina de los puntos activos en filamento de actina
- Cabezas de miosina se adhieren a puntos activos en el filamento de actina



# Energía para la Acción Muscular

- La enzima ATPase se encuentra en la cabeza de la miosina
- ATPase descompone la molécula de ATP
- Productos:  $ADP + Pi + \text{Energía Libre/Útil}$
- La energía liberada enlaza la cabeza de miosina con el filamento de actina
- Permite la acción muscular



# Final de la acción Muscular

- El calcio se agota
- El calcio es bombeado hacia el retículo sarcoplasmático para su almacenaje
- Son desactivadas la troponina y la tropomiosina
- Se bloquea el enlace de los puentes cruzados de miosina con los filamentos de actina
- Se interrumpe la utilización del ATP
- Filamemntos de miosina y actina regresan a su estado original de reposo/relajación



# Acoplamiento Excitación/Contracción

1. Una unidad motora, con señales del encéfalo o médula espinal, libera el neurotransmisor acetilcolina (ACh) en la unión neuromuscular.
2. ACh cruza la brecha y se une a los receptores del sarcolema.
3. Esto inicia un potencial de acción, siempre y cuando se provea suficiente ACh.
4. El potencial de acción viaja a lo largo del sarcolema y a través de los túbulos T hasta el retículo sarcoplasmático, desde donde se liberan los iones de  $\text{Ca}^{2+}$ .

*(continua)*



# Excitation/Contraction Coupling

5. El  $\text{Ca}^{2+}$  se une a la troponina en el filamento de actina y la troponina hala la tropomiosina de los sitios activos, permitiendo que las cabezas de la miosina se unan al filamento de actina.
6. Una vez se establezca un estado de unión fuerte con la actina, las cabezas de la actina se inclina, halando el filamento de actina (*ataque de potencia*).
7. Las cabezas de la miosina se unen con el ATP y la ATPase (que se encuentra en la cabeza de la miosina) degrada el ATP en ADP y  $\text{P}_i$ , liberando energía.
8. La acción muscular se detiene cuando el calcio se bombee fuera del sarcoplasma y regresa al retículo sarcoplasmático para su almacenamiento.



# Teoría del Filamento Deslizante

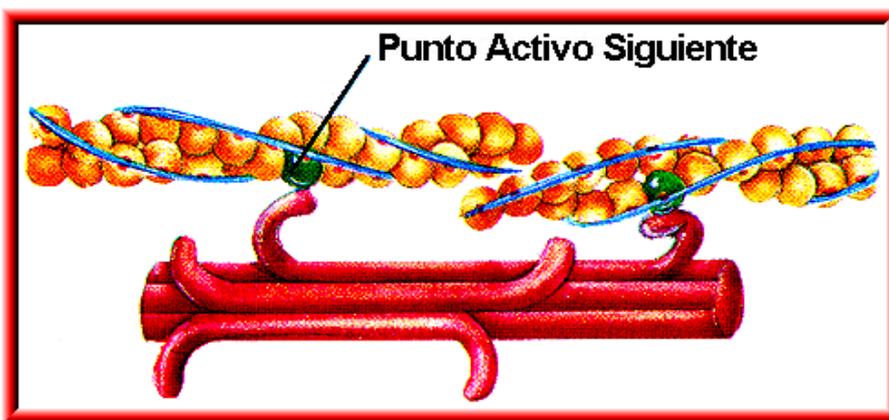
- Cabeza de la miosina unido a punto activo en el filamento de actina (puente cruzado).
- Cabeza de la miosina se inclina hacia el brazo.
- Se arrastra/tira el filamento de actina.
- Se separa el punto activo.
- Gira hacia su posición original.
- Se une a un nuevo punto activo más adelante.
- Continúan estas uniones repetidas y ataque de fuerza: *Filamentos se deslizan uno a lo largo del otro (contracción)*.
- Proceso continúa hasta que los extremos de la miosina lleguen a las líneas Z.
- Filamentos de actina sobresalen la Zona H.



## Una Fibra Muscular Relajada



## Una Fibra Muscular Contrayéndose

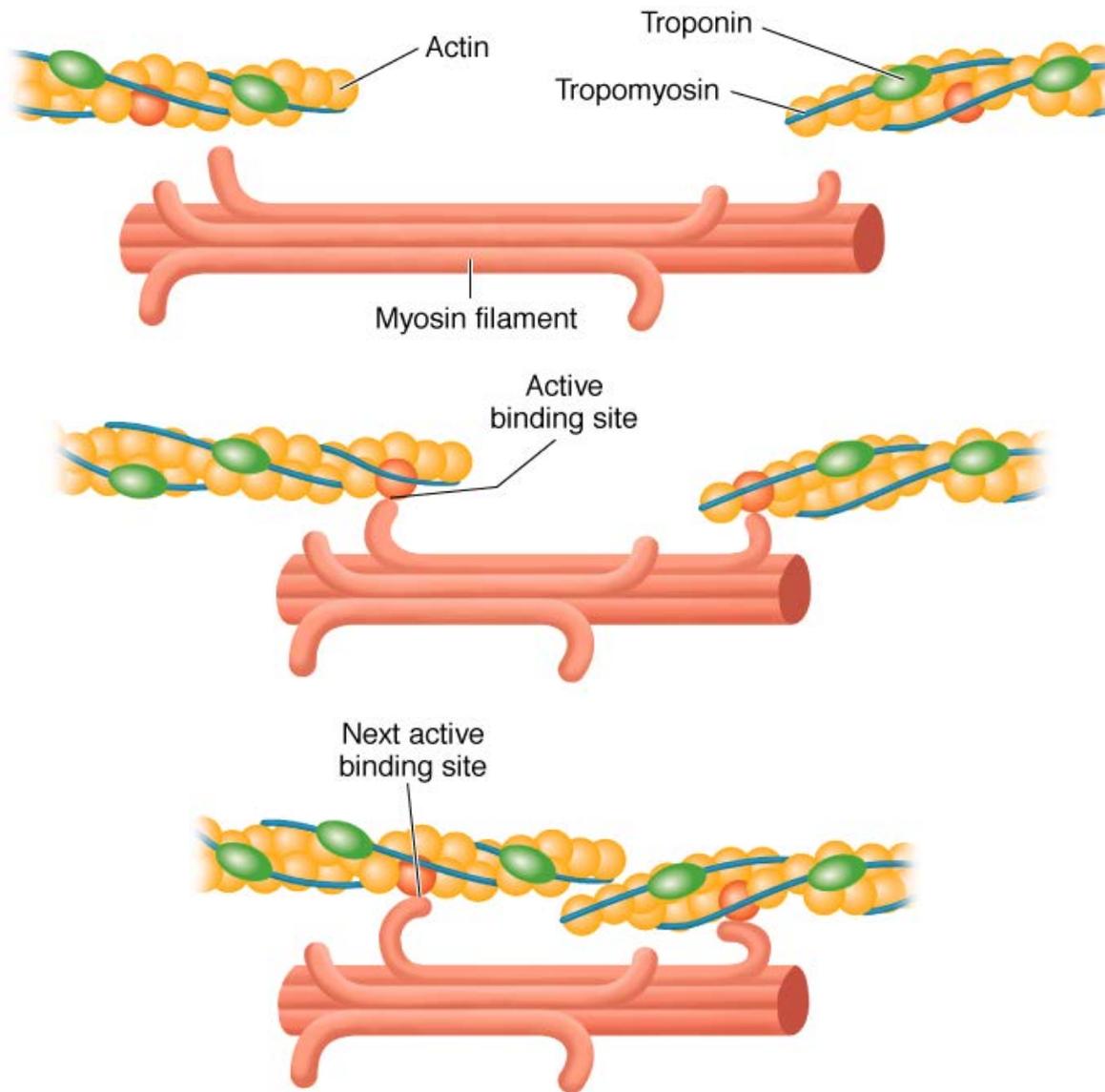


## Una Fibra Muscular Completamente Contraída, Ilustrando la Acción de Trinquete Responsable del Deslizamiento de la Actina sobre la Miosina



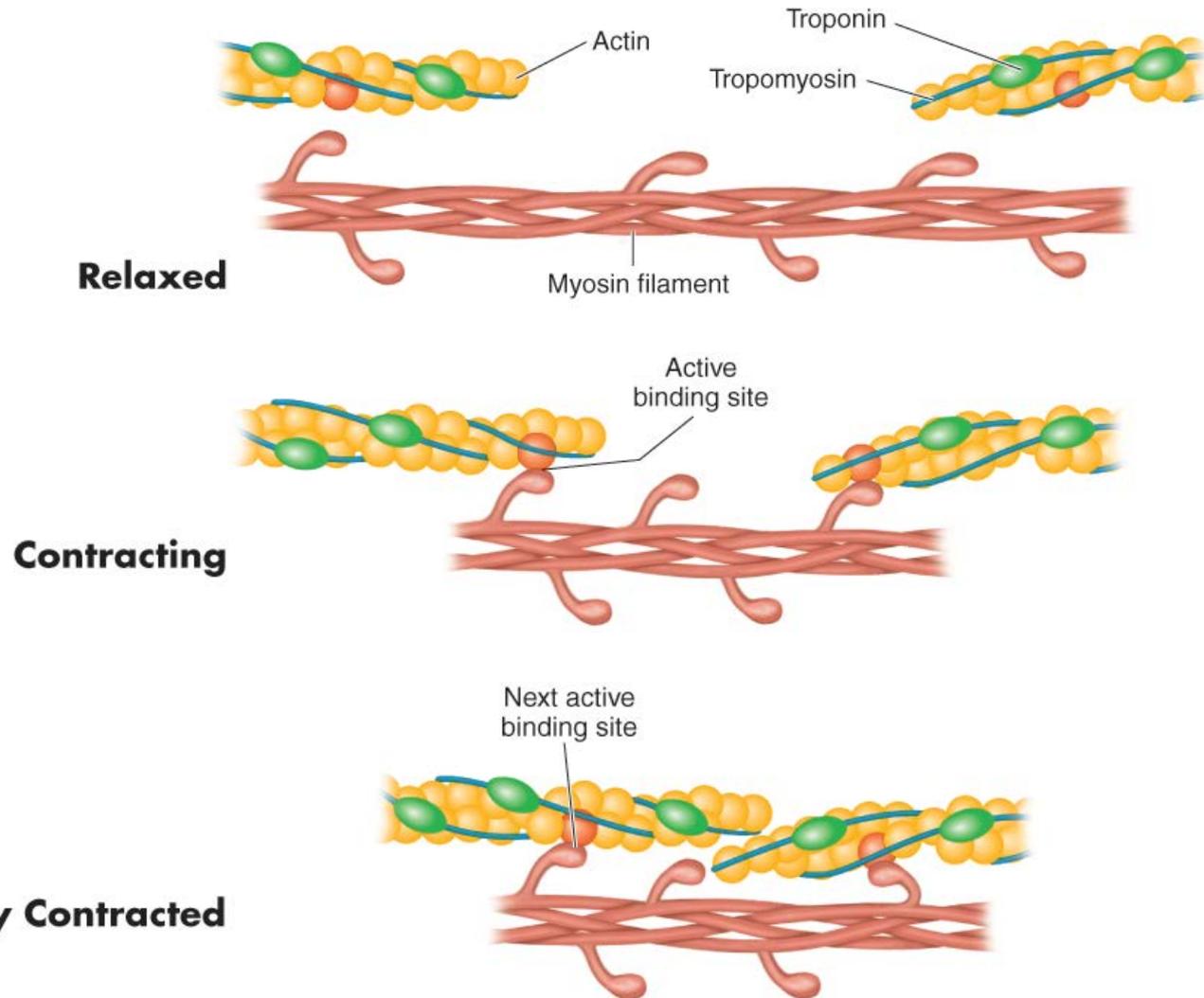
# Teoría del Filamento Deslizable

- Cuando se activan los puentes cruzados de la miosina, éstos se unen fuertemente con la actina, lo cual resulta en un cambio en los puentes cruzados.
- El cambio en los puentes cruzados causa que la cabeza de la miosina se incline hacia el brazo del puente cruzado y arrastren los filamentos de actina y miosina en direcciones opuestas.
- La inclinación de la cabeza de la miosina se conoce como *ataque de fuerza*.
- La tracción del filamento de actina más allá de la miosina resulta en el acortamiento muscular y generación de fuerza muscular.





