

SISTEMA MUSCULAR

Dra. Flávia Cristina Goulart
CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Marília

flaviagoulart@marilia.unesp.br

(a) Músculo esquelético



Núcleo

Fibra muscular
(célula)

Estriações

(b) Músculo cardíaco



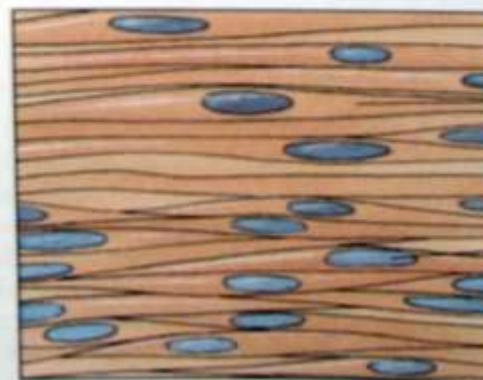
Estriações

Fibra muscular

Disco intercalar

Núcleo

(c) Músculo liso



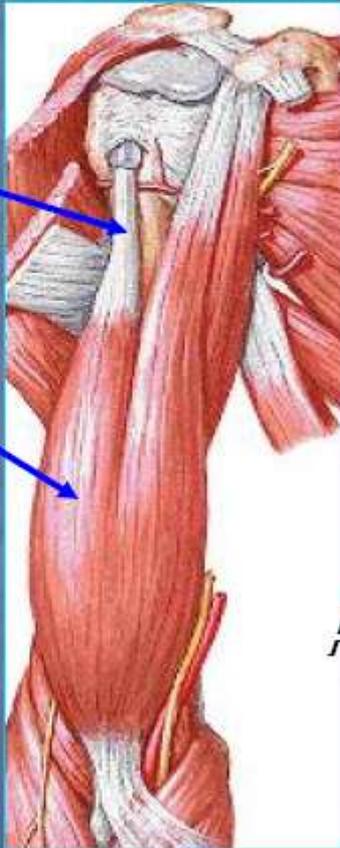
Fibra muscular

Núcleo

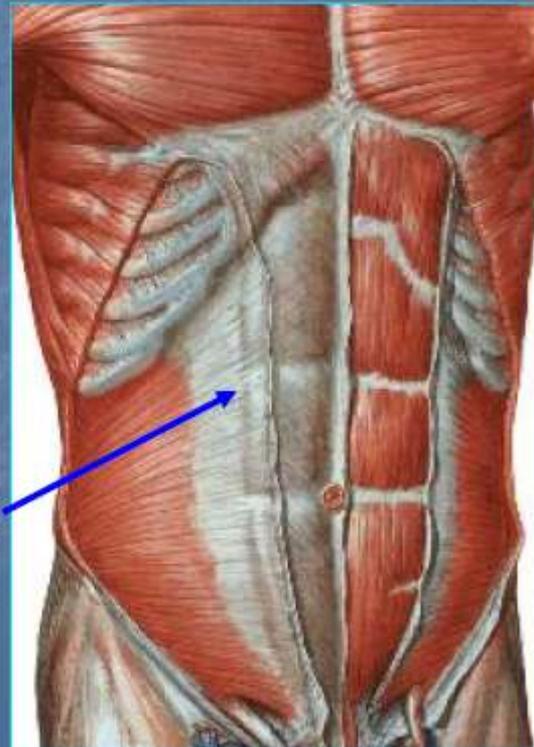
Componentes anatômicos

Tendão

Ventre



Aponeurose



Mecânica muscular

1. ORIGEM e INSERÇÃO

- por razões didáticas, convencionou-se chamar de origem à extremidade do músculo presa à peça óssea que não se desloca. Por contraposição, denomina-se inserção à extremidade do músculo presa à peça óssea que se desloca.



