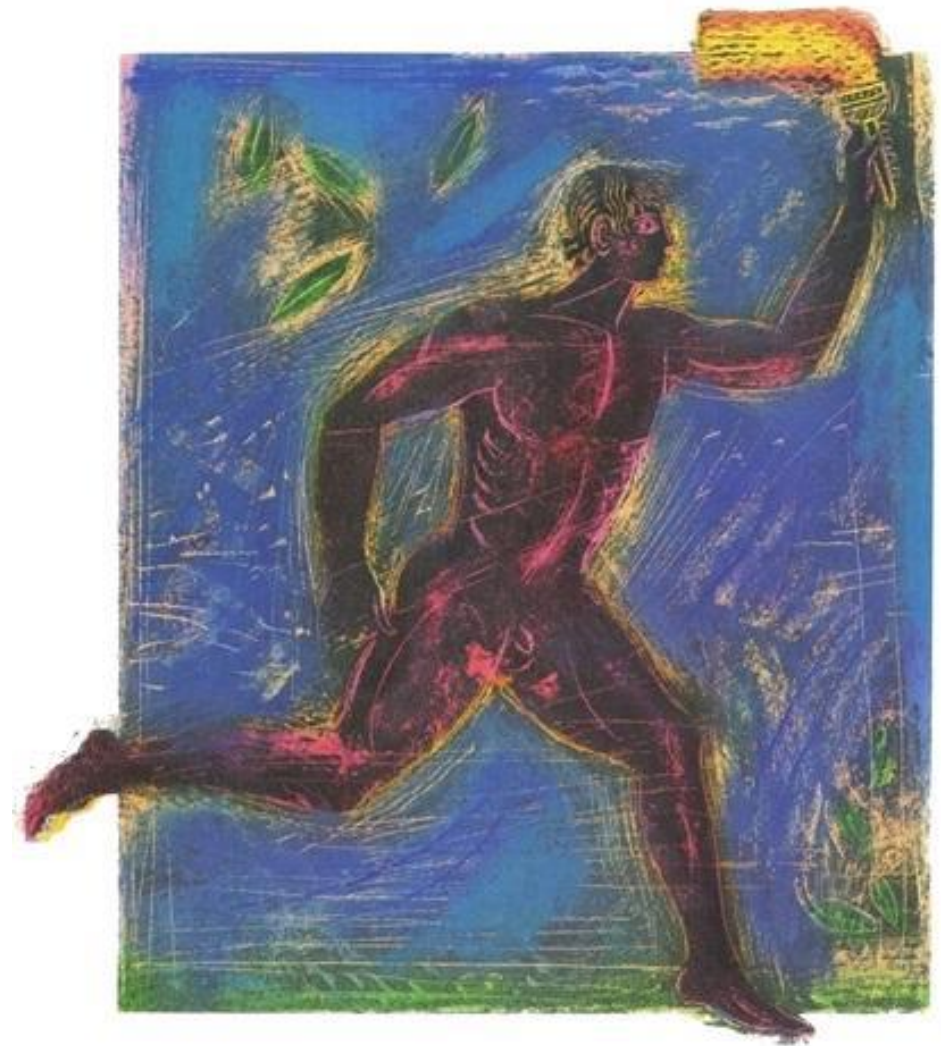


Contracción Muscular y Fibras Musculares

*José Carlos Giraldo T. MD
Esp. Medicina Deportiva
Mg en Fisiología*

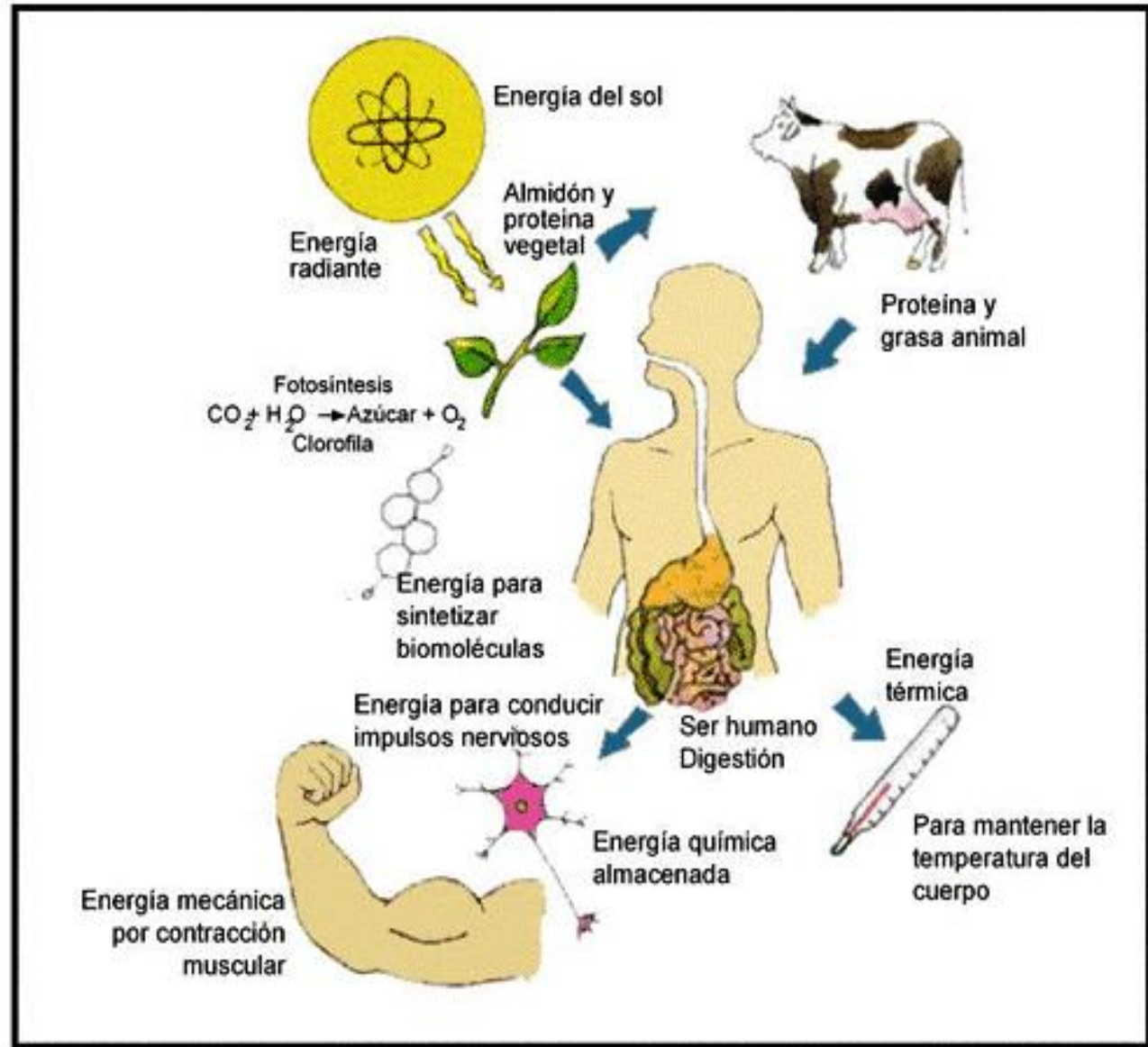
*Carlos Eduardo Nieto G. MD
Esp. Medicina Deportiva
Esp: Salud Ocupacional*



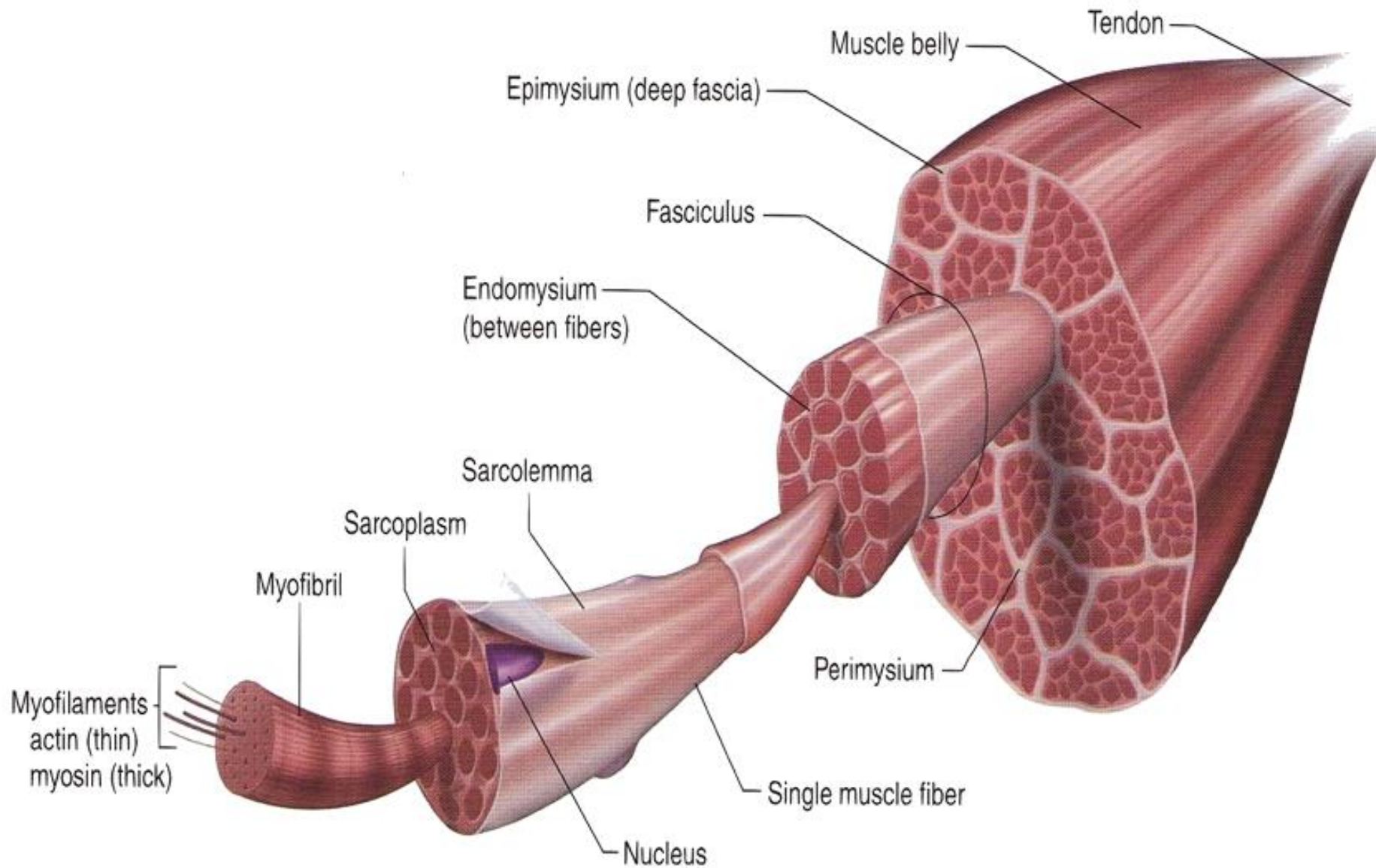
**Los músculos
esqueléticos
son los
responsables de
la postura y de
los movimientos
del esqueleto.**



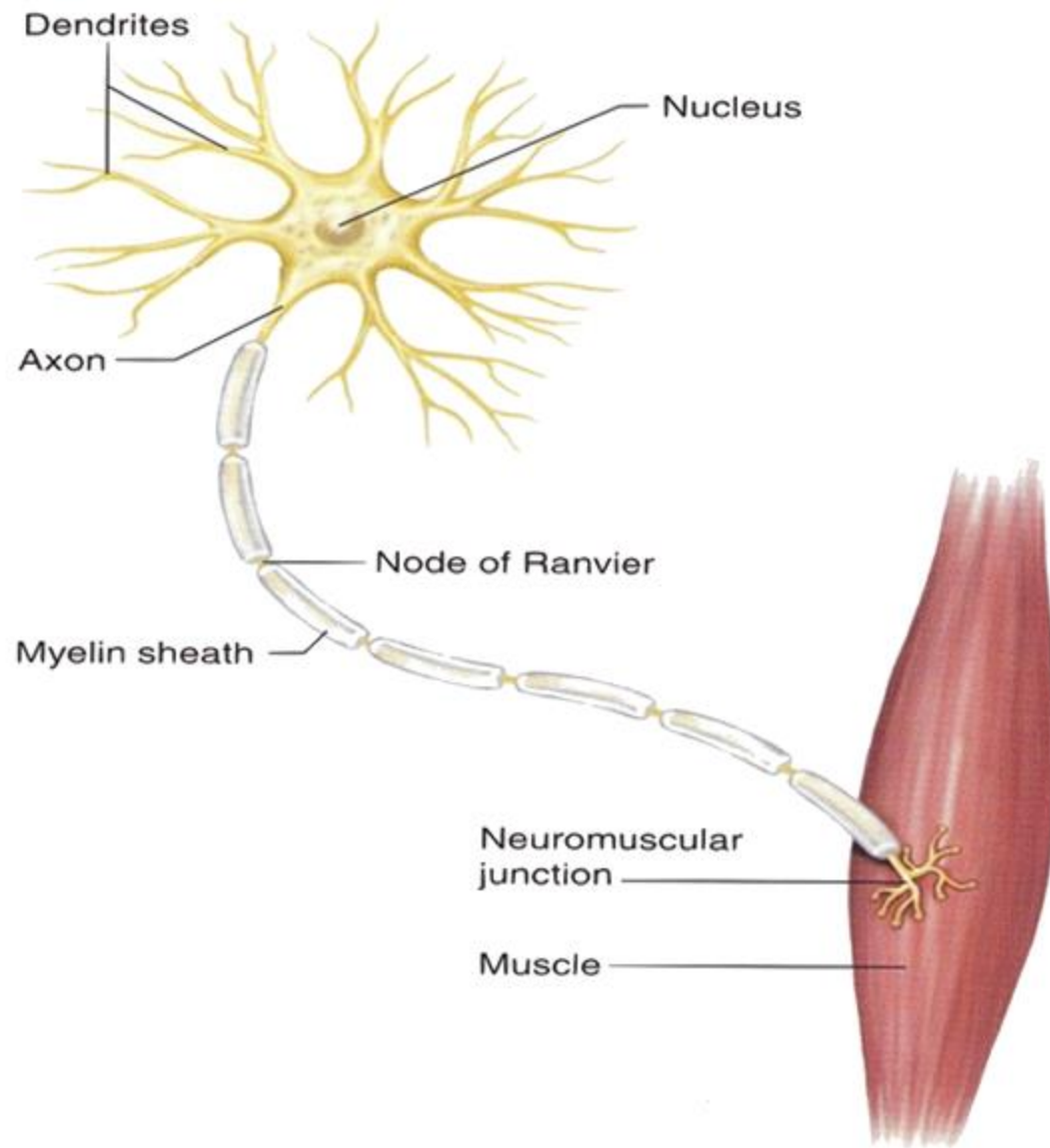
Consiguen realizar su función gracias a la posibilidad de transformar energía química en energía mecánica.