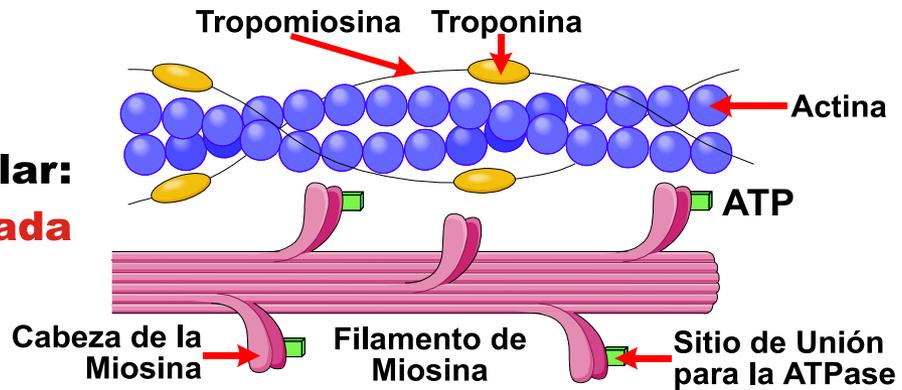
# FIBRA MUSCULAR QUE SE CONTRAE



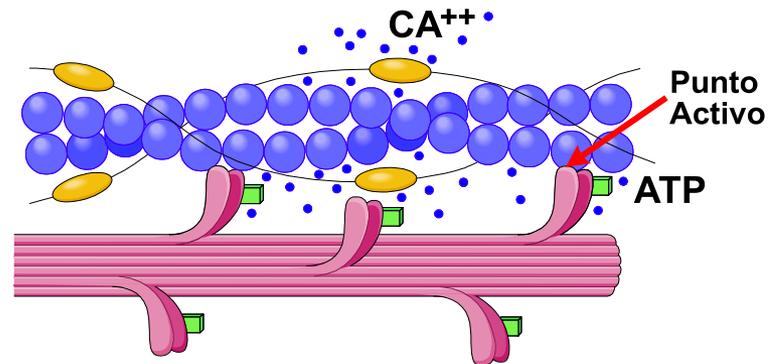


# FIBRA MUSCULAR QUE SE CONTRAE

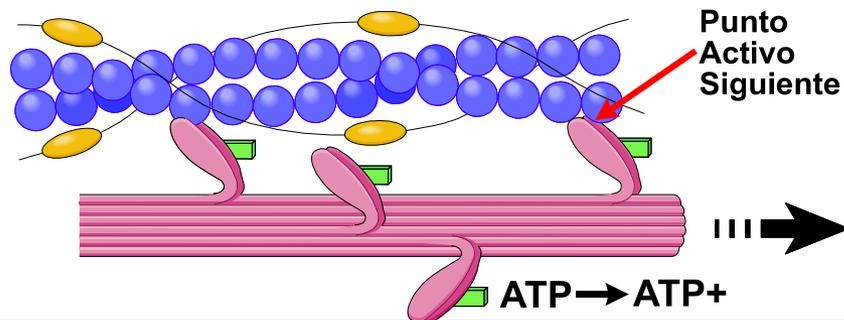
**Fibra Muscular:  
Relajada**



**Fibra Muscular:  
Contrayéndose**



**Fibra Muscular:  
Completamente  
Contraída**







## Puntos Claves

### Acción de la Fibra Muscular

- La acción muscular se inicia por un impulso nervioso.
- El nervio libera ACh, la cual permite que sodio entre y depolarize la célula. Si la célula está suficientemente depolarizada, ocurre un potencial de acción que libera de los almacenes los iones de  $\text{Ca}^{2+}$ .
- Los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  se unen con las moléculas de la troponina, lo cual levanta las moléculas de la tropomiosina fuera de los sitios activos en el filamento de actina. Estos sitios abiertos permiten que se unan a ellos las cabezas de la miosina.

*(continua)*



## Puntos Claves

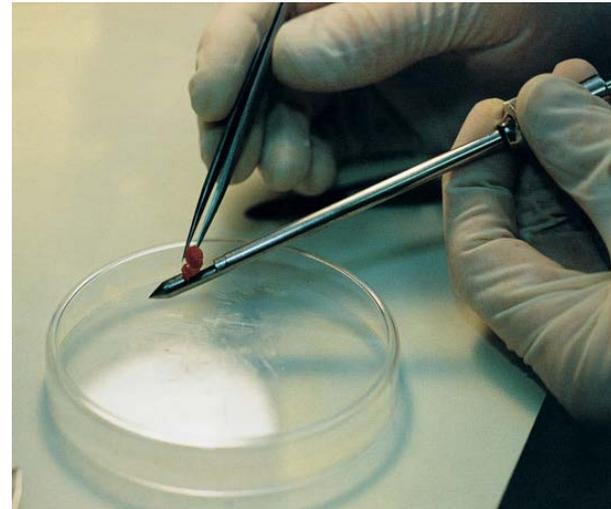
### Acción de la Fibra Muscular

- Una vez la miosina se une a la actina, la cabeza se inclina y hala el filamento de actina, de manera que se puedan deslizar una sobre la otra.
- La acción muscular termina cuando el calcio es bombeado fuera del sarcoplasma hacia el retículo sarcoplasmático, para su almacenaje.
- La energía para la acción muscular es provista cuando la cabeza de la miosina se une al ATP. La APPase en la cabeza de la miosina descompone el ATP en una fuente de energía útil.



# Biopsia Muscular

- Una aguja hueca se inserta en el músculo para tomar una muestra.
- La muestra se monta, congela, se corta en tajadas delgadas y se examina bajo el microscopio.
- Permite el estudio de las fibras musculares y los efectos del ejercicio agudo y entrenamiento físico sobre la composición de la fibra muscular.





# Tipos de Fibras Musculares

- ❑ Contracción Lenta (CL) o “Slow Twitch” (ST)
- ❑ Contracción Rápida (CR) o “Fast Twitch” (FT):
  - *Contracción Rápida tipo a (CRa ó FTa)*
  - *Contracción Rápida tipo b (CRb ó FTb)*
  - *Contracción Rápida tipo c (CRc ó FTc)*





## Fibras Musculares “Slow-Twitch” (ST):

- ◆ **Alta capacidad oxidativa (CHO y grasas):** *Elevada Tolerancia Aeróbica – Menor fatigabilidad*
- ◆ **Baja capacidad glucolítica (CHO):** *Baja Capacidad Anaeróbica*
- ◆ **Velocidad contractil:** *Baja (lento) – Menor fuerza*
- ◆ **Umbral de estímulo para tensión máxima:** *110 ms (lento)*
- ◆ **Unidad Motora:** *10–180 fibras por neurona motora - Pocas fibras - Menor fuerza*
- ◆ **Unidad Motora:** *Pequeño cuerpo celular – Menor velocidad*
- ◆ **Forma lenta de la miosina ATPase:** *Suministro de energía más lento*
- ◆ **Retículo sarcoplasmático menos desarrollado:** *Menor capacidad para liberar calcio – Menor velocidad contracción*
- ◆ **Distribución Cuerpo:** *50% se componen de fibras ST*
- ◆ **Reclutamiento:** *Mayor frecuencia que las fibras FTa*



# Fibras Musculares “Slow-Twitch” (ST)

- Alta capacidad aeróbica (oxidativa) y tolerancia a la fatiga (baja fatigabilidad)
- Baja capacidad anaeróbica (glucolítica) y fuerza generada por la unidad motora
- Lenta velocidad contractil (110 ms para alcanzar la tensión pico) y miosina ATPase (forma lenta)
- 10–180 fibras por neurona motora
- Bajo desarrollo del retículo sarcoplasmático





## Fibras Musculares "Fast-Twitch" (FT).

- **Baja capacidad oxidativa (CHO y grasas):** *Baja Tolerancia Aeróbica – Mayor fatigabilidad*
- **Alta capacidad glucolítica (CHO):** *Elevada Capacidad Anaeróbica*
- **Velocidad contractil:** *Alta (rápido) – Mayor fuerza*
- **Umbral de estímulo para tensión máxima:** *50 ms (rápido)*
- **Unidad Motora:** *300–800 fibras por neurona motora - Muchas fibras - Mayor fuerza*
- **Unidad Motora:** *Grande cuerpo celular – Mayor velocidad*
- **Forma rápida de la miosina ATPase:** *Suministro de energía más rápido*
- **Retículo sarcoplasmático más desarrollado:** *Mayor capacidad para liberar calcio – Mayor velocidad contracción*
- **Distribución Cuerpo:** *25% (FTa), 22-24% (FTb), 1-3% (FTc)*
- **Reclutamiento:** *Mayor frecuencia FTa que FTb y FTc*





# Fibras Musculares Fast-Twitch (FT<sub>a</sub>)

- **Capacidad aeróbica (oxidativa):** *Moderada*
- **Capacidad anaeróbica (glucolítica):** *Alta*
- **Fatigabilidad:** *Alta*
- **Velocidad de la contracción:** *Alta (Rapido)*
- **Fuerza de la contracción:** *Alta*
- **Retículo sarcoplasmático:** *Más desarrollado que ST*
- **Distribución en Cuerpo:** 25% compuesto de fibras FT<sub>a</sub>
- **Reclutamiento:** *Mayor frecuencia que FT<sub>b</sub> y FT<sub>c</sub>*





# Fibras Musculares Fast-Twitch ( $FT_b$ )

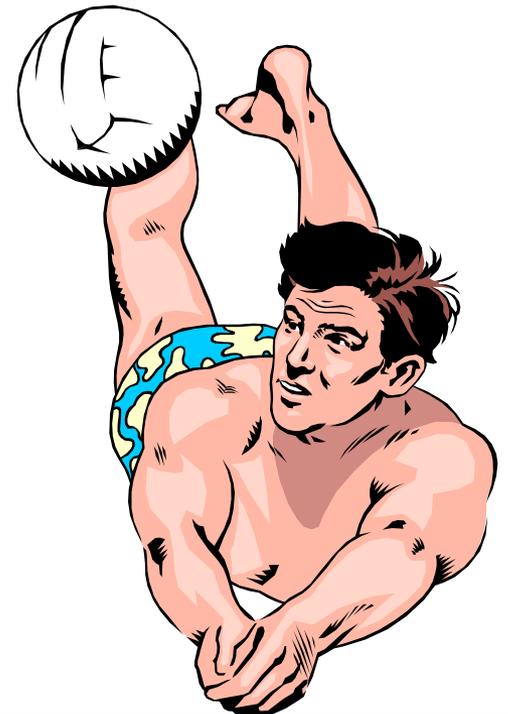
- Baja capacidad aeróbica (oxidativa) y tolerancia a la fatiga (alta fatigabilidad)
- Alta capacidad anaeróbica (glucolítica) y fuerza generada por la unidad motora
- Alta velocidad contractil (50 ms para alcanzar la tensión pico) y miosina ATPase (forma rápida)
- 300–800 fibras por neurona motora
- Alto desarrollo del retículo sarcoplasmático