Histologia do M. Esquelético

- É formado por células cilíndricas extremamente longas, produto de fusão celular intensa de pequenas células indiferenciadas, chamadas de **Mioblastos**, durante a embriogênese.
- Formam células com grandes diâmetros, de até 100 μm , com comprimento que, em geral, se estendem de um tendão muscular ao outro nos seres humanos (**Fibras Musculares**)

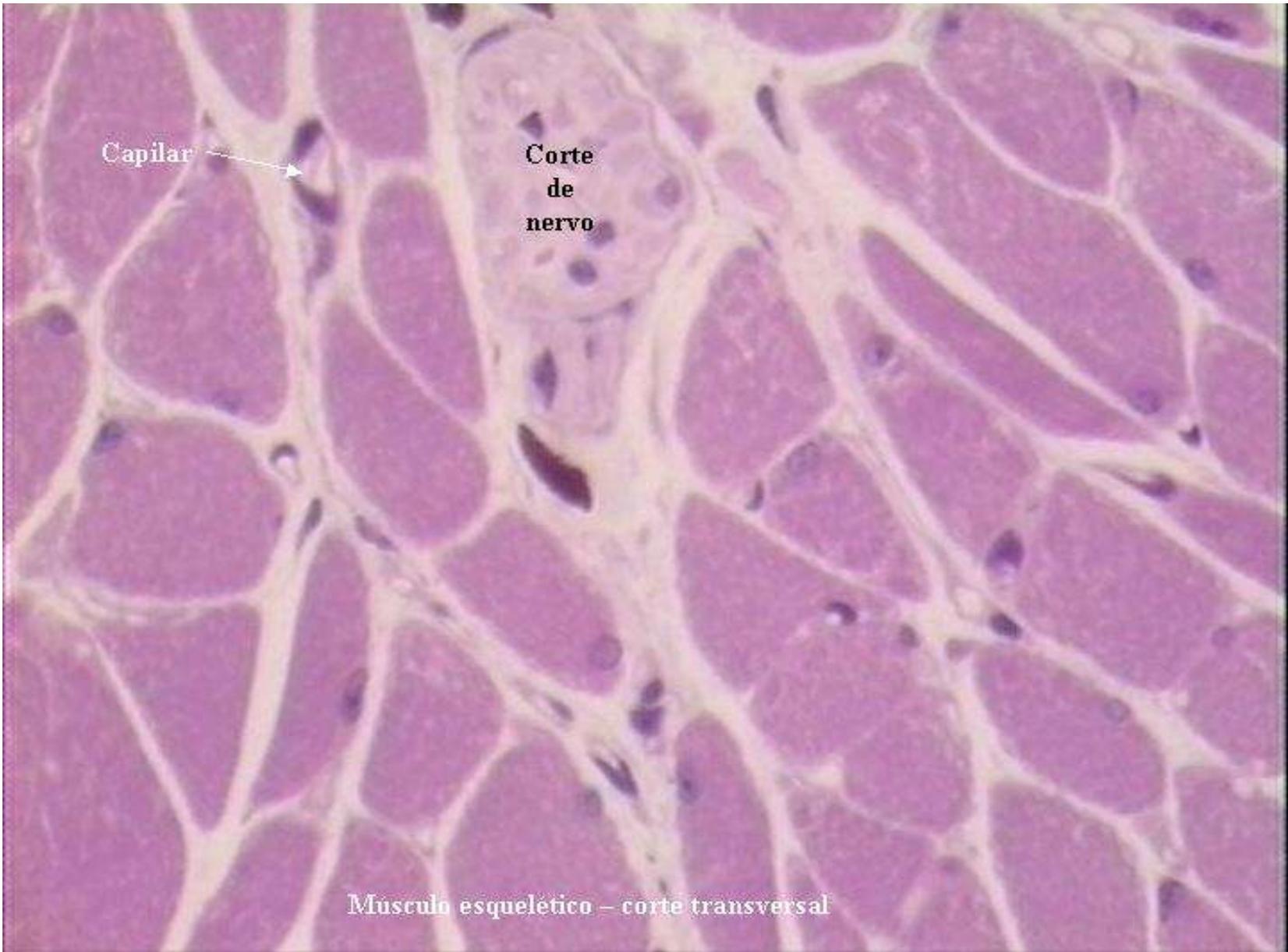
Características histológicas

- A fusão do Mioblastos formam células gigantes contendo vários núcleos (**Polinucleadas**).
- Possuem grande quantidade de Mitocôndrias
- O **retículo sacoplasmático** é bem desenvolvido
- A membrana plasmática (**Sarcolema**) possui características únicas como os **túbulos T**, que atravessam a célula e permitem um contato mais próximo entre o meio extracelular com o interior da célula