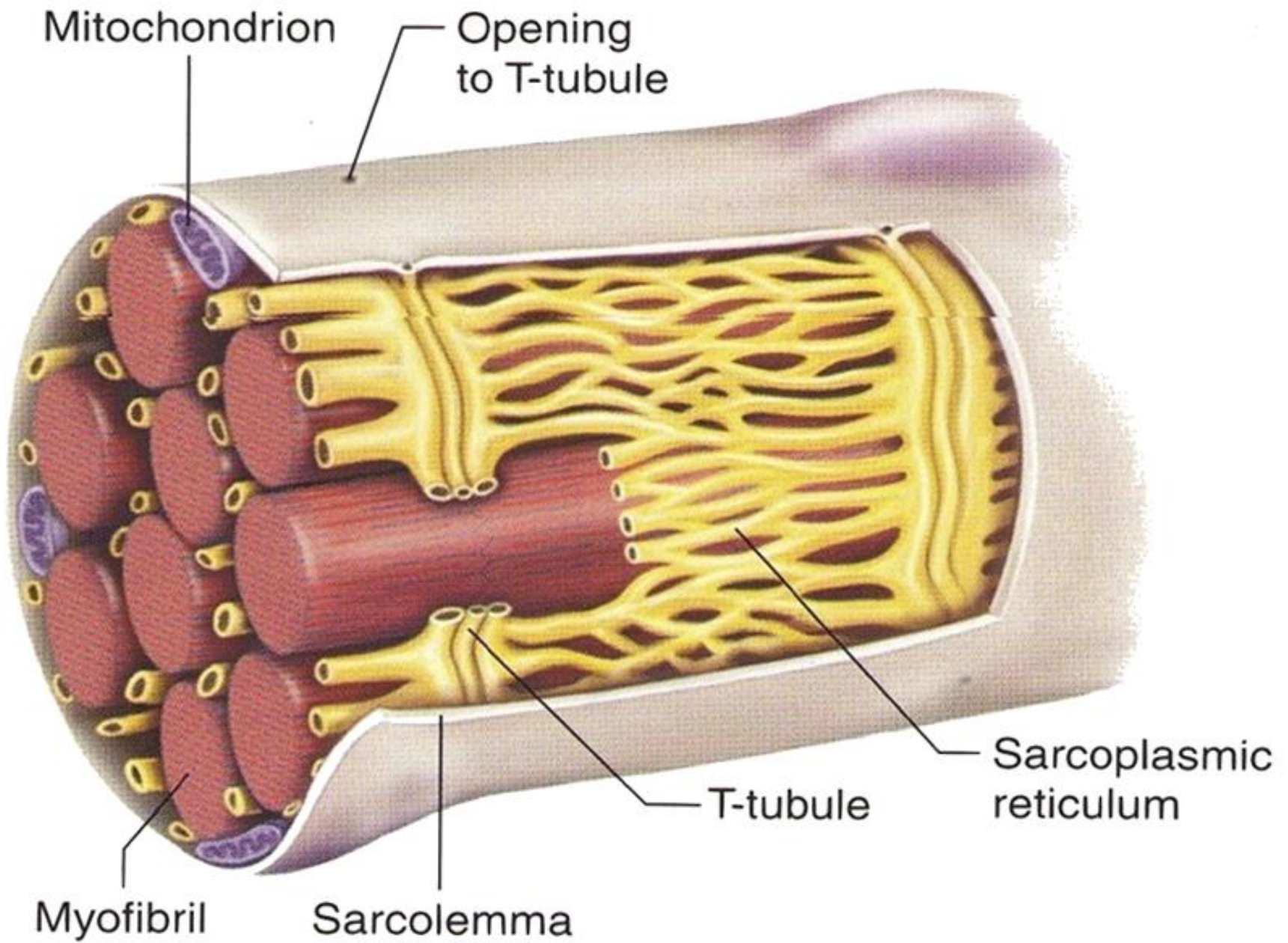
ESTRUCTURA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO

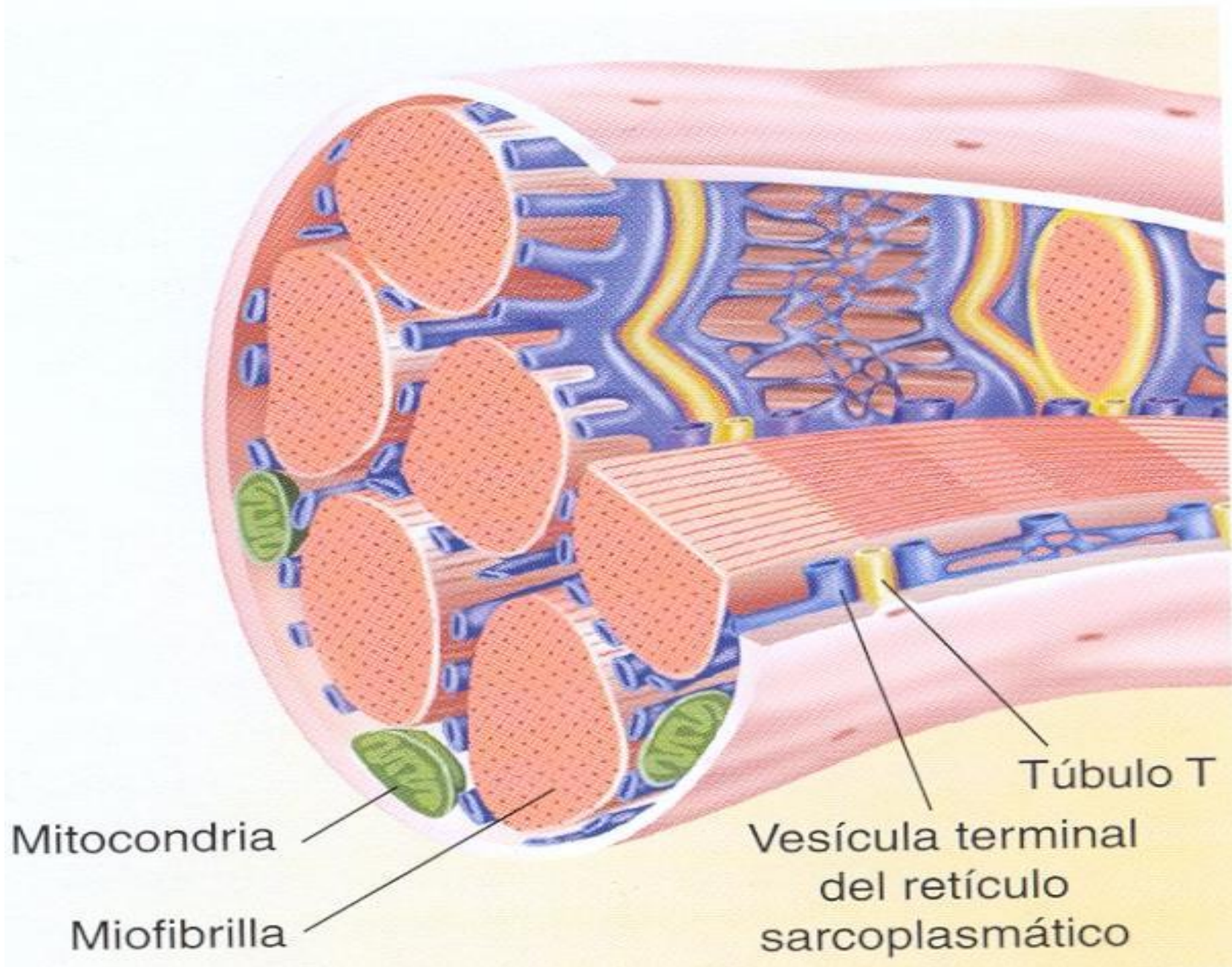


Schematic drawing of a muscle illustrating three types of connective tissue: epimysium (the outer layer), perimysium (surrounding each fasciculus, or group of fibers), and endomysium (surrounding individual fibers).



A motor unit, consisting of a motor neuron and the muscle fibers it innervates. There are typically several hundred muscle fibers in a single motor unit.





Las células que
constituyen el
tejido muscular

(células o fibras musculares)