# Fibras Musculares Fast-Twitch (FT<sub>b</sub>)

- **Reclutamiento:** *No son activadas con facilidad por el sistema nervioso*
- **Distribución cuerpo:** 22-24% formado por fibras FT<sub>b</sub>





# Fibras Musculares Fast-Twitch (FT<sub>c</sub>)

- **Reclutamiento:** *Poco frecuente*
- **Distribución cuerpo:** 1-3% se compone de fibras FT<sub>c</sub>





# TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Características	Tipo de Fibra		
	CL (ST)	CRA (FTa)	CRb (FTb)
<b>Fibras por Neurona Motora</b>	<b>10-180</b>	<b>300-800</b>	<b>300-800</b>
<b>Tamaño de la Neurona Motora</b>	<b>Pequeña</b>	<b>Grande</b>	<b>Grande</b>
<b>Velocidad de la Conducción del Nervio</b>	<b>Lenta</b>	<b>Rápida</b>	<b>Rápida</b>
<b>Velocidad de Contracción (m/s)</b>	<b>50</b>	<b>110</b>	<b>110</b>
<b>Tipo de Miosina ATPase</b>	<b>Lenta</b>	<b>Rápida</b>	<b>Rápida</b>
<b>Desarrollo del Retículo Sarcoplasmático</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>
<b>Fortaleza de la Unidad Motora</b>	<b>Baja</b>	<b>Baja</b>	<b>Alta</b>
<b>Capacidad Aeróbica (Oxidativa)</b>	<b>Alta</b>	<b>Moderada</b>	<b>Baja</b>
<b>Capacidad Anaeróbica (Glucolítica)</b>	<b>Baja</b>	<b>Alta</b>	<b>Alta</b>



# TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

## CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

Sistema 1	Contracción Lenta	Contracción Rápida a	Contracción Rápida b
Sistema 2	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
Sistema 3	OL (SO)	GOR (FOG)	GR (FG)

### Característica

Capacidad Oxidativa	Alta	Moderadamente Alta	Baja
Capacidad Glucolítica	Baja	Alta	La más Alta
Velocidad de Contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Tolerancia a la Fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fortaleza de la Unidad Motora	Baja	Alta	Alta

**Nota.** En este texto usamos el sistema 1 para clasificar los tipos de fibras musculares. Los otros sistemas se usan también con frecuencia. El sistema 2 clasifica las fibras CL (ST) como Tipo I y las fibras CR (FT) como Tipo IIa y Tipo IIb. El sistema 3 clasifica los tipos de fibras basándose en la velocidad de contracción de las fibras y en el principal modo de producción de energía. Las fibras CL (ST) se conocen como fibras OL (Oxidativas Lentas) ó SO (“Slow Oxidative”), las fibras CRa (FTa) son fibras GOR (Glucolíticas Oxidativas Rápidas) ó FOG (“Fast Oxidative Glycolytic”) y las CRb (FTb) son consideradas como fibras GR (Glucolíticas Rápidas) ó FG (“Fast Glycolytic”).



## FOTOMIOGRAFÍA MOSTRANDO FIBRAS MUSCULARES

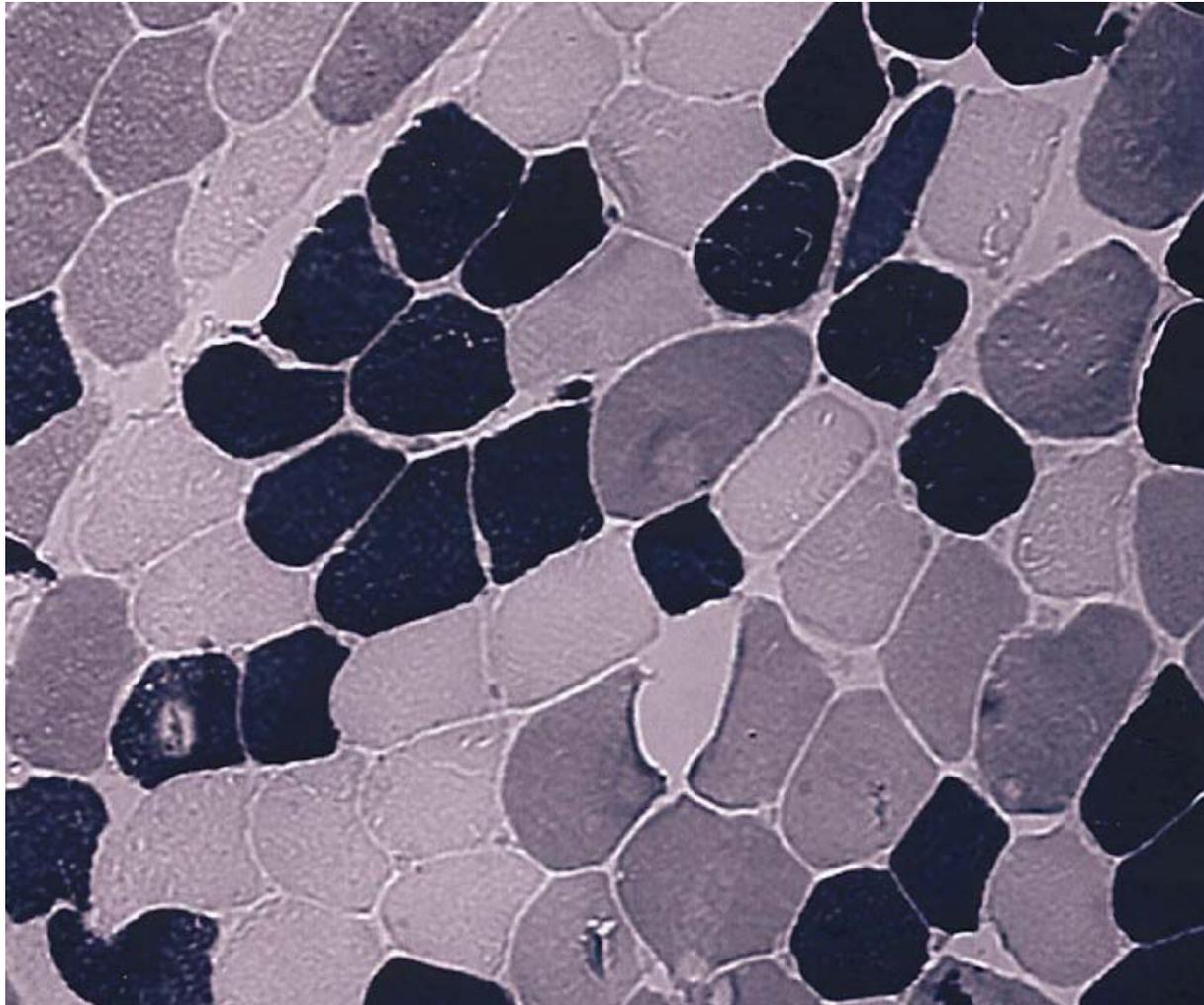


### Leyenda:

- **ST= *Negras***
- **FTa = *No Teñidas***
- **FTb = *Gris***
- **FTc**



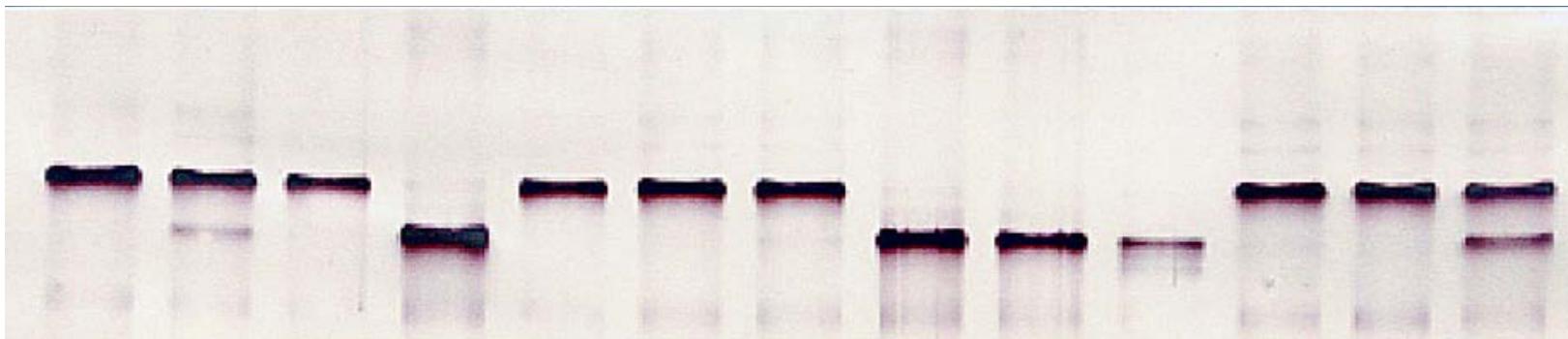
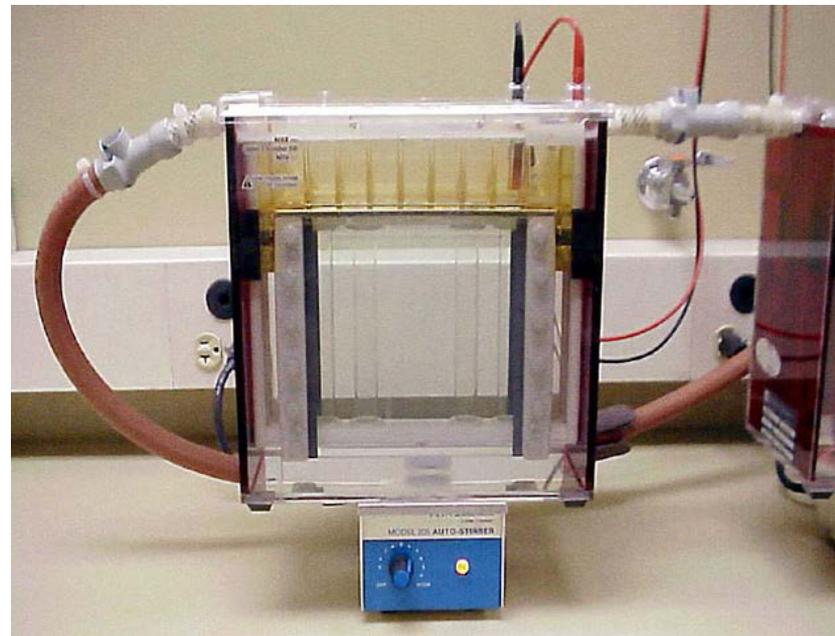
# FIBRAS SLOW- Y FAST-TWITCH



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ? ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



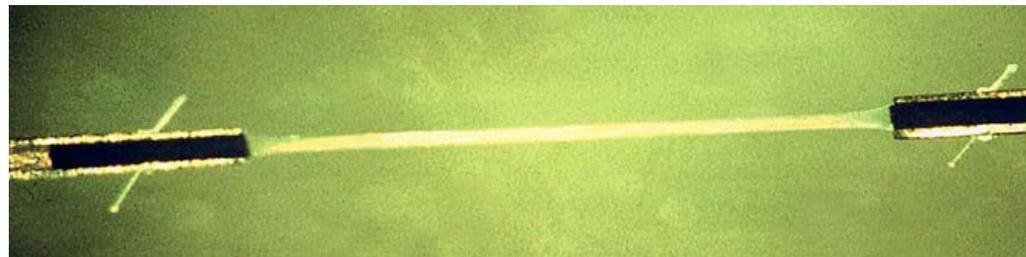
# ELECTROFORESIS GEL



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



# FISIOLOGÍA DE UNA FIBRA MUSCULAR AISLADA



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ? ), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.