MIOFIBRILAS

- Estruturas especiais que possuem o mesmo comprimento da fibra muscular, possuem estriações transversais.
- **Sarcômero** – unidades funcional contrátil da fibra muscular.
- São unidades idênticas (de uma **banda Z** até a próxima) que se repetem;
- Os Sarcômeros são constituídos por proteínas específicas que se agrupam e formam os filamentos protéicos **actina** (filamento fino) e **miosina** (filamento espesso), distribuídos de forma simétrica





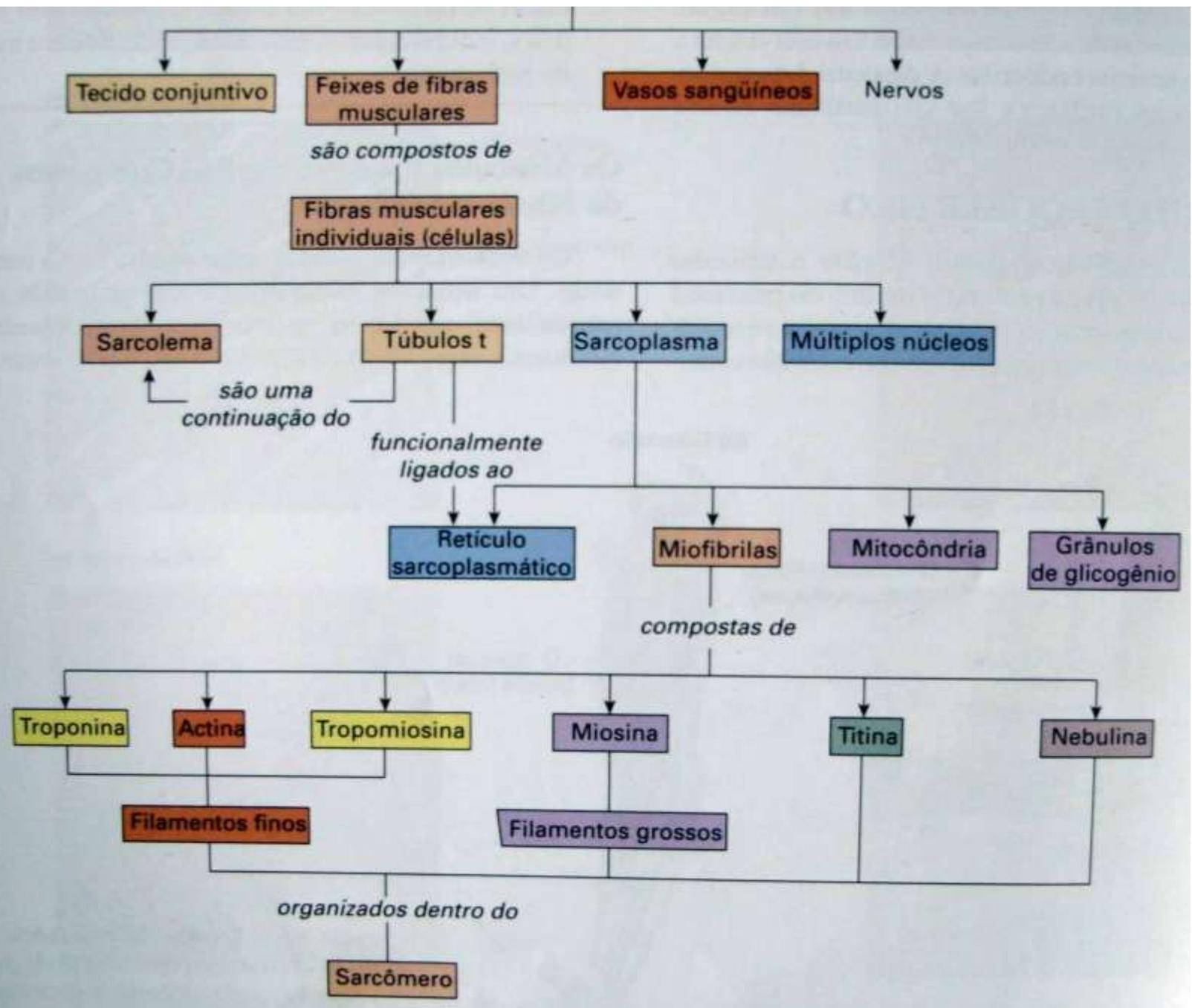
Capilar

Corte
de
nervo