disponen de una

maquinaria proteica

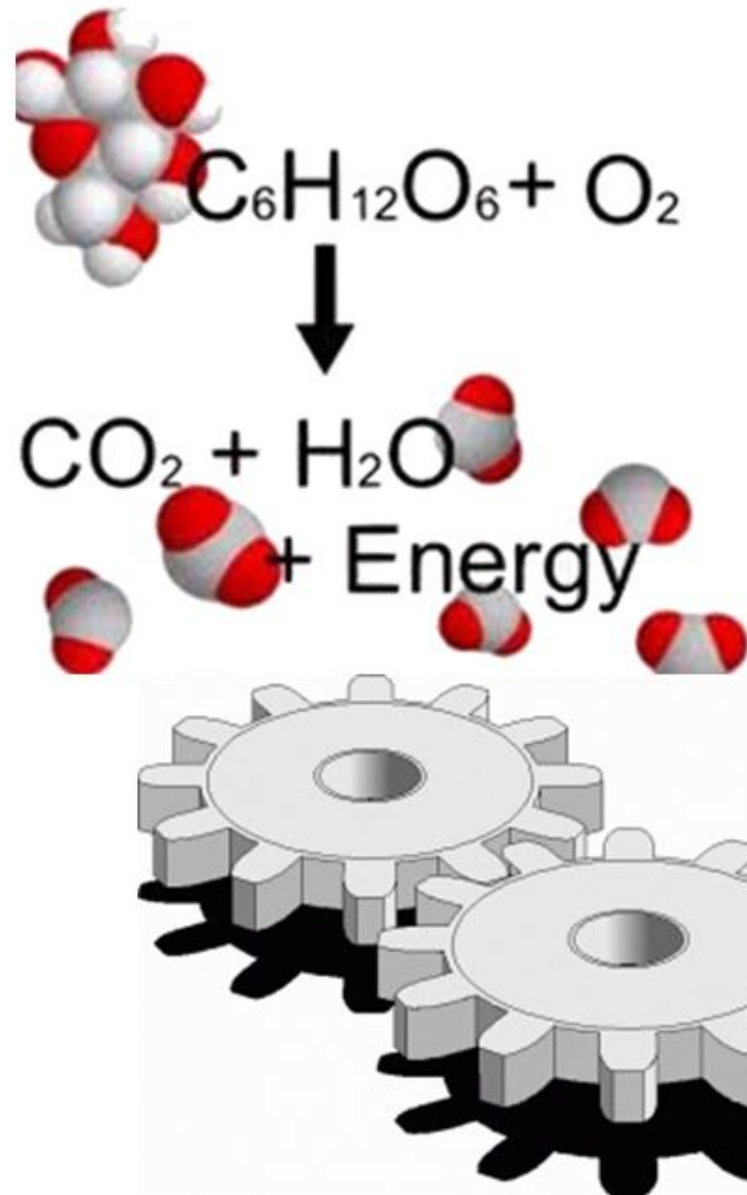
diferenciada que

permite el

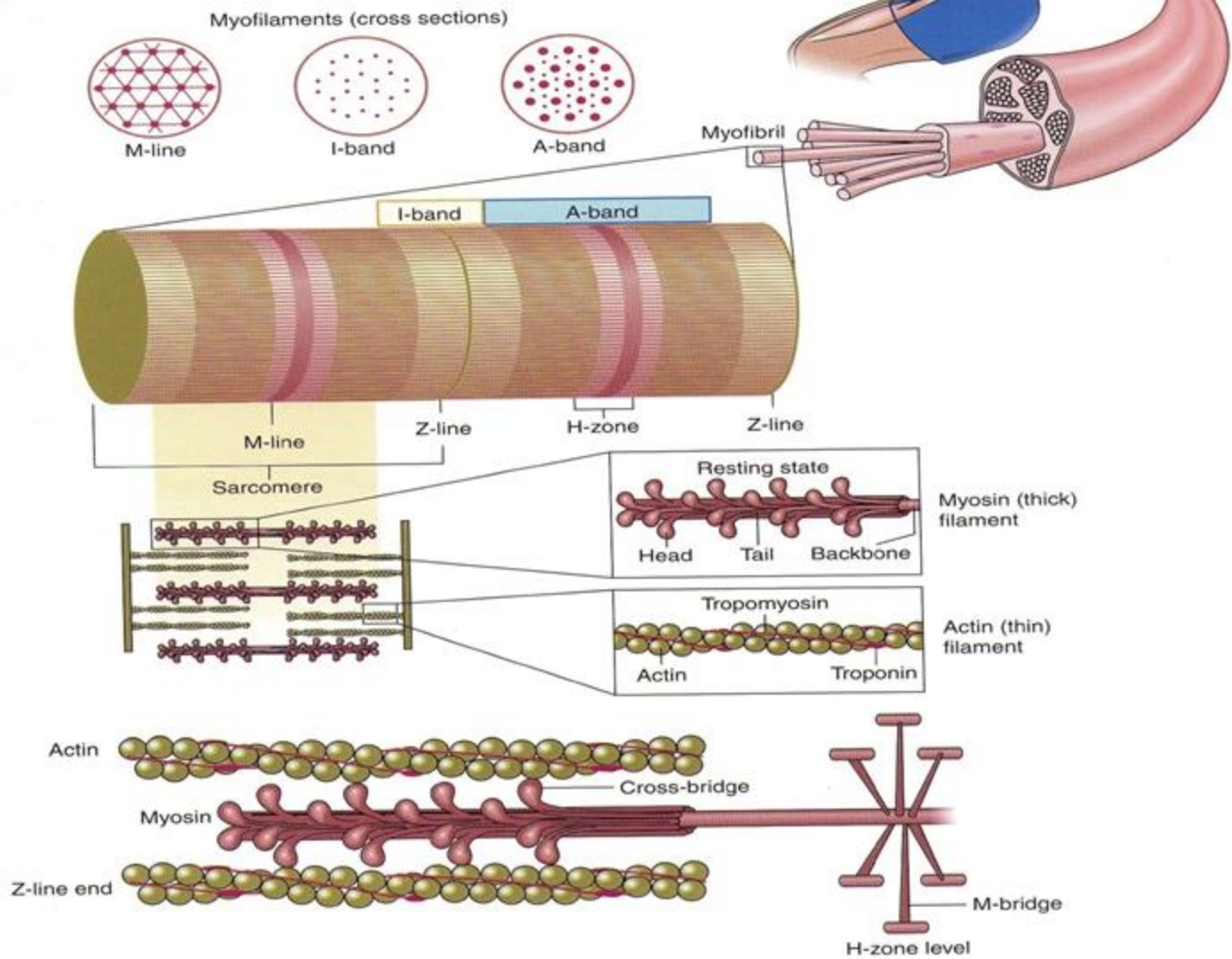
fenómeno de la

contracción

muscular.

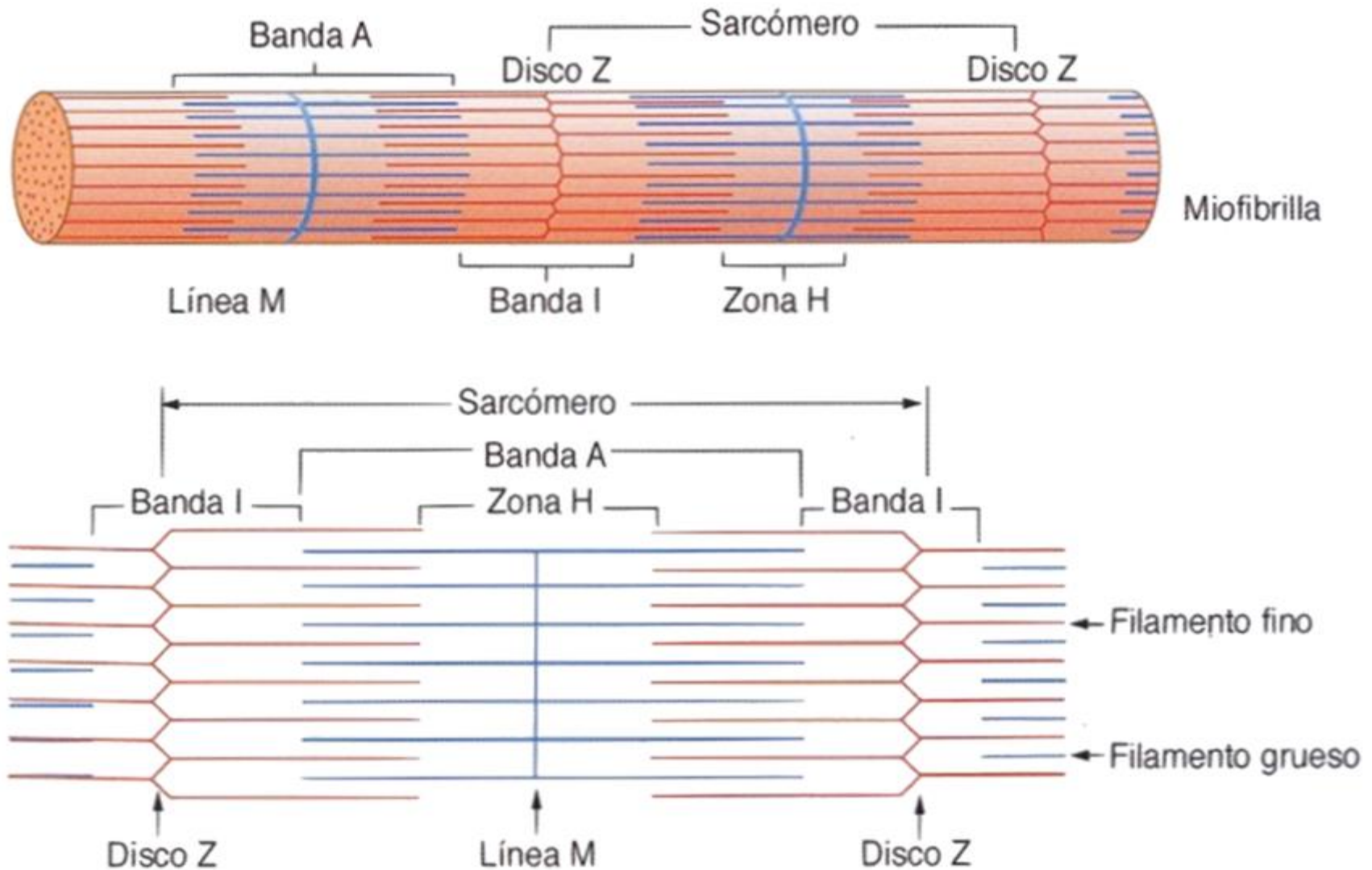


- Actin filament
- Myosin filament

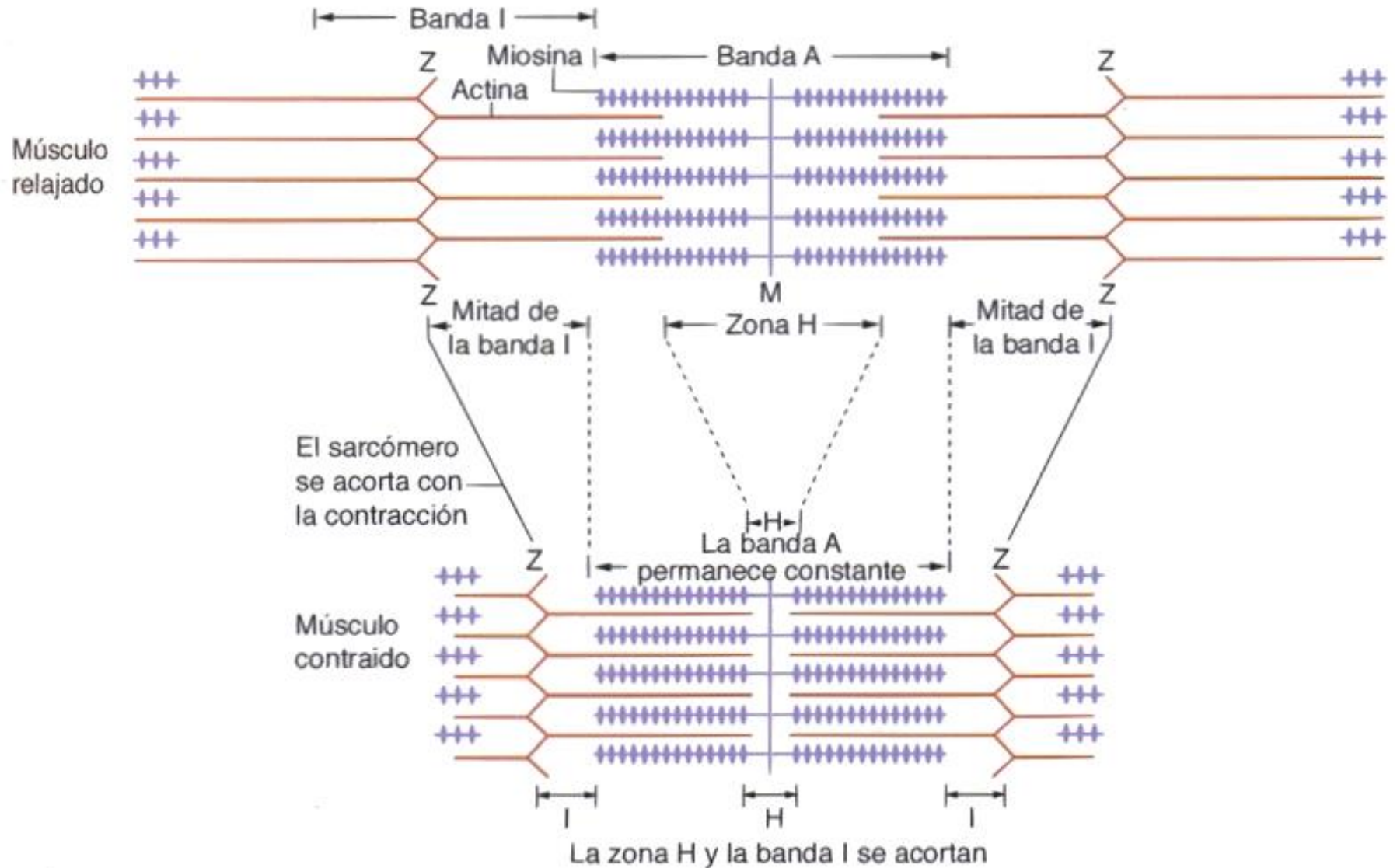


Detailed view of the myosin and actin protein filaments in muscle. The arrangement of myosin (thick) and actin (thin) filaments gives skeletal muscle its striated appearance.

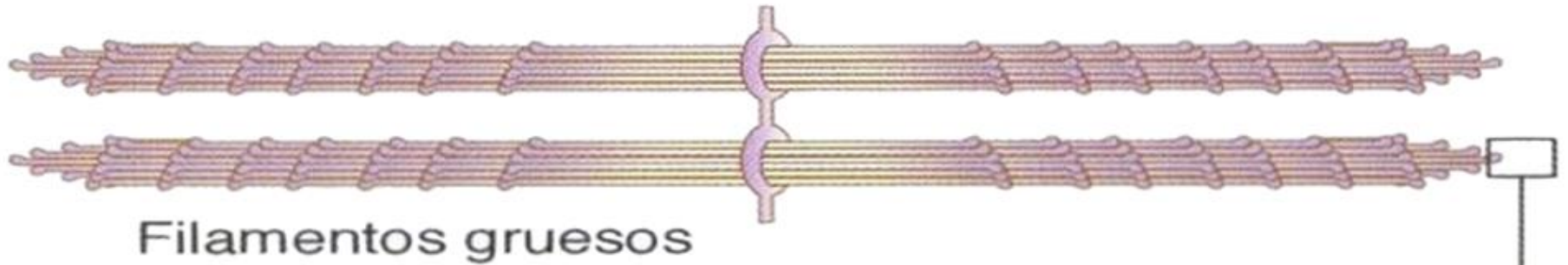
Elementos del sarcómero que confieren al músculo esquelético su aspecto estriado



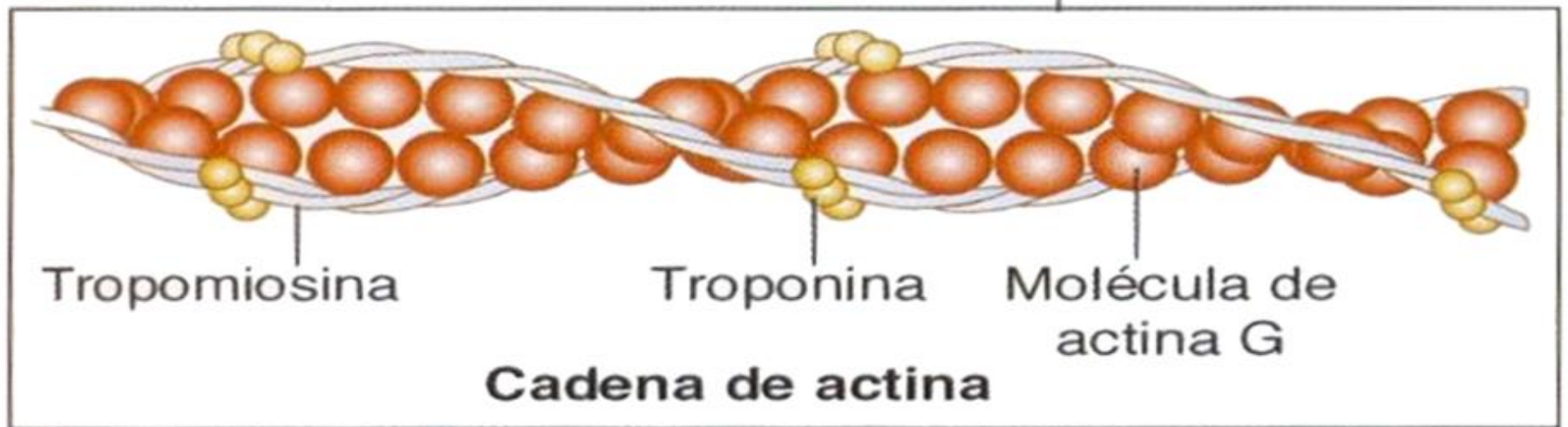
Posición de las estructuras del sarcómero en situación de reposo y de contracción según la teoría del desplazamiento.