## Puntos Claves

### Fibras Musculares Slow- y Fast-Twitch

- Los músculos esqueléticos contienen fibras St y FT.
- ATPase en las fibras FT actúan más rápido, suministrando energía para la acción muscular más rápido que la ATPase en las fibras ST.
- Las fibras FT poseen un retículo sarcoplasmático altamente desarrollado, lo cual mejora el transporte del calcio.

*(continua)*



## Puntos Claves

# Fibras Musculares de Contracción Lenta y de Contracción Rápida

- Las unidades motoras que suplen las fibras FT son más grande (Ej: más fibras por unidad motora) que aquellas que suplen las fibras ST; por lo tanto, las unidades motoras FT pueden reclutar más fibras.
- Las fibras ST poseen una alta tolerancia aeróbica y están diseñadas para actividades de tolerancia de baja intensidad.
- Las fibras FT son mejores para las actividades anaeróbicas o explosivas.



# Respuesta Todo-O-Nada

- Para que una unidad motora pueda ser reclutada en la actividad, el impulso nervioso debe de alcanzar o exceder el umbral.
- Cuando esto ocurra, todas las unidades motoras actúan máximamente.
- Si no se satisface el umbral, ninguna de las fibras de la unidad se activaran.
- Más fuerza se produce al activar más unidades motoras.



## Reclutamiento Ordenado de las Fibras Musculares

- El principio del reclutamiento ordenado postula que que las unidades motoras son activadas en un orden fijo, basado en su clasificación/rango en el músculo.
- El principio del tamaño postula que el orden del reclutamiento esta directamente relacionado con el tamaño de su neurona motora.
- La fibras ST, las cuales poseen unidades motoras más pequeñas, se reclutan antes que las fibras FT.