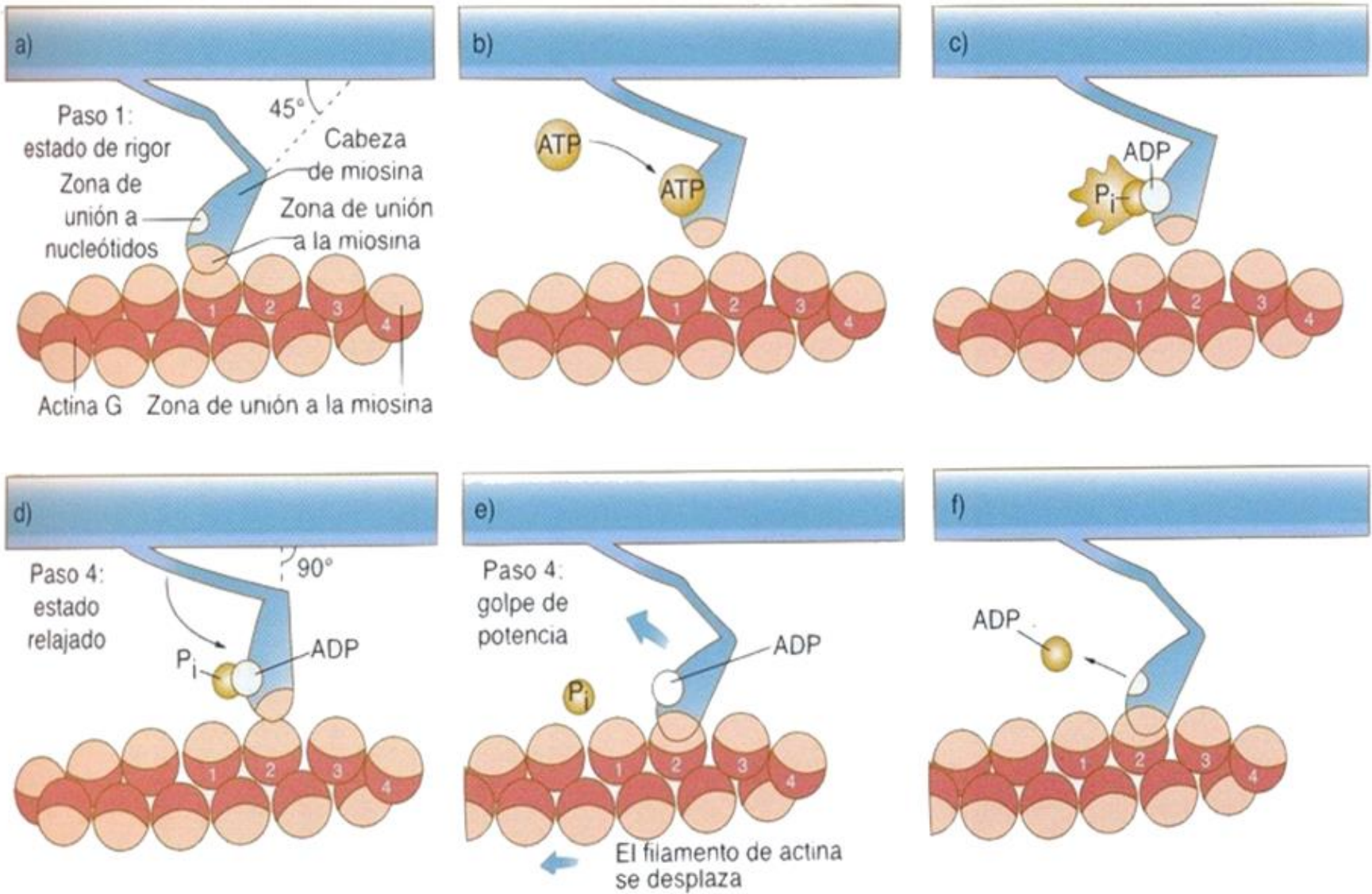
Esquema del filamento grueso del sarcómero y estructura de la molécula proteica de miosina.



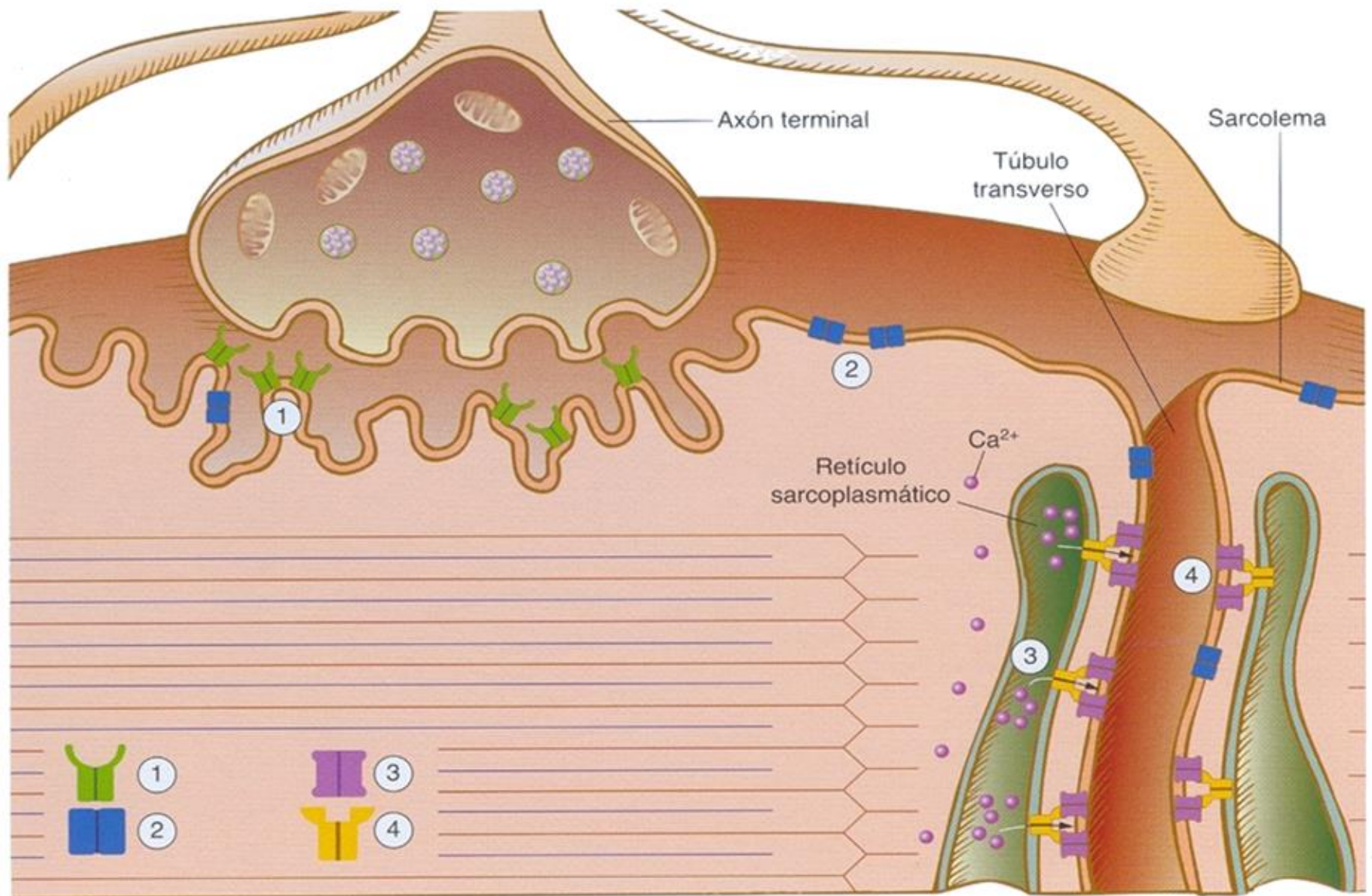
Esquema del filamento fino del sarcómero y estructura de la molécula proteica de actina, troponina y tropomiosina.



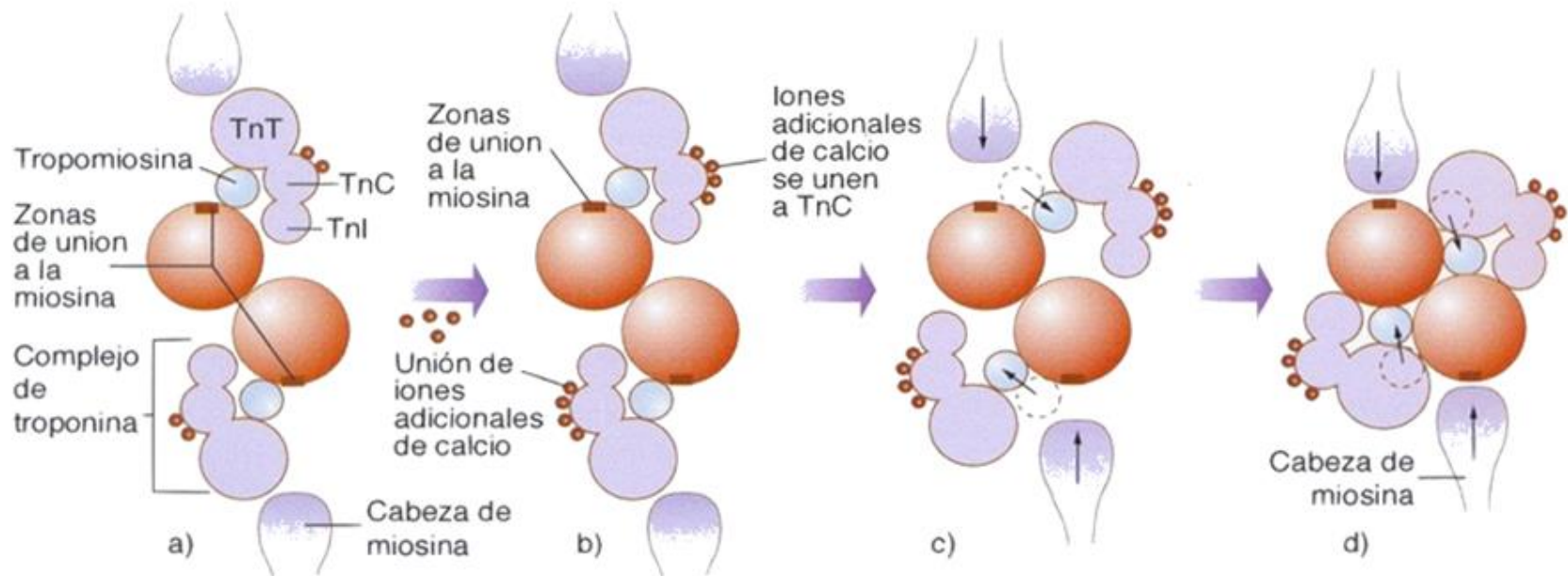
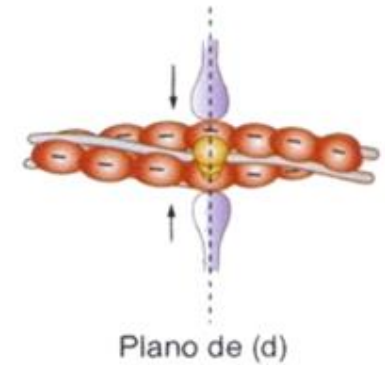
Ciclo de los puentes de Actina-Miosina.

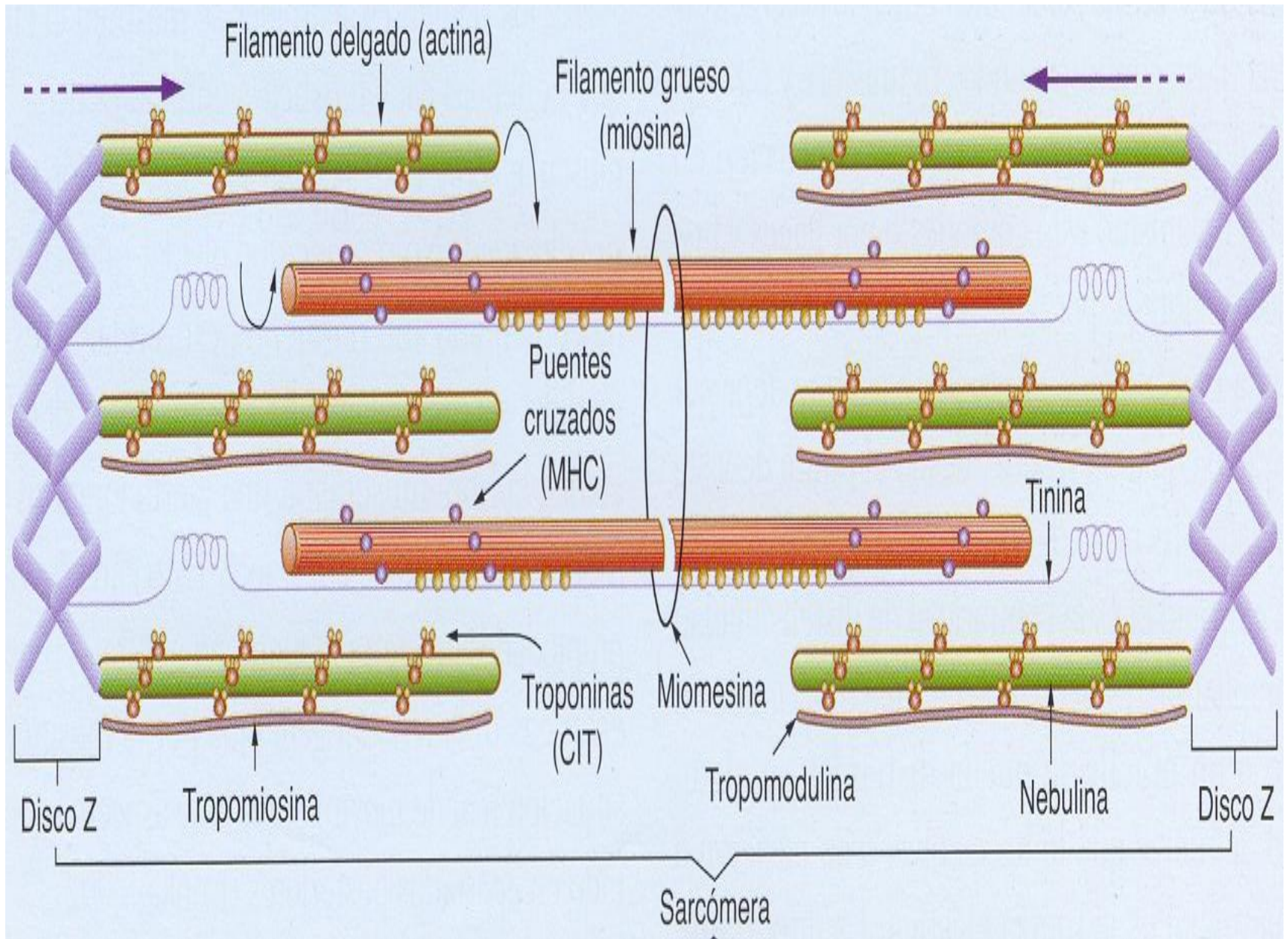


Mecanismo de Acoplamiento Excitación-Contracción.



Corte trasversal del filamento Fino – secuencia de interacción Calcio-Troponina C..

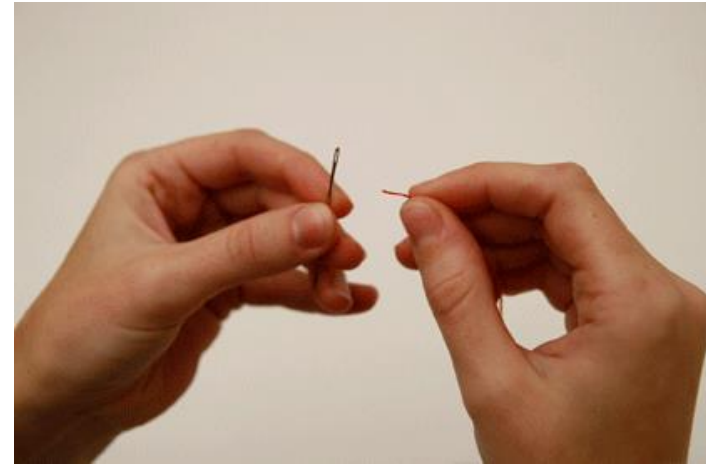




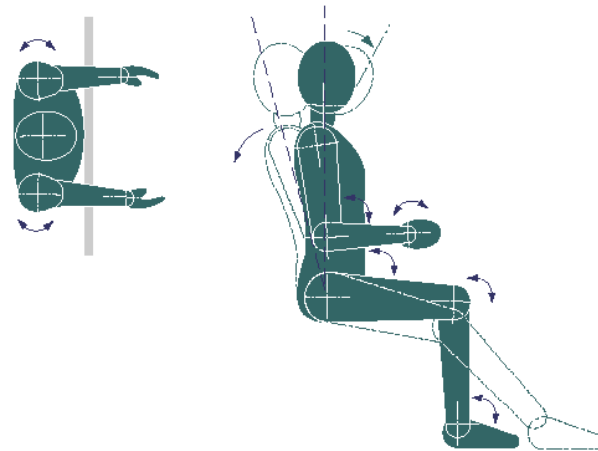
TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

El músculo esquelético puede realizar:

- ✓ **Movimientos de gran precisión** (poca fuerza)



- ✓ **Contracciones máximas** (mantenimiento de la postura)



La versatilidad del músculo esquelético se debe:

- 1. Existencia de varios tipos de células o fibras musculares**
- 2. Características funcionales, metabólicas y moleculares distintas.**



Dentro de cada músculo se encuentran en proporciones variables los diferentes tipos de fibras.

La clasificación de las fibras

musculares se realiza en función del

tipo de miosina presente en la célula

y de la velocidad de acortamiento de

la fibra (Schiaffino y Reggiani, 1996).

Características Mas importantes de las fibras rojas



Músculo rojo

CONTRACCIONES MANTENIDAS DE
BAJA INTENSIDAD DURANTE PERÍODOS
PROLONGADOS DE TIEMPO

Coloración rojiza

Gran resistencia a la fatiga

Capacidad limitada para generar
una fuerza contráctil máxima

Lenta velocidad de respuesta a los estímulos

Características Mas importantes de las fibras Blancas



Músculo blanco

CONTRACCIONES DE ELEVADA
INTENSIDAD DURANTE CORTOS
PERÍODOS DE TIEMPO

Coloración pálida

Funcionamiento esporádico

Escasa resistencia a la fatiga

Genera elevados niveles de tensión

Lenta velocidad de respuesta a los estímulos

Clasificación según el tipo de Miosina y velocidad de acortamiento de la fibra

Tipo de Miosina (MHC): define la velocidad de acortamiento de la fibra.

- **Mamíferos: Tipo I, Tipo IIA, Tipo IID, o IIX, y IIB.**
- **Humanos: Tipo I, IIA, y IIX.**

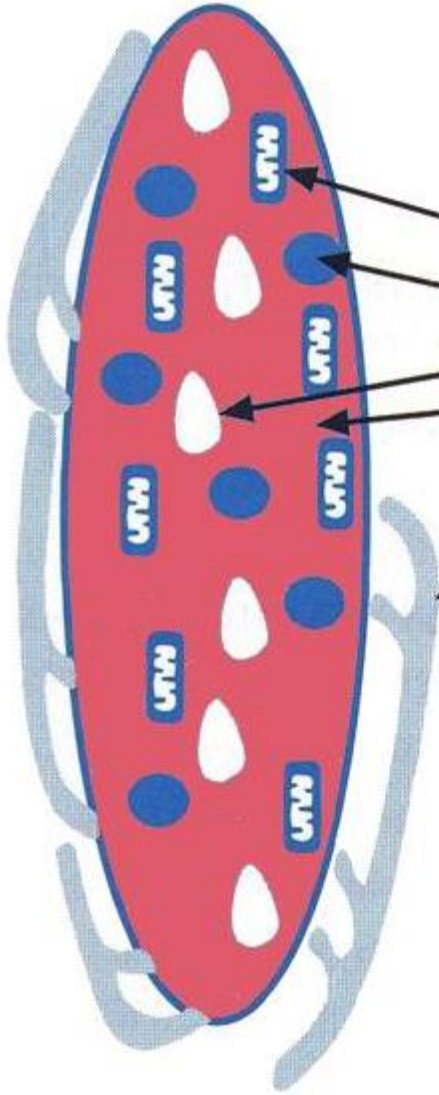
(Schiaffino y Reggiani, 1996)

FIBRAS TIPO I

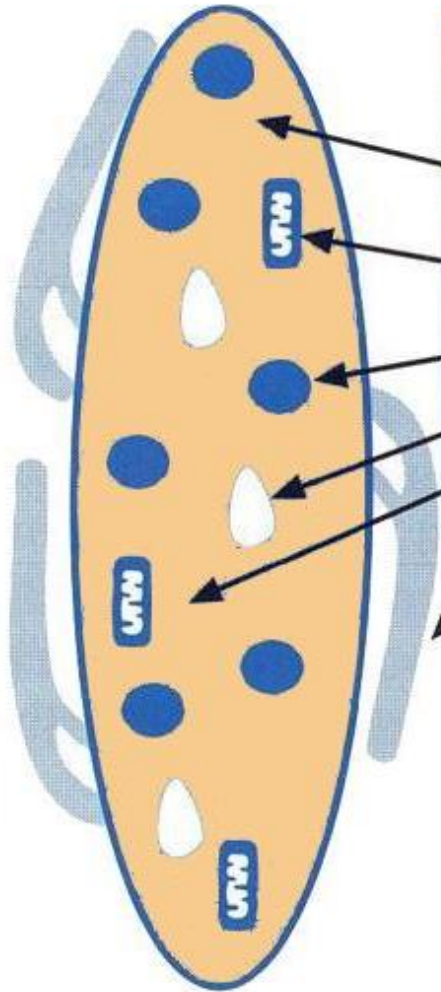
Lenta velocidad de propagación del impulso nervioso (60-70 m/s)
Resistentes a la fatiga
Predominio de las vías metabólicas aerobias

Elevado número de mitocondrias
Importantes depósitos de triglicéridos y de glucógeno
Alto contenido en mioglobina
Densa red capilar

FIBRAS DE CONTRACCIÓN LENTA
ADAPTADAS AL TRABAJO PROLONGADO
DE INTENSIDAD MODERADA



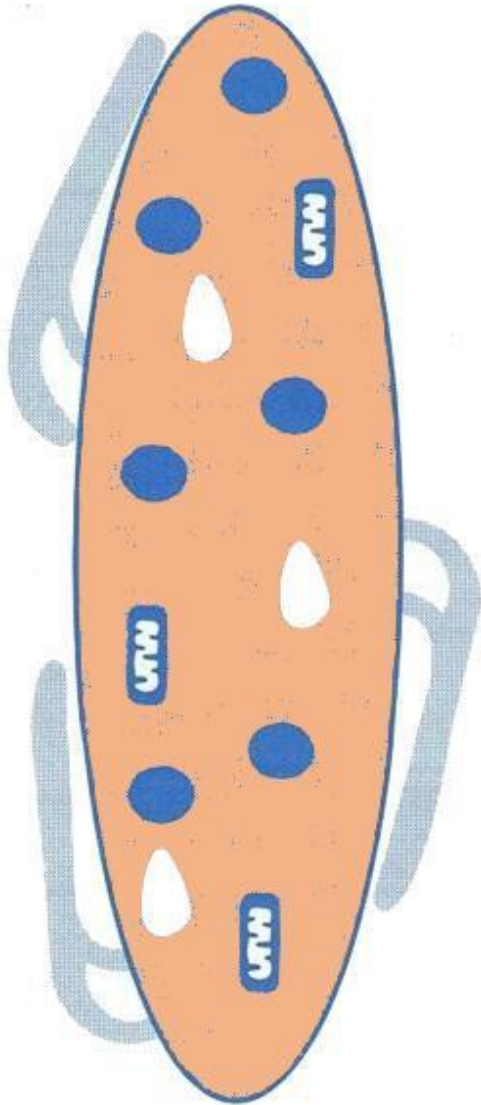
FIBRAS TIPO II



- Elevada velocidad de propagación del impulso nervioso (80-90 m/s)
- Fácilmente fatigables
- Alto contenido en miofibrillas por unidad de sección
- Predominio de las vías metabólicas anaerobias
- Escaso número de mitocondrias
- Importantes depósitos de glucógeno
- Depósitos de triglicéridos poco importantes
- Bajo contenido en mioglobina
- Red capilar poco desarrollada