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

***Acción Muscular Esquelética: Fibras Musculares***

**Reclutamiento Selectivo: *Fibras ST, FTa, y FTb***

**Ejercicios de  
Baja Intensidad  
(e.g., Correr)**

**Ejercicios a  
Mayores  
Intensidades  
(e.g., Trotar)**

**Competencias que  
Requieren Fuerza  
Máxima (e.g.,  
Carreras de  
Velocidad)**

**↑ Activación  
↑ Fibras ST**

**Fibras Activadas**

**Fibras Activadas**

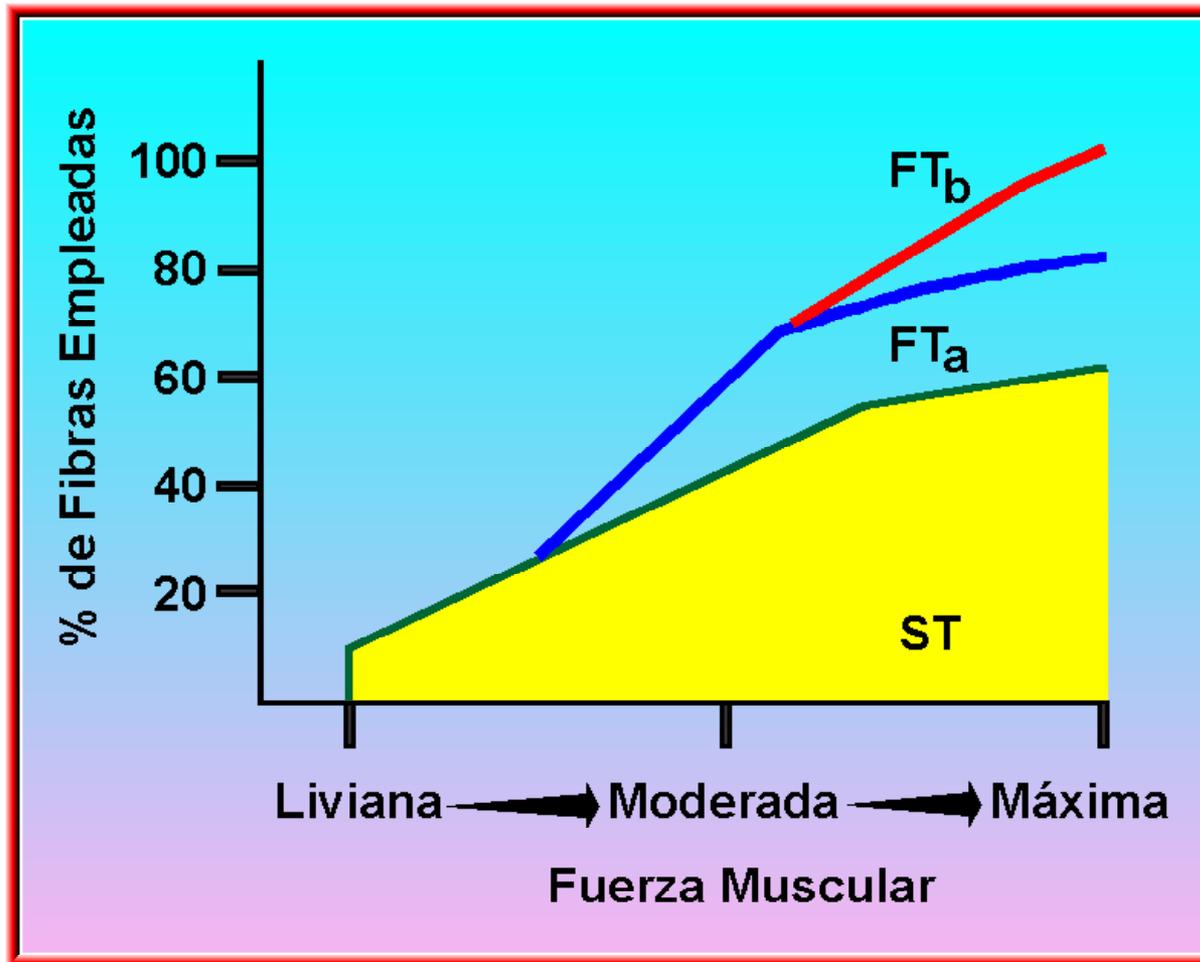
**ST**

**FTa**

**ST**

**FTa**

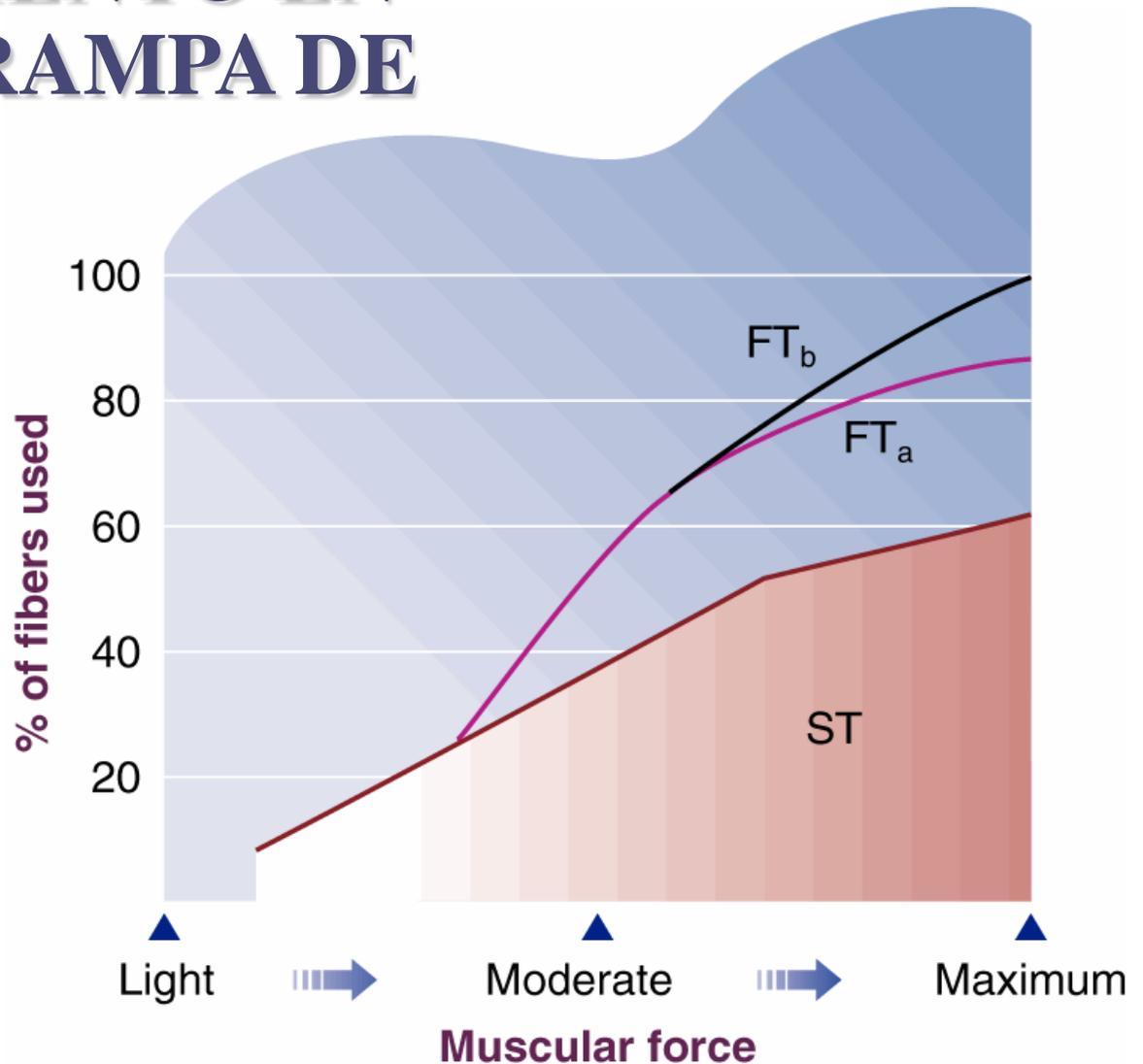
**FTb**



## Reclutamiento en Forma de Rampa de las Fibras Musculares de Contracción Lenta (ST) y de Contracción Rápida (FT)

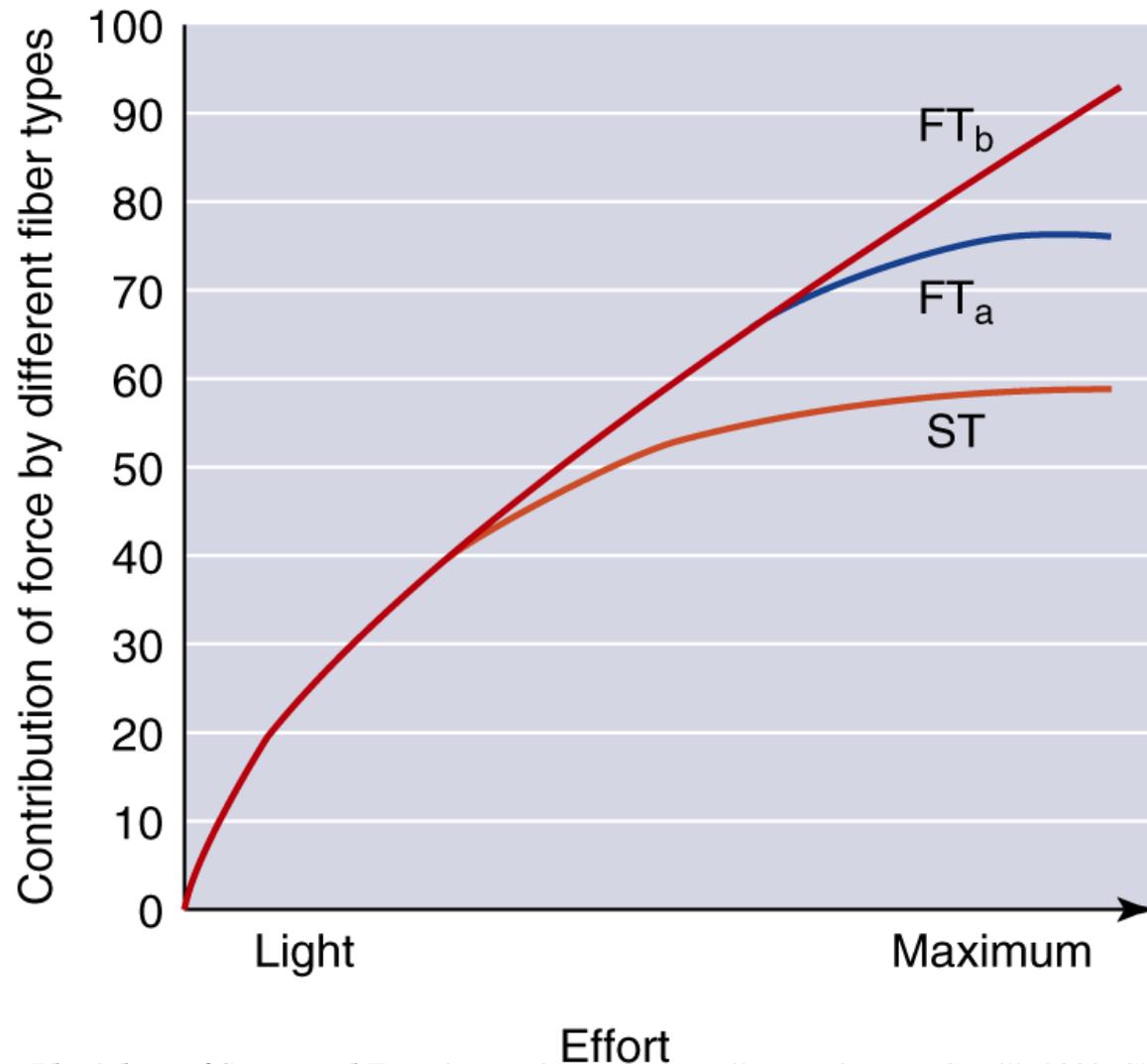


# RECLUTAMIENTO EN FORMA DE RAMPA DE LAS FIBRAS





## RECLUTAMIENTO EN FORMA DE RAMPA LAS FIBRAS



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# LOS MUSCULOS ESQUELETICOS

*Función de los Músculos:*  
**Producción del Movimiento**

**Aplicación de una Fuerza Muscular**  
(Halón de la Palanca Ósea)

**Acción Coordinada de los Músculos Esqueléticos**

**Agonistas**

Generación  
Principal de  
la Fuerza  
para el  
Movimiento  
Articular

**Antagonistas**

❑ **Función Protectora:**  
➤ *Previenen  
estiramiento  
excesivo*

**Sinergistas**

Facilitan  
la Acción  
de los  
Músculos  
Motores  
Primarios

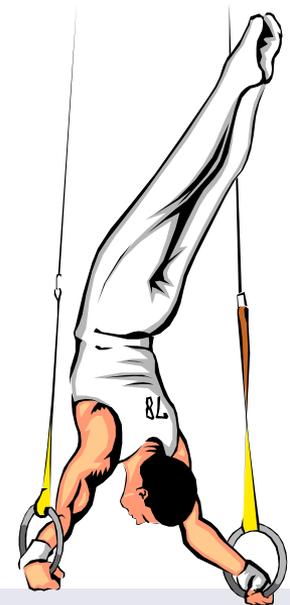


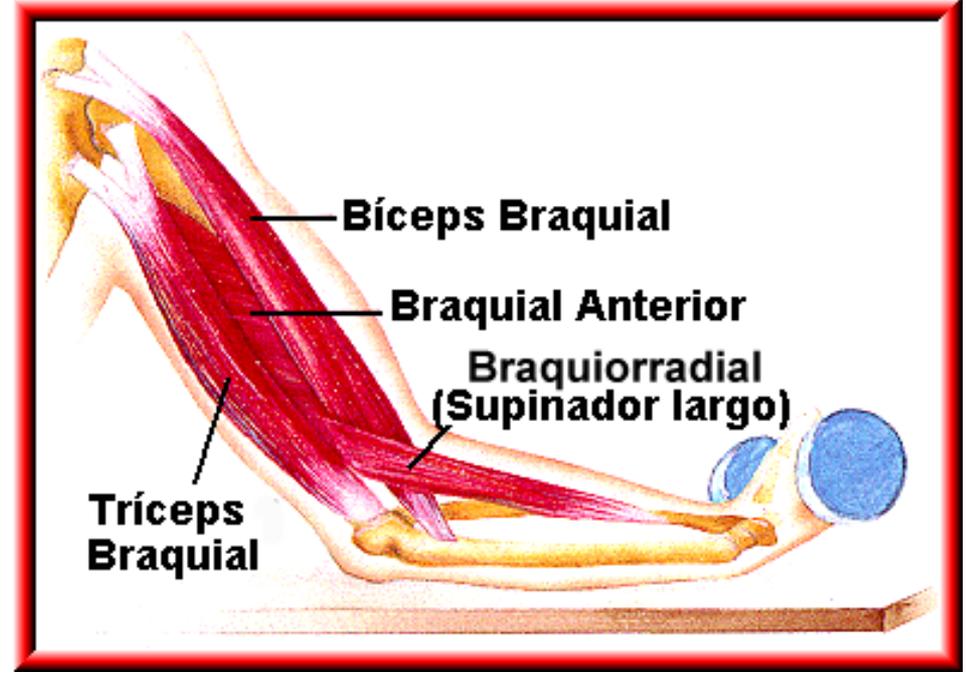
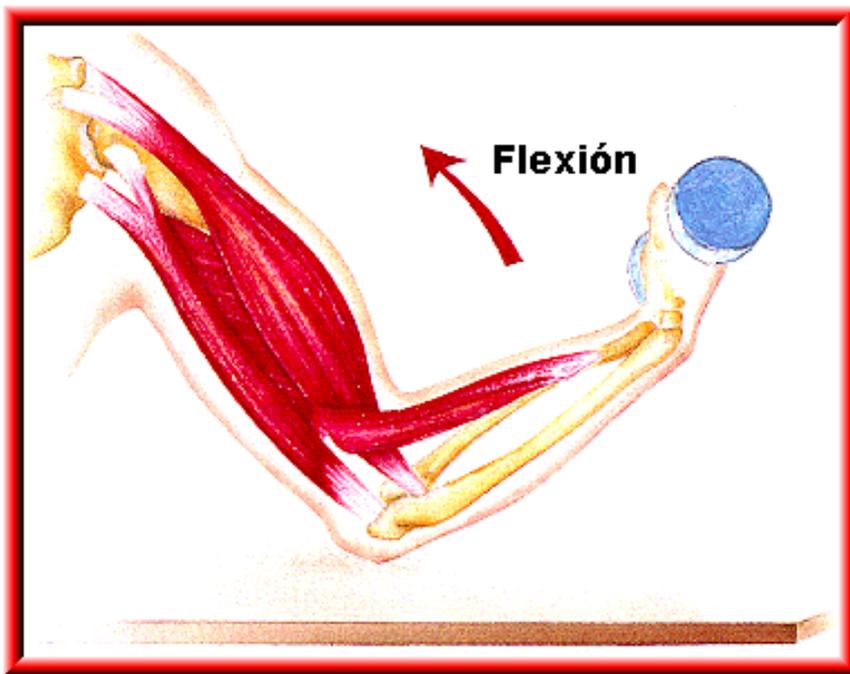
# Clasificación Funcional de los Músculos

*Agonistas*—motores primarios; responsables del movimiento

*Antagonistas*—opuesto a los agonistas para prevenir que se sobreestiren

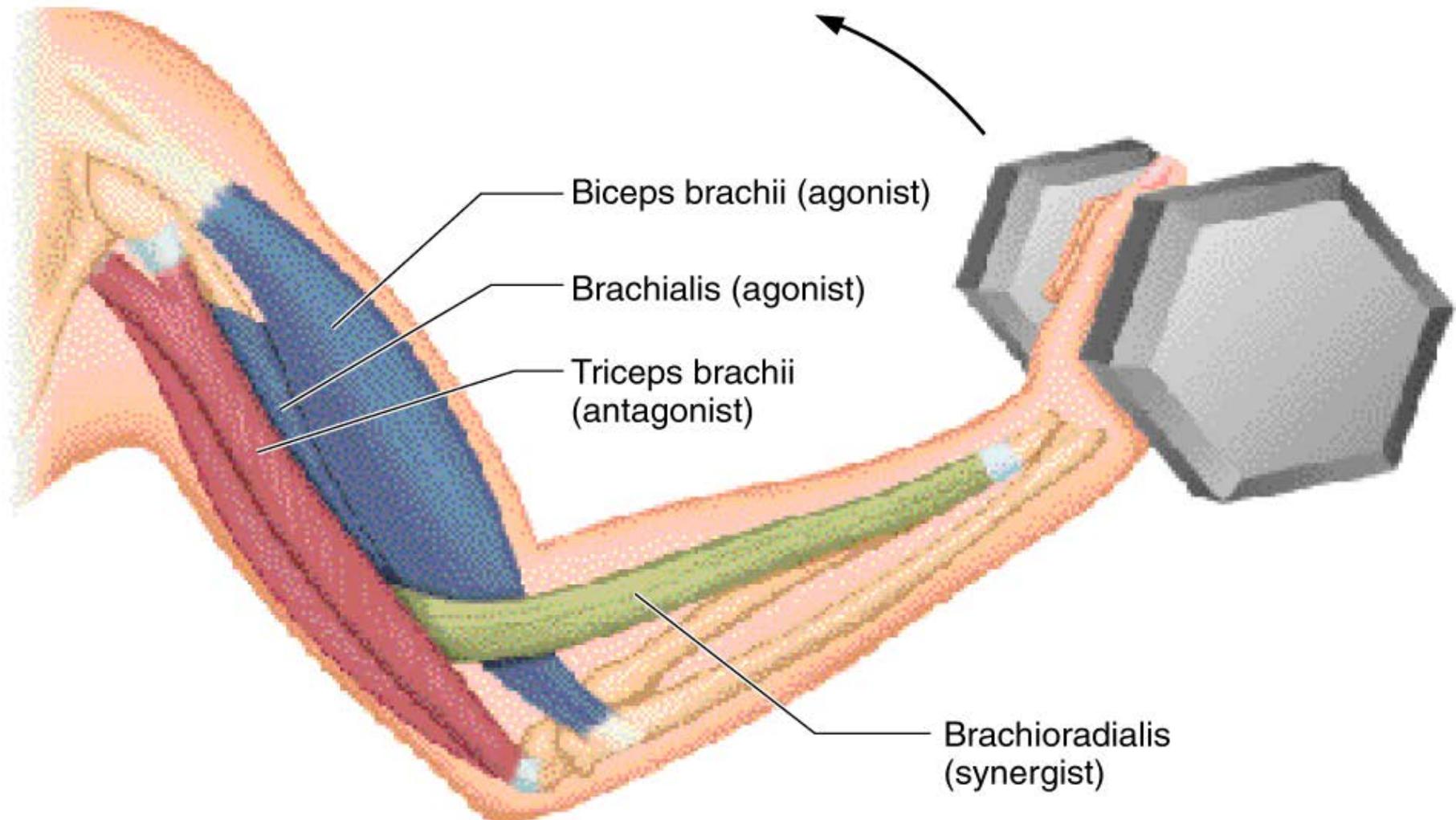
*Sinergistas*—asisten a los agonistas y algunas veces afinar bien la dirección del movimiento