FIBRAS DE CONTRACCIÓN RÁPIDA
ADAPTADAS AL TRABAJO BREVE
DE INTENSIDAD ELEVADA

FIBRAS TIPO II B



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS FIBRAS TIPO II

Metabolismo oxidativo poco desarrollado

Metabolismo anaerobio muy desarrollado

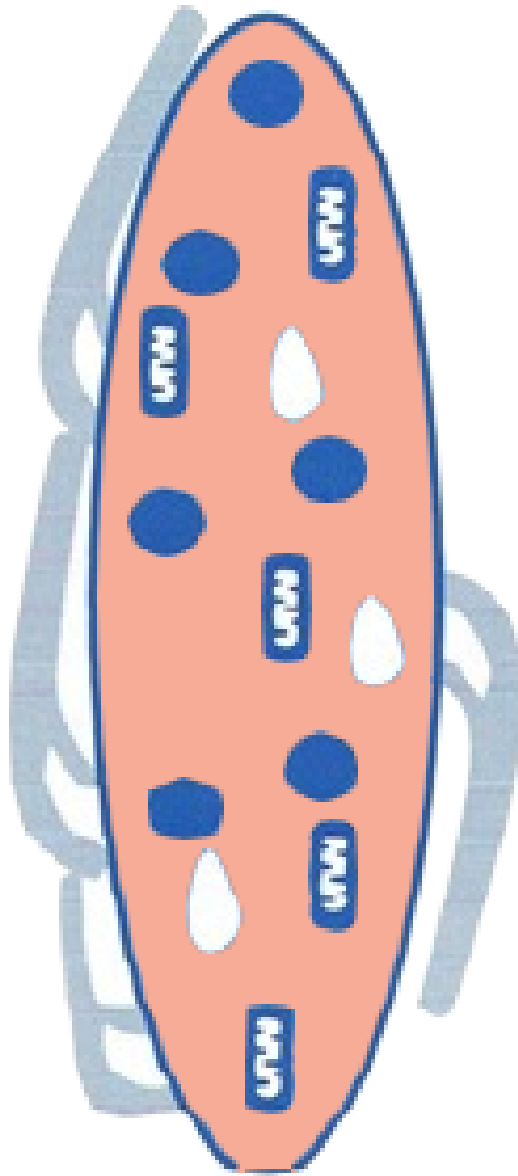


FIBRAS DE CONTRACCIÓN RÁPIDA
Y POTENTE
FACILMENTE FATIGABLES

Formas de transición

- Formas híbridas: poseen mas de una isoforma de miosina
- IIB ↔ IIBX ↔ IIXB ↔ IIX ↔ IIXA ↔ IIAX ↔ IIA ↔ IIC ↔ IC ↔ I
- Dotación genética
- Distribución no es igual en todos los músculos
- Sóleo (> % tipo I); braquial anterior (> % tipo II)

FIBRAS TIPO II C



CARACTERÍSTICAS INTERMEDIAS ENTRE
LAS FIBRAS TIPO I Y LAS FIBRAS TIPO II A
Predominantes en el nacimiento

Estimulos diferentes

FIBRAS TIPO I

FIBRAS TIPO II A

FIBRAS TIPO II AB



CARACTERÍSTICAS INTERMEDIAS ENTRE
LAS FIBRAS TIPO II A Y LAS FIBRAS TIPO II B

Entrenamiento de
resistencia

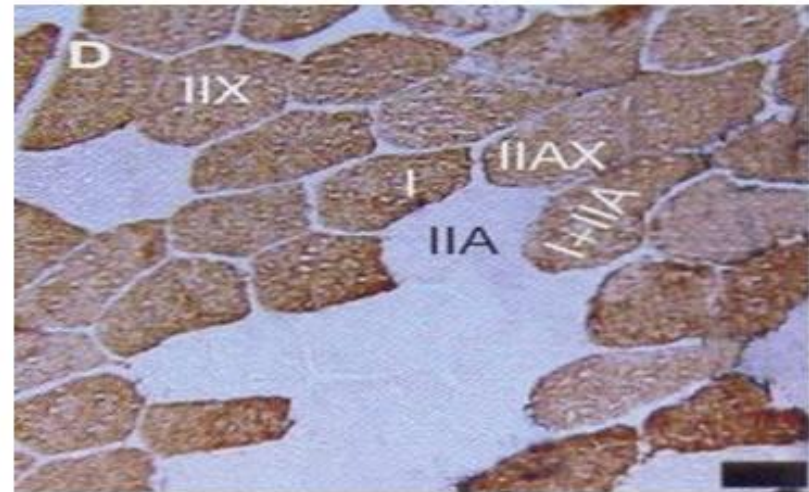
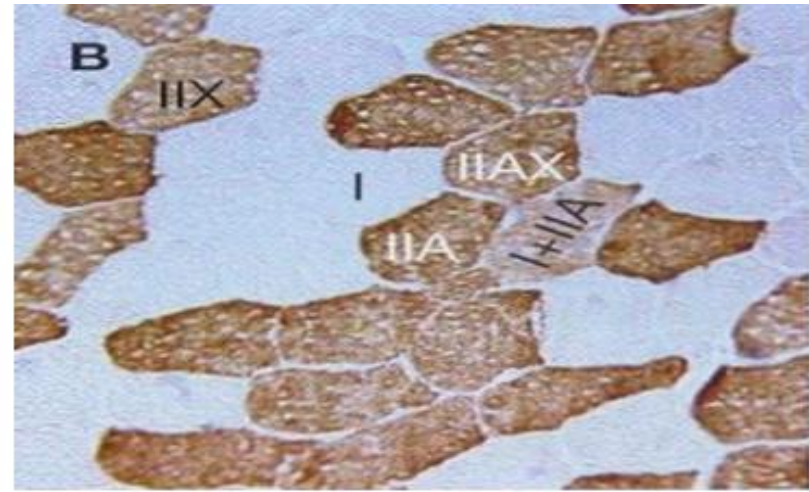
FIBRAS TIPO II A

Entrenamiento de
potencia

FIBRAS TIPO II B

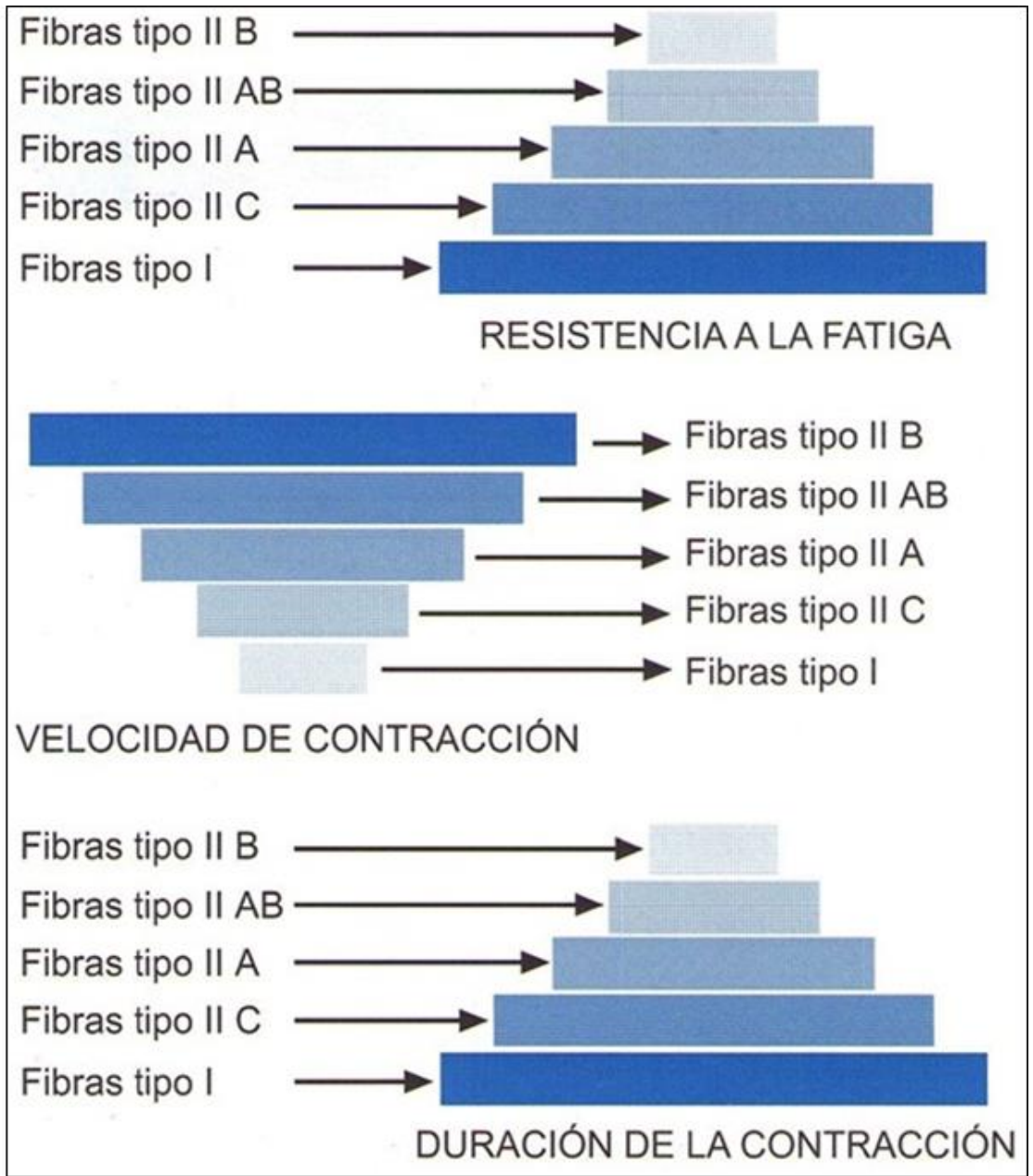
Principales características diferenciadoras de los distintos tipos metabólicos de fibras musculares

	Lentas (tipo I)	Intermedias (tipo IIA)	Rápidas (tipo IIX)
Diámetro	Intermedio	Grande	Pequeño
Grosor de línea Z	Ancho	Intermedio	Estrecho
Contenido de glucógeno	Bajo	Intermedio	Alto
Resistencia a la fatiga	Alta	Intermedia	Baja
Capilares	Muchos	Muchos	Pocos
Contenido de mioglobina	Alto	Alto	Baja
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Actividad ATPasa	Baja	Alta	Alta
Sistema energético predominante	Aeróbico	Combinado	Anaeróbico
Motoneurona	Pequeña	Grande	Grande
Descarga	Baja	Alta	Alta

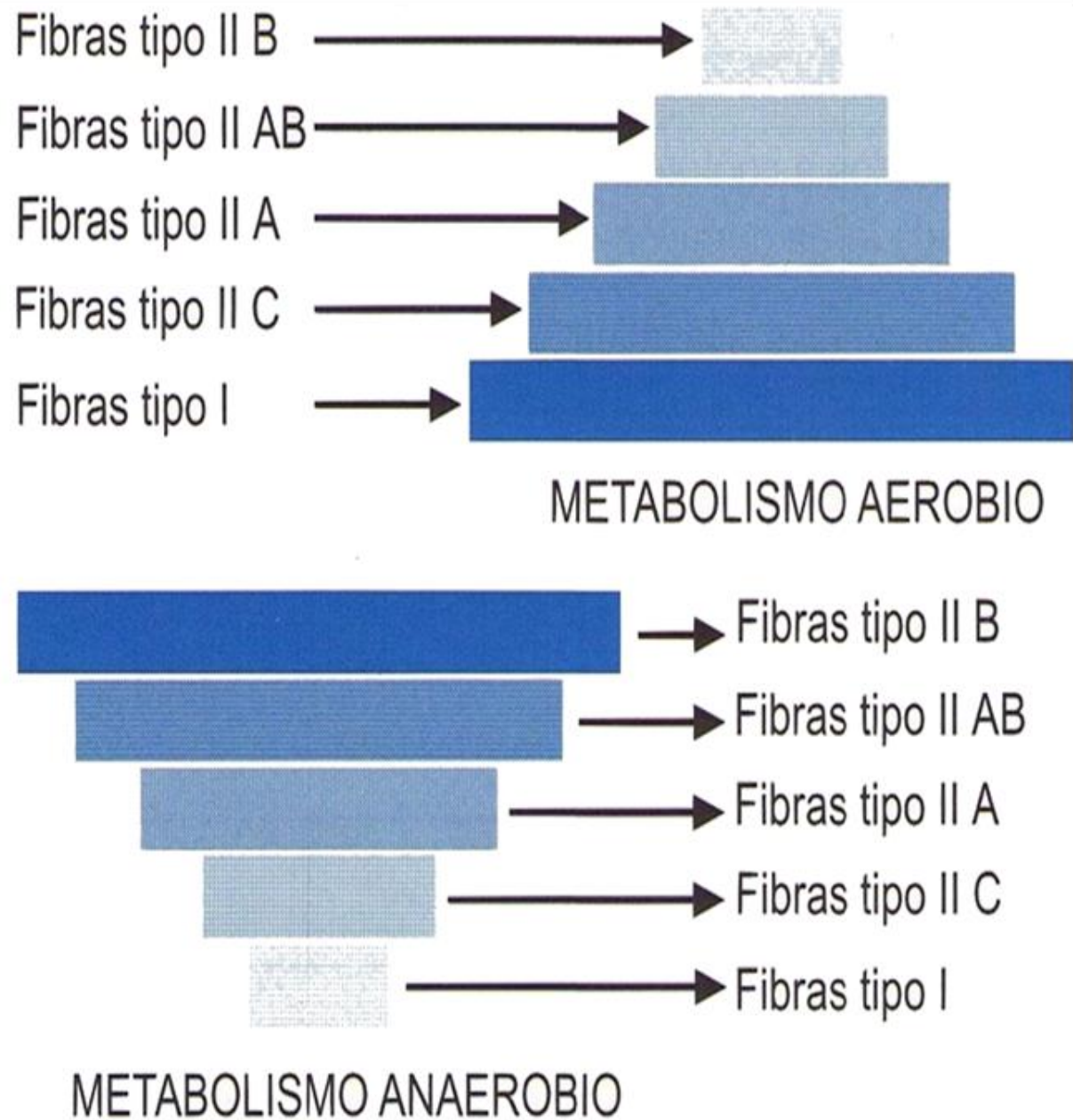


Secciones transversales de una biopsia de músculo vasto lateral humano teñidas con anticuerpos específicos de las distintas isoformas de cadenas pesadas de la miosina. Se muestran tanto fibras puras (I, IIA, IIX) como híbridas (IIAX, I + IIA). (Cortesía del doctor José Luis López Rivero.)

Diferencias en cuanto a las características de la contracción entre los distintos tipos de fibras musculares



Diferencias metabólicas entre los diferentes tipos de fibras musculares



Fibras predominantes en los músculos rojos



Principales fibras que componen los músculos blancos



EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO



ESPECÍFICOS DEL MÚSCULO ENTRENADO

ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA

Aumento del:

- Porcentaje de fibras II A
- Número de mitocondrias
- Contenido de mioglobina
- Número de capilares

ENTRENAMIENTO DE POTENCIA

Aumento del:

- Porcentaje de fibras II B
- Contenido de miofibrillas

Porcentaje de Fibras Tipo I y II en sujetos entrenados en diferentes actividades deportivas

DEPORTES	% de fibras lentas	% de fibras rápidas
Fondo	60-90	10-40
Velocidad	25-45	55-75
Levantamiento de Pesas	45-55	45-55
Sedentarios	47-53	47-53

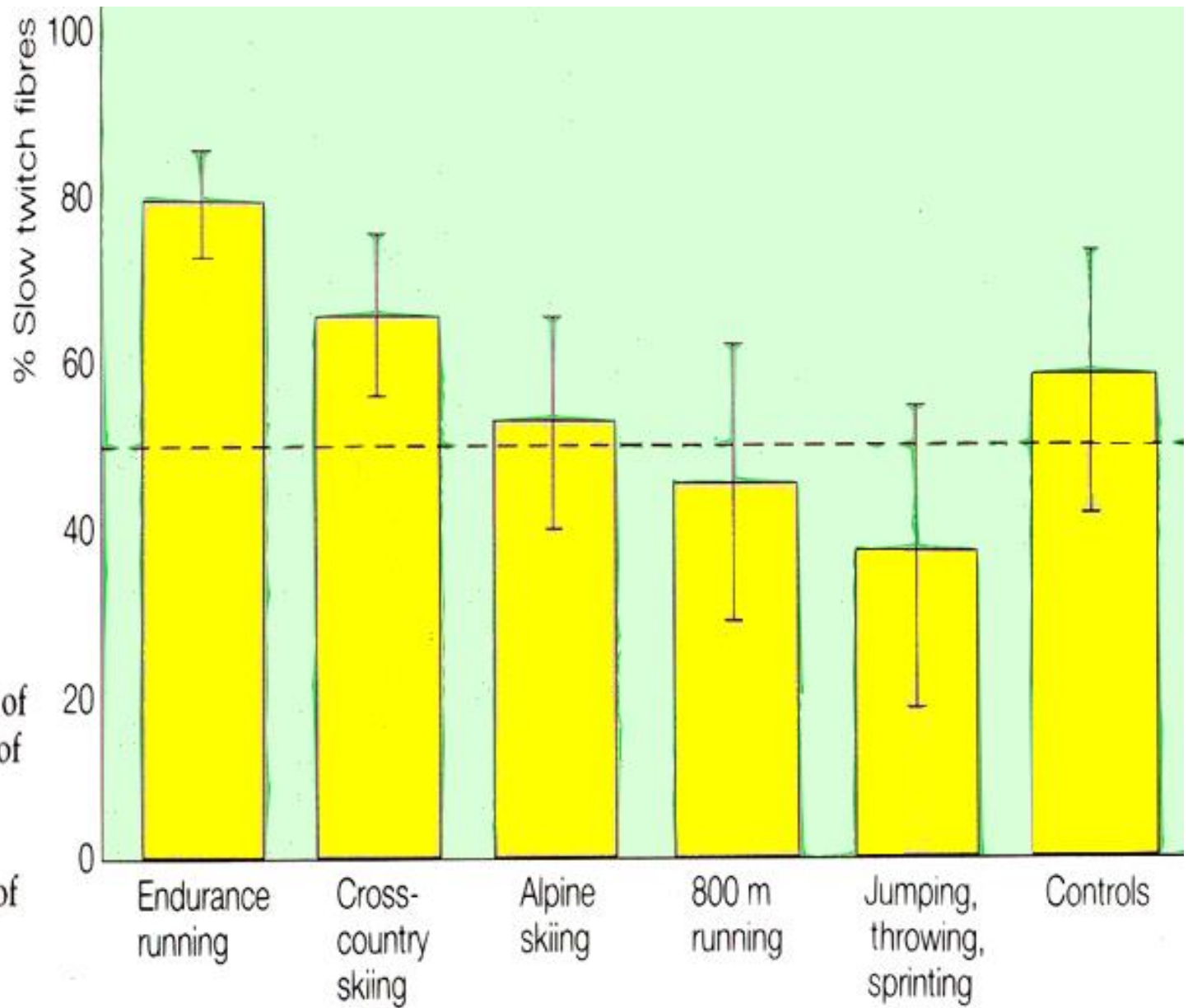
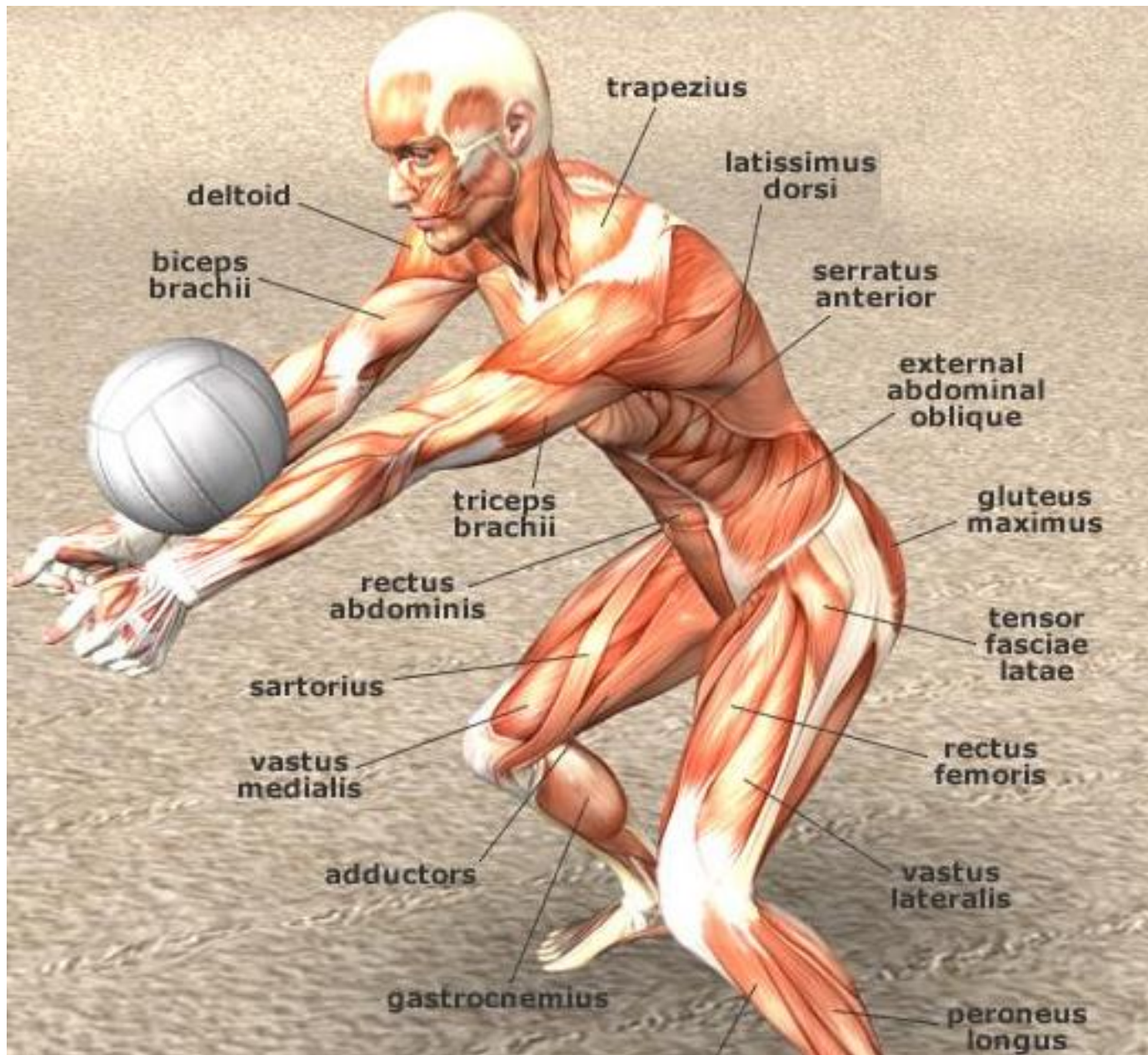


Fig. 2.1.5 Mean \pm s.d. of the percent distribution of the slow twitch (type I) fibre distribution in the vastus lateralis muscles of different athlete groups. From Komi (1983).



Lo que determina el reclutamiento de uno u otro tipo de fibras.

Se relaciona con la cantidad de fuerza que se requiere y no la velocidad de contracción



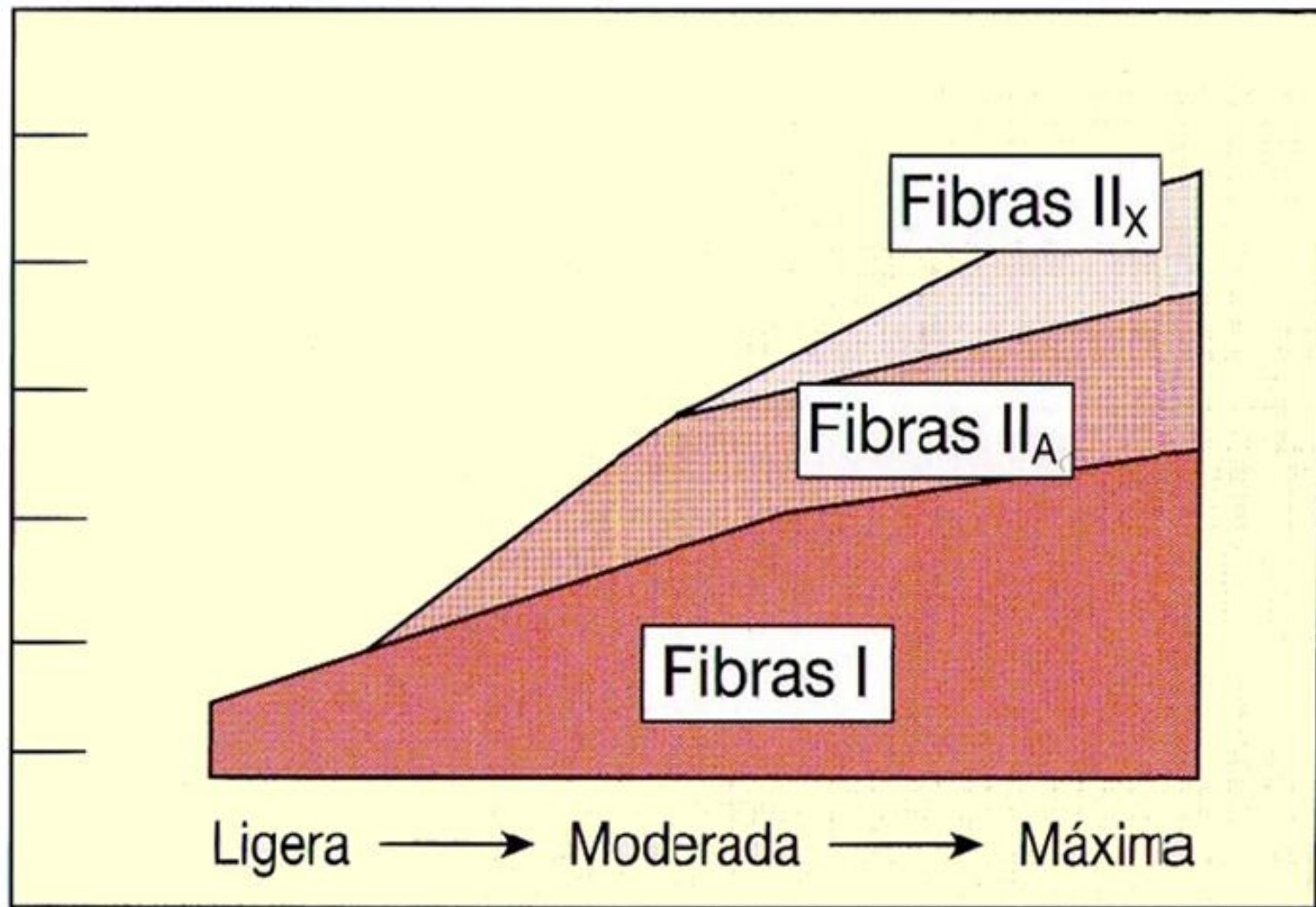
Major Characteristics of Muscle Fiber Types