**Las Acciones de los Músculos Agonistas (Bíceps Braquial, Braquial Anterior), Antagonistas (Tríceps Braquial) y Sinérgicos (Braquiorradial o Supinador Largo) durante la flexión del codo**

# ACCIÓN MUSCULAR DURANTE LA FLEXIÓN DEL CODDO



**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

***Acción Muscular: Generación de Tensión***

**Tipos/Clasificación**

**Concéntrica**

**Excéntrica**

**Isométrica  
(Estática)**

**Acortamiento  
Muscular**

**Alargamiento  
Muscular**

**No Cambia  
(Invariable)**

**(Acción Principal de  
los Músculos)**

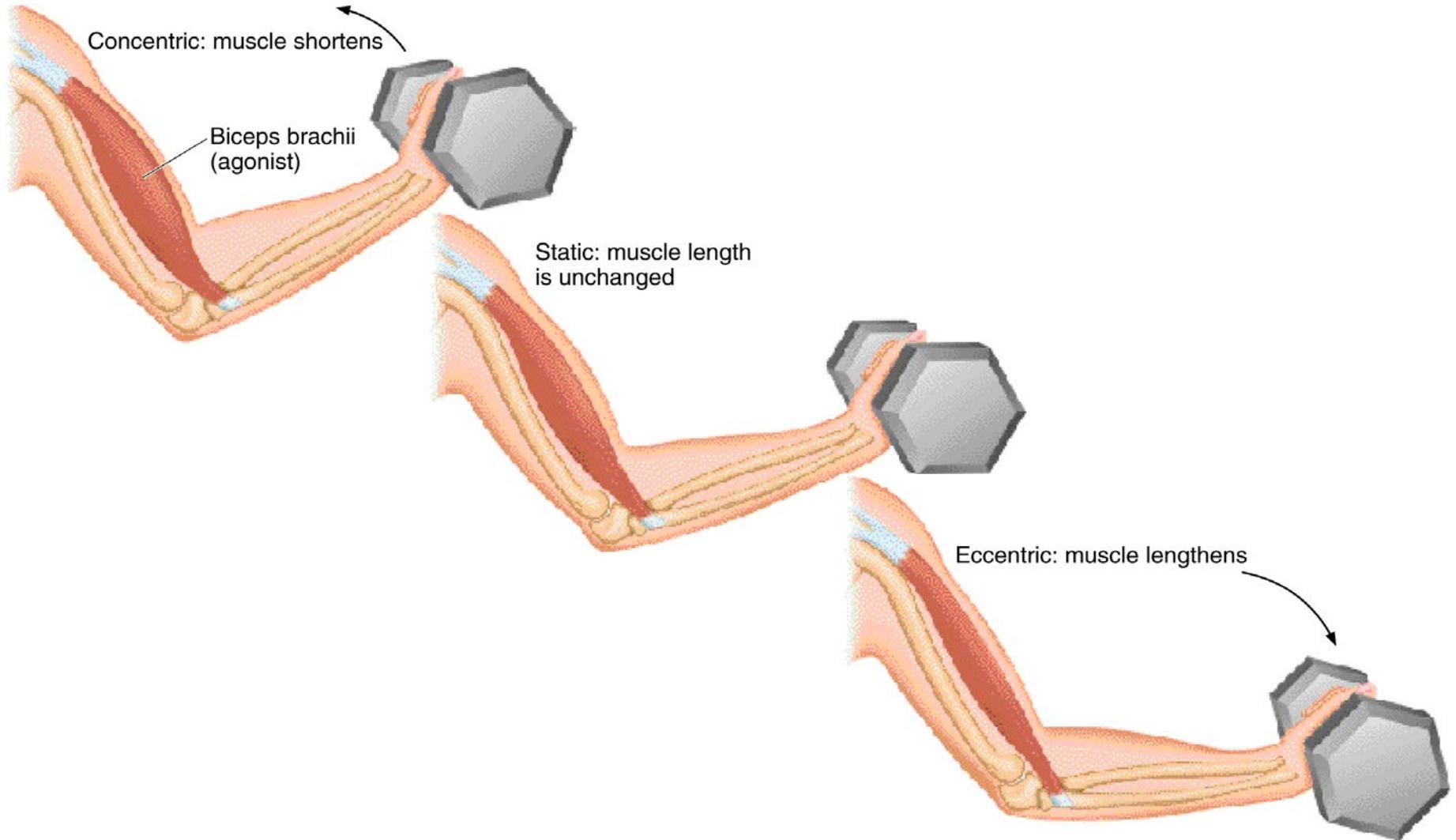
***Longitud  
Muscular***

***Ángulo  
Articular***

**Produce Movimiento Articular  
(Acción Dinámica)**



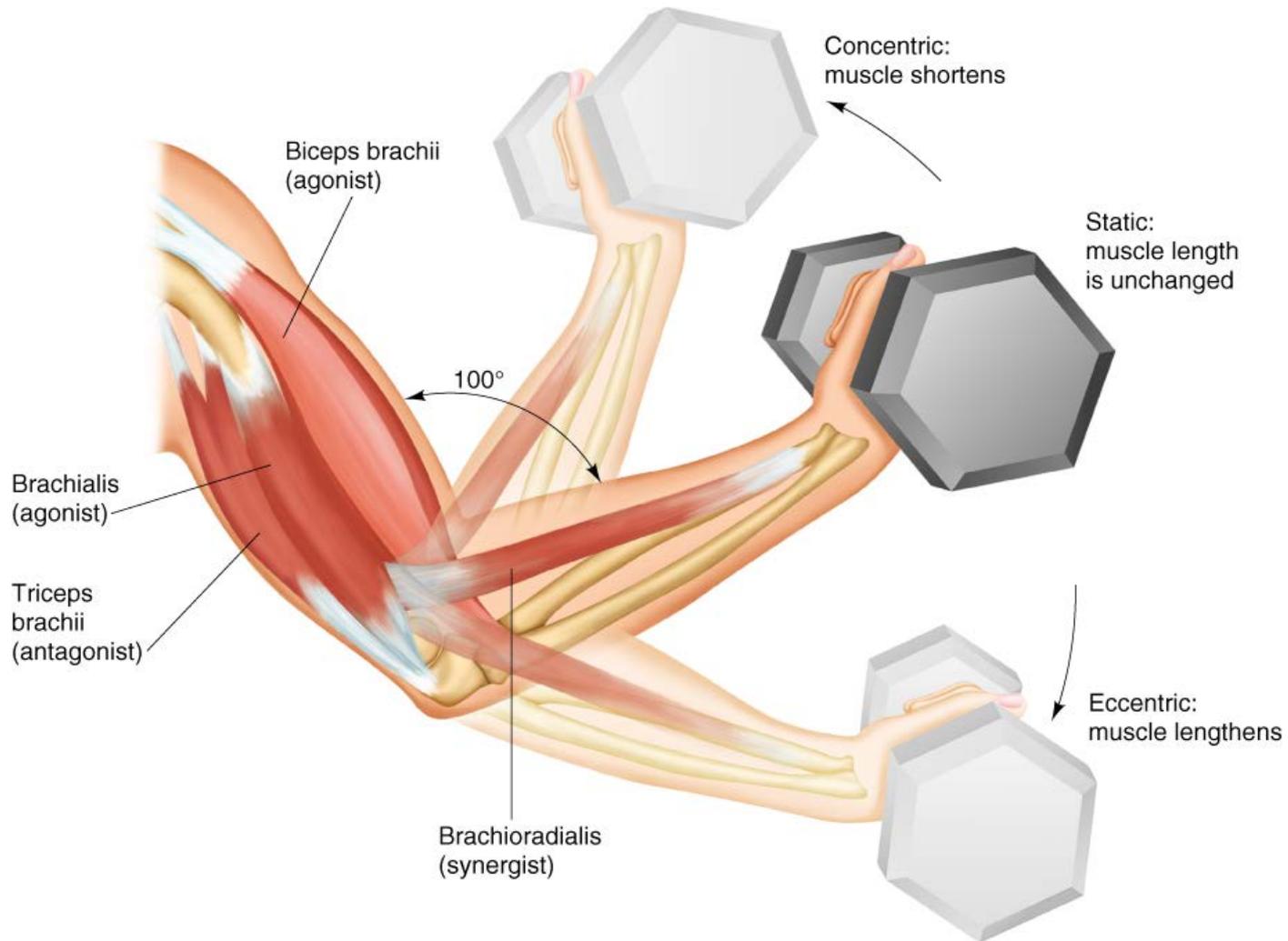
# TIPOS DE ACCIÓN MUSCULAR



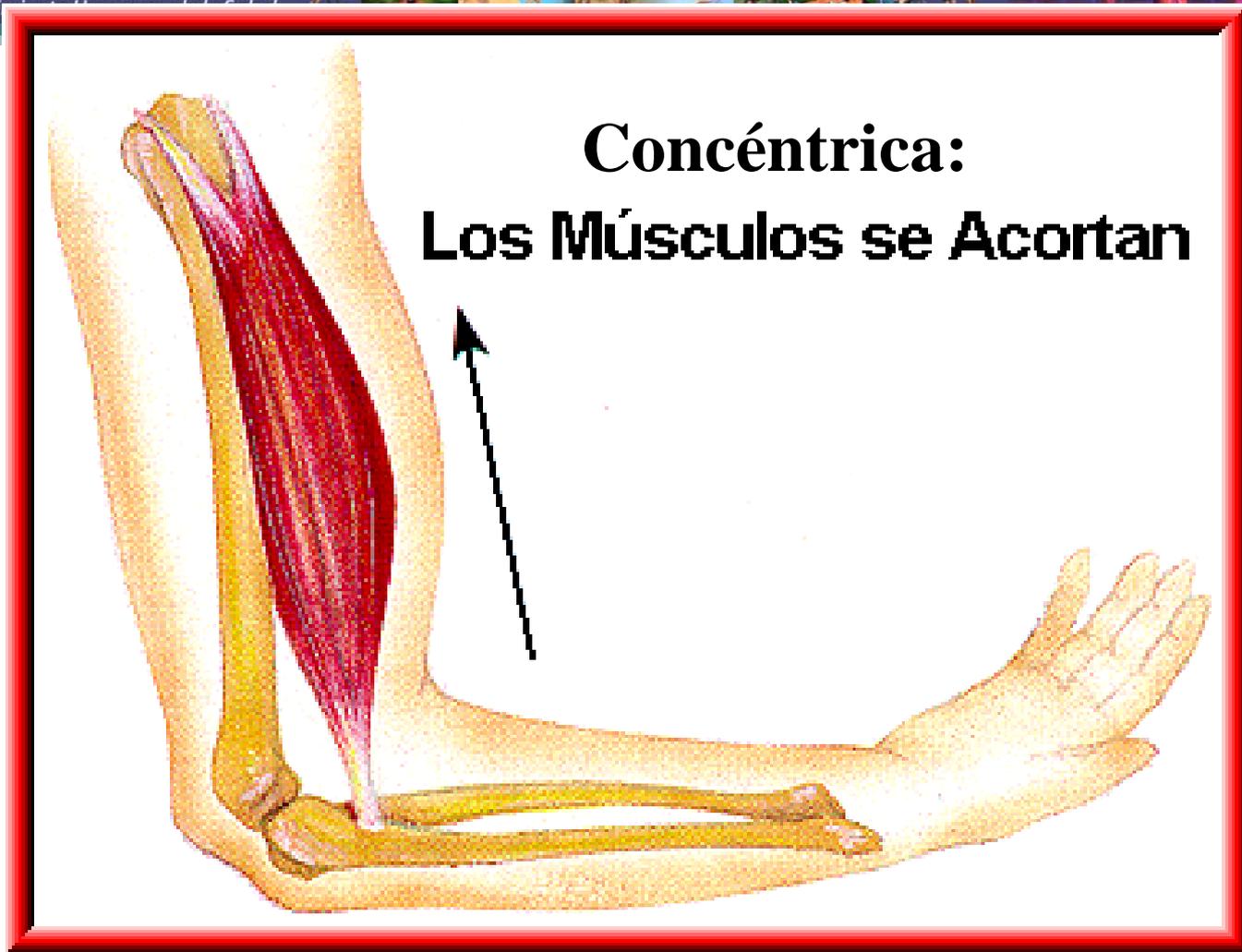
**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



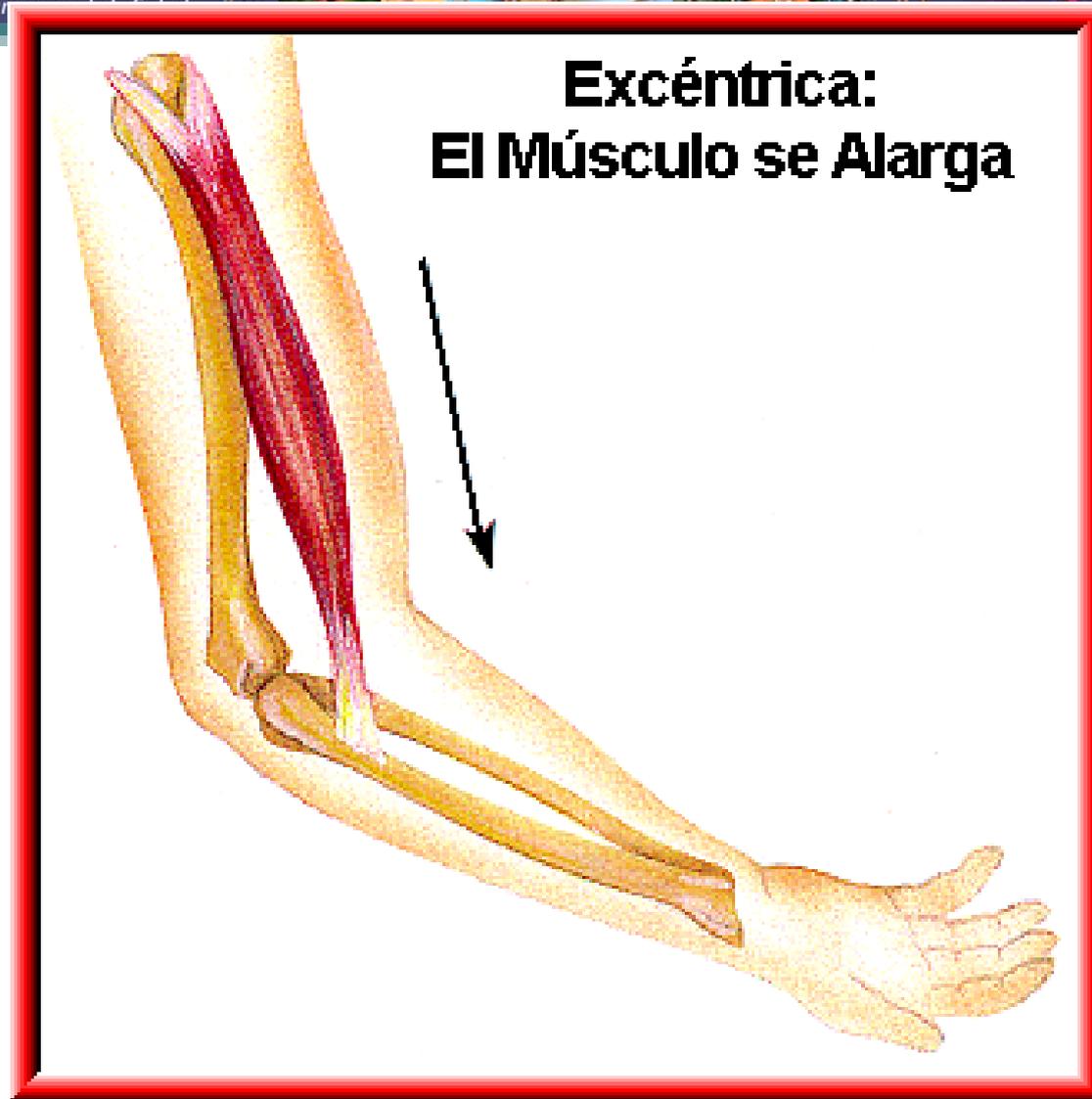
# TIPOS DE ACCIÓN MUSCULAR



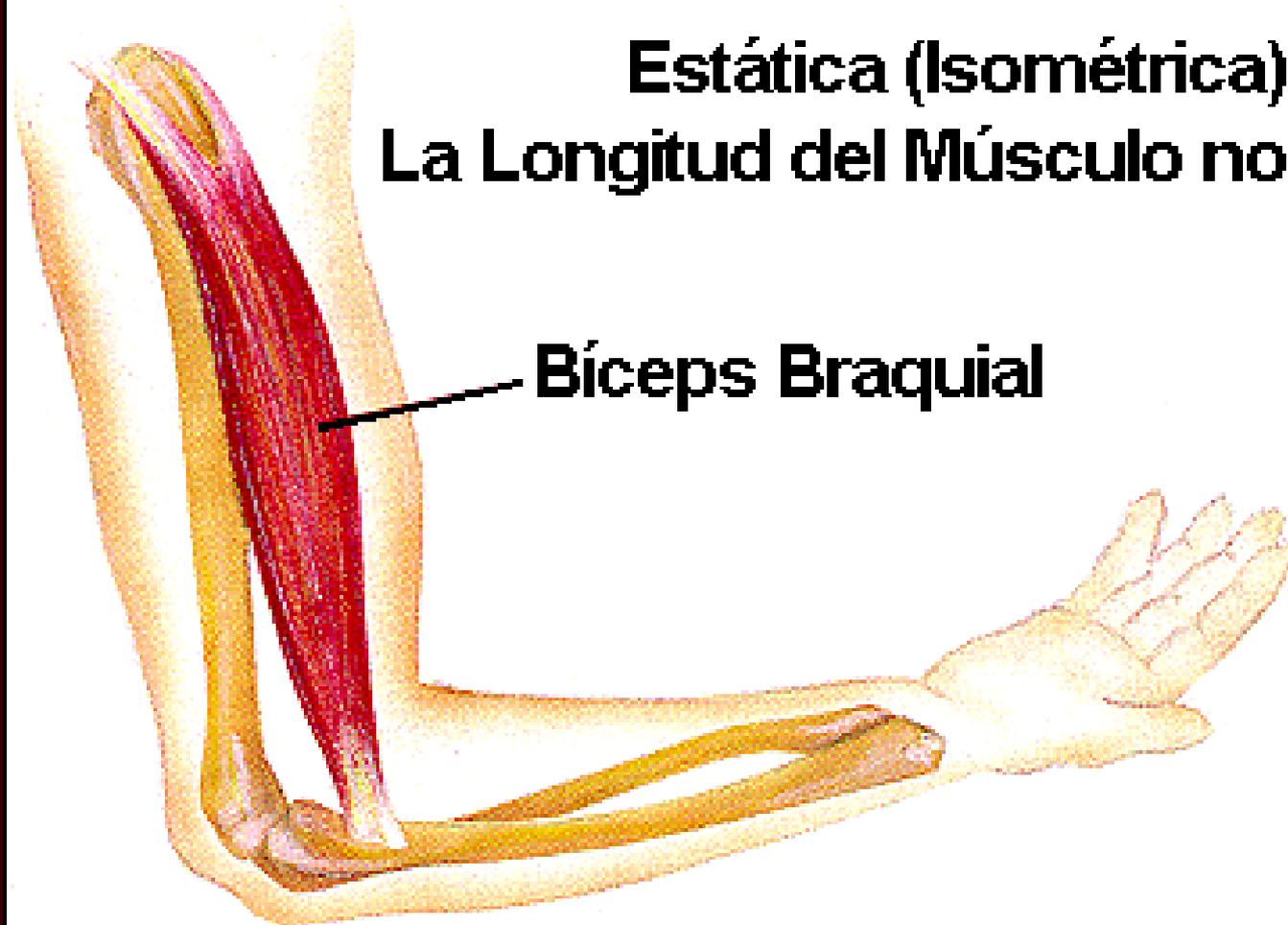
**NOTA.** Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 200?, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 200? por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



**Filamentos de Actina (Delgados) se Arrastran Haciendo que se Aproximen, Incrementando su Sobreposición con los Filamentos de Miosina (gruesos)**



## **Estática (Isométrica): La Longitud del Músculo no Cambia**



**Bíceps Braquial**

**Durante las Acciones de los Músculos Estáticos, los Puentes Cruzados de Miosina se Forman y se Reciclan, pero la Fuerza es demasiado Grande para que los Filamentos de Actina se Muevan**



# GENERACION DE FUERZA: Determinantes

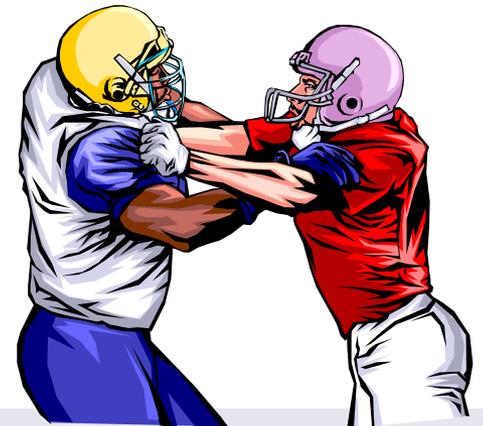
- Número de unidades motoras activadas.
- Tipo de unidades motoras activadas (FT o ST).
- Tamaño del músculo.
- Longitud inicial del músculo cuando se activa (# de puentes cruzados en contacto con los filamentos de actina).
- Ángulo de la articulación (torque).
- Velocidad de acción del músculo (acortamiento o alargamiento).





# Factores que Influencian la Generación de la Fuerza

- Número de unidades motoras activadas
- Tipo de unidades motoras activadas (FT o ST)
- Tamaño del músculo
- Longitud inicial del músculo
- Ángulo de la articulación
- Velocidad de la acción muscular (acortamiento o alargamiento)







# RESUMEN

## USO DE LOS *MÚSCULOS*

- Todas las articulaciones poseen un **ángulo óptimo** en la cuales los músculos que cruzan la articulación producen una fuerza máxima.
- El **ángulo de fuerza máxima** depende de la posición relativa de la inserción muscular en el hueso y la carga colocada sobre el músculo.
- La **velocidad de la acción** afecta la cantidad de fuerza producida.