Characteristic	FIBER TYPES		
	Type I	Type IIa	Type IIx*
Motor neuron size	Small	Large	Large
Nerve conduction velocity	Slow	Fast	Fast
Contraction speed	Slow	Fast	Fast
Relaxation speed	Slow	Fast	Fast
Fatigue resistance	High	Intermediate/Low	Low
Force production	Low	Intermediate	High
Power output	Low	Intermediate/High	High
Endurance	High	Intermediate/Low	Low
Aerobic enzyme content	High	Intermediate/Low	Low
Anaerobic enzyme content	Low	High	High
Capillary density	High	Intermediate	Low
Myoglobin content	High	Low	Low
Mitochondria size/density	High	Intermediate	Low
Fiber diameter	Small	Intermediate	Large
Color	Red	White/Red	White

% de fibras Utilizadas

100
80
60
40
20
0

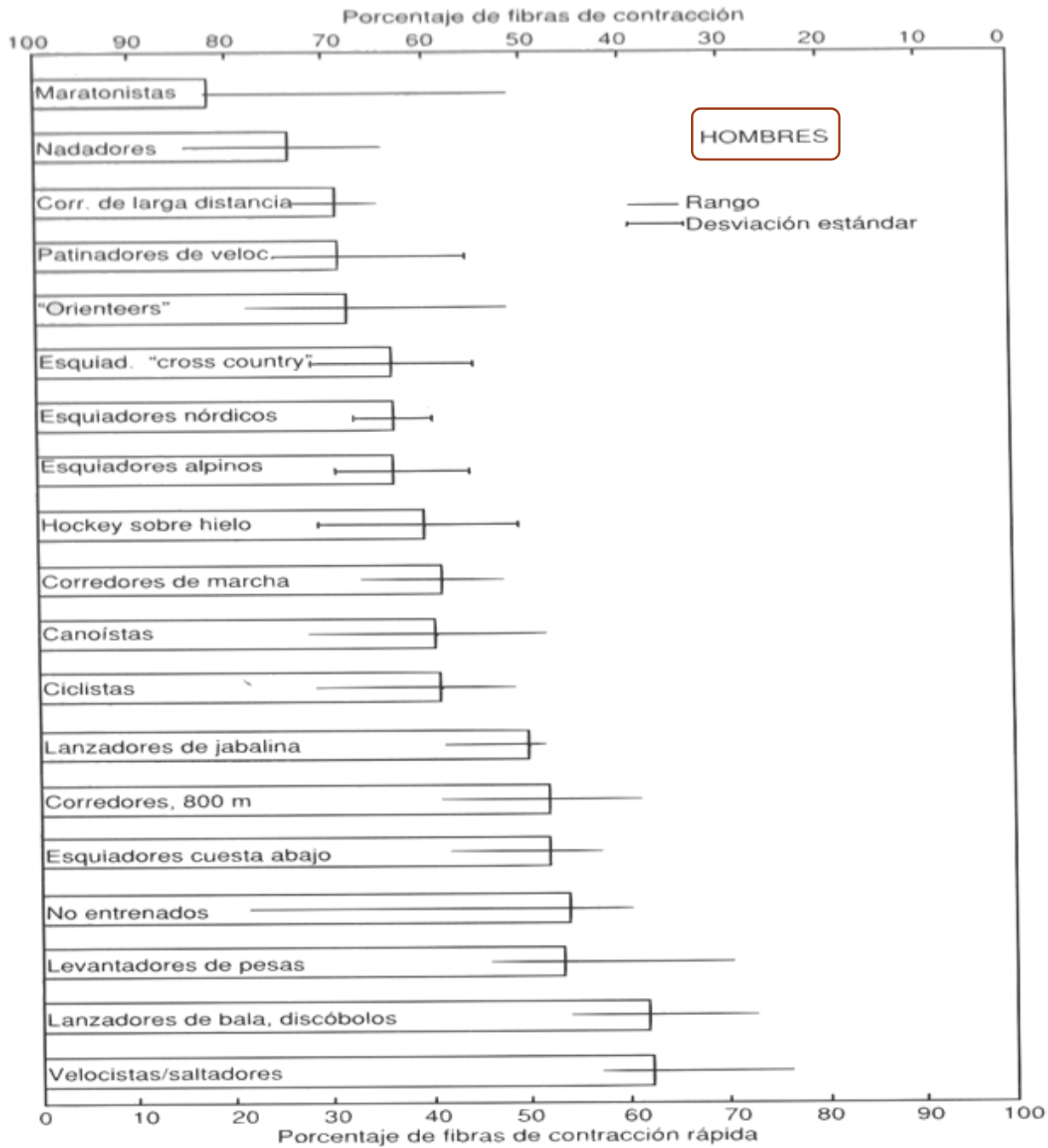
Ligera → Moderada → Máxima

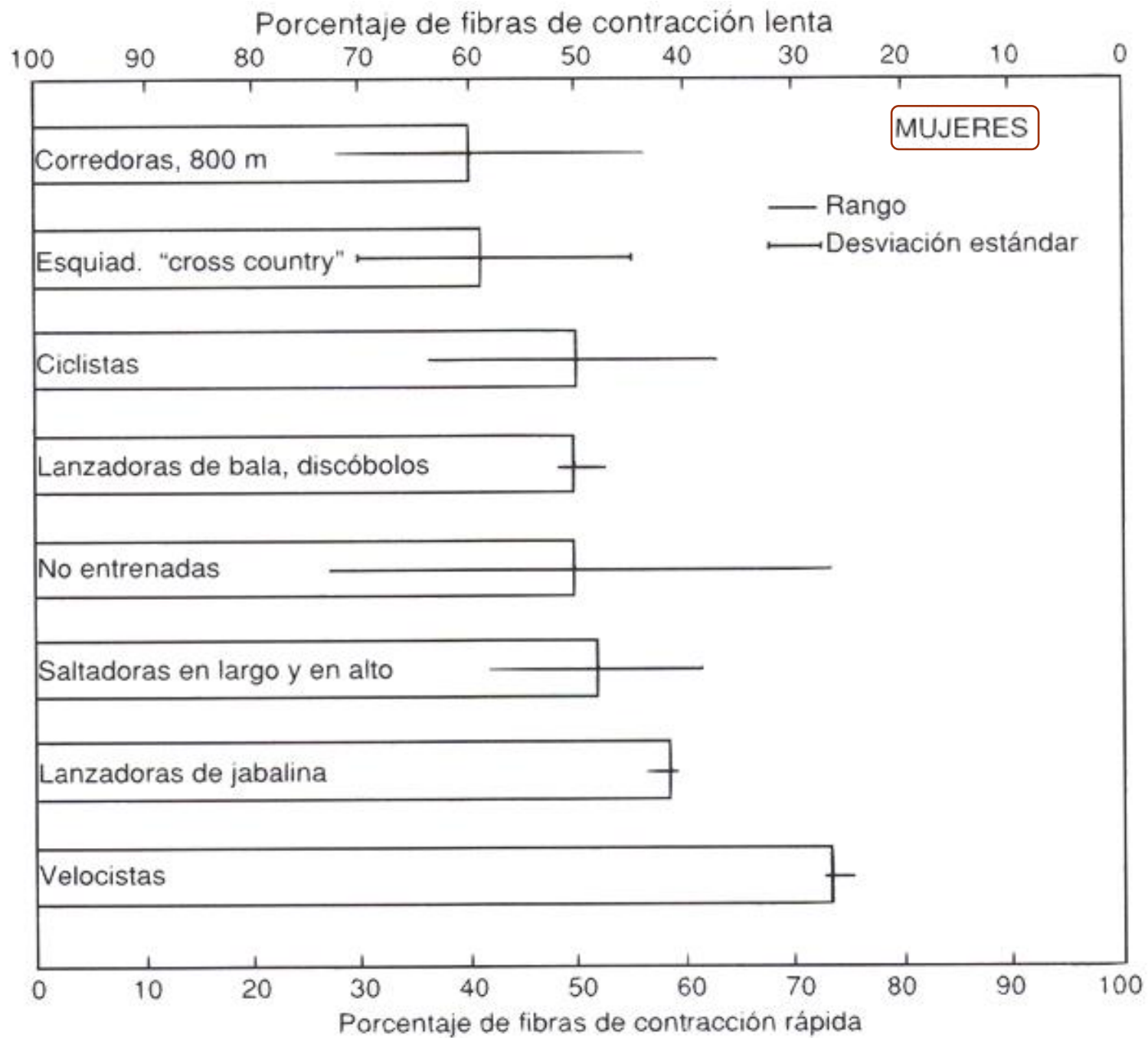


FUERZA MUSCULAR

Relative Involvement of Muscle Fiber Types in Sport Events

Event	Type I	Type II
100 m sprint	Low	High
800 m run	High	High
Marathon	High	Low
Olympic weightlifting	Low	High
Soccer, lacrosse, hockey	High	High
American football wide receiver	Low	High
American football lineman	Low	High
Basketball	Low	High
Distance cycling	High	Low
Baseball pitcher	Low	High
Boxing	High	High
Field events	Low	High
Cross-country skiing	High	Low
Tennis	High	High

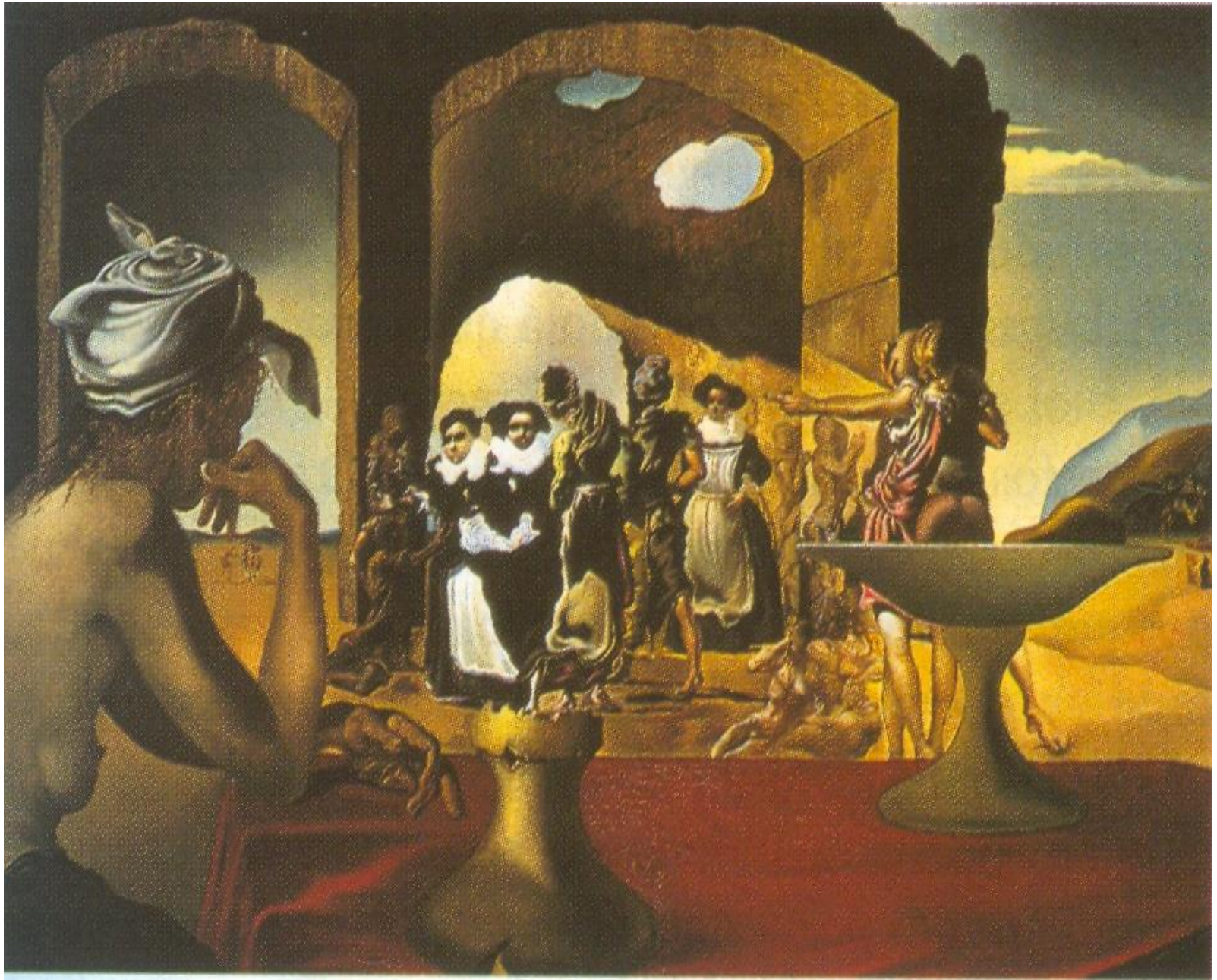




**EFFECTOS DEL
ENTRENAMIENTO
FÍSICO SOBRE LOS
DIFERENTES TIPOS DE
FIBRAS MUSCULARES**

Porcentaje de fibras tipo I y II en sujetos entrenados en diferentes actividades deportivas

Deporte	% de fibras lentas	% de fibras rápidas
Fondo	60-90	10-40
Velocidad	25-45	55-75
Levantamiento de pesas	45-55	45-55
Sedentarios	47-53	47-53



1. Referencias Bibliográficas Fisiología del Ejercicio López Chicharro 3E Capítulos 4 y 5