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### Velocidad de Acción del Músculo

#### Acción Muscular

**Concéntrica  
(Acortamiento)**

**Isométrico  
(Estático)**

**Excéntrico  
(Alargamiento)**

*Velocidad de  
Accción*

*Velocidad de  
Accción*

*Velocidad de  
Accción*

*Alta:  
0.8 m/s*

*Baja:  
0.2 m/s*

*0.0 m/s*

*Alta:  
0.8 m/s*

*Baja:  
0.2 m/s*

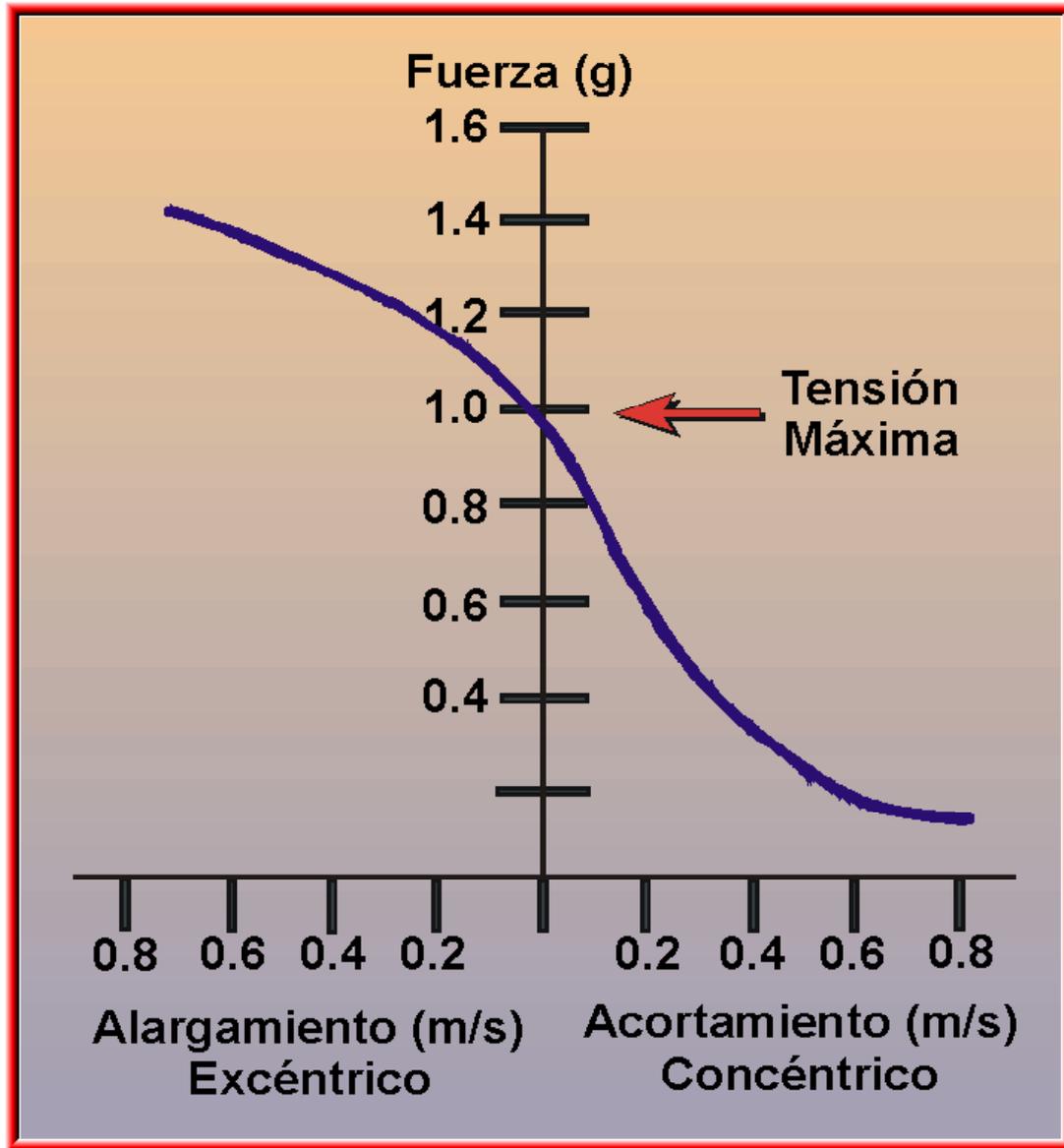
↓ **Fuerza**

↑ **Fuerza**

↑ **Fuerza**

↑ **Fuerza**

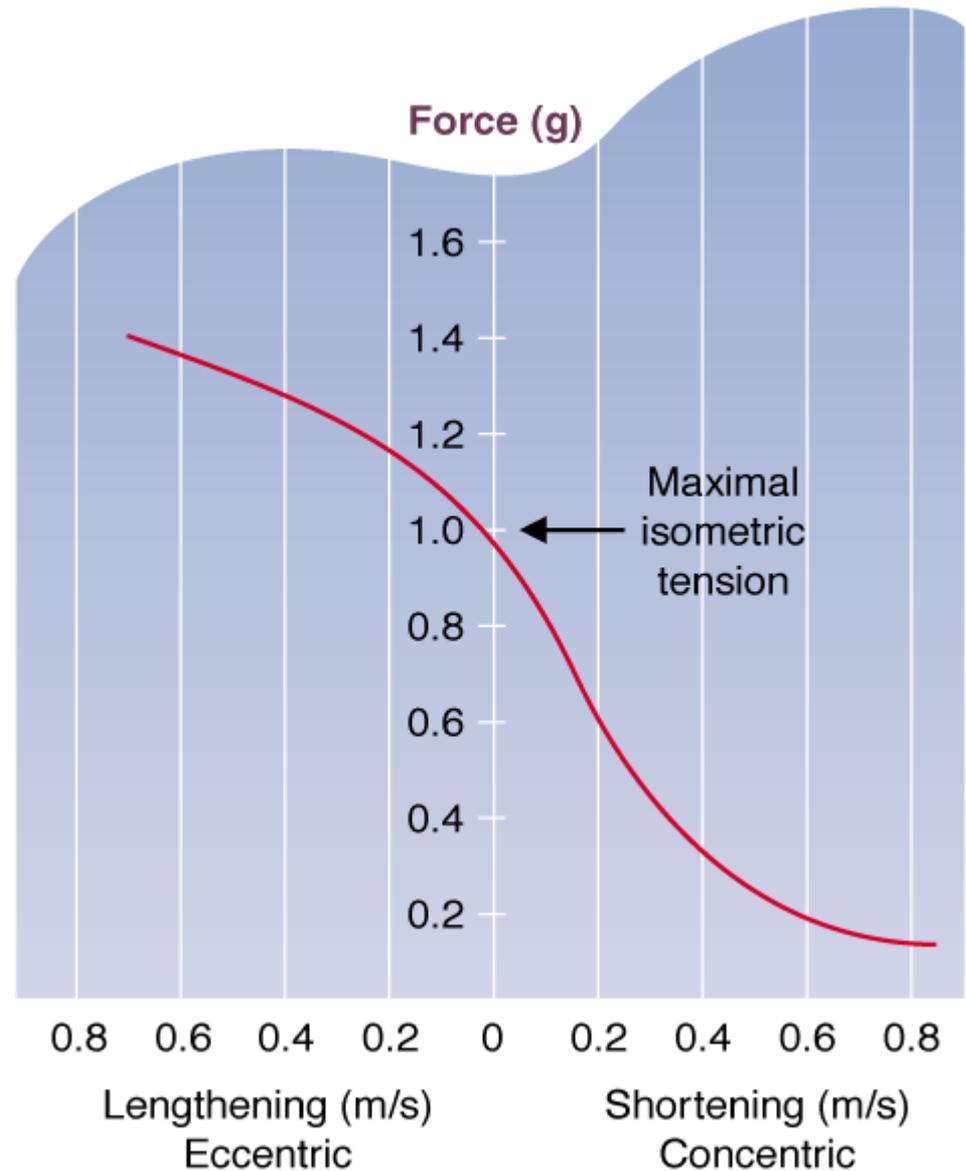
↓ **Fuerza**



**Relación entre la Longitud del Músculo y la Producción de Fuerza**  
(Adaptado de: Åstrand & Rodahl, 1986, p. 44)

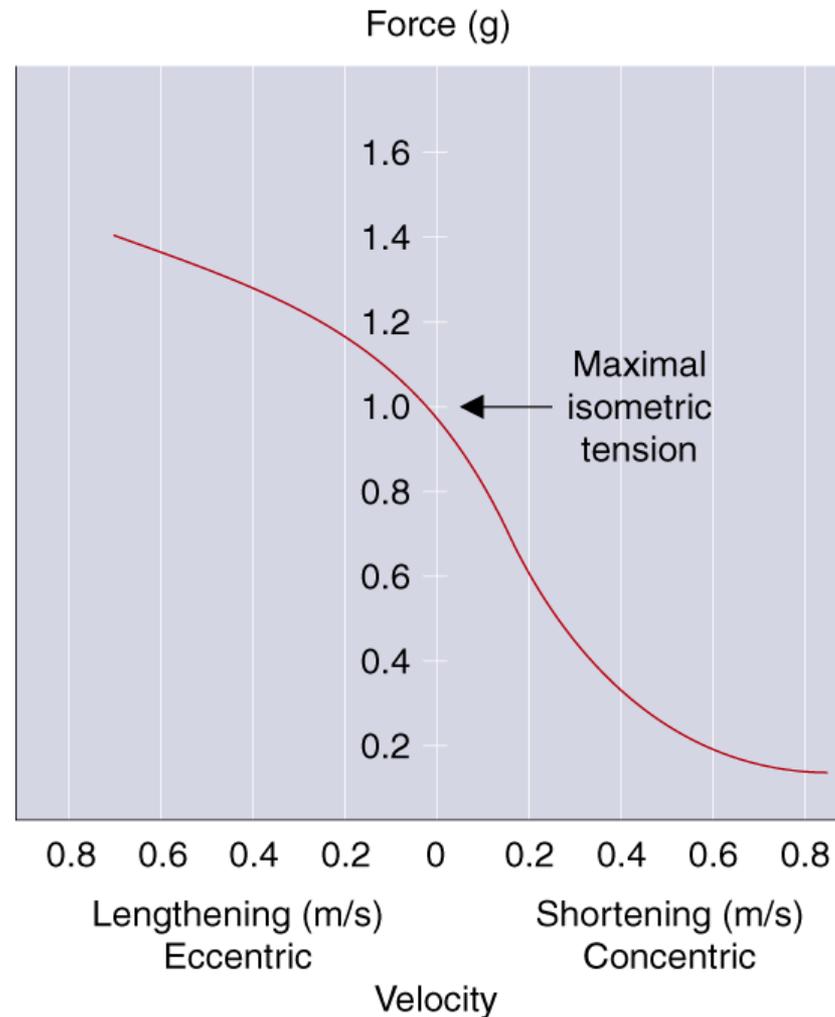


# LONGITUD MUSCULAR VS PRODUCCIÓN DE FUERZA





# LONGITUD MUSCULAR vs PRODUCCIÓN DE FUERZA



A cheerleader in a white and red outfit is captured in a dynamic pose, leaning back with her arms extended. The word "GRACIAS" is overlaid in large, bold, yellow and white text across the center of the image. The background is a blurred crowd of spectators.

GRACIAS



¿PREGUNTAS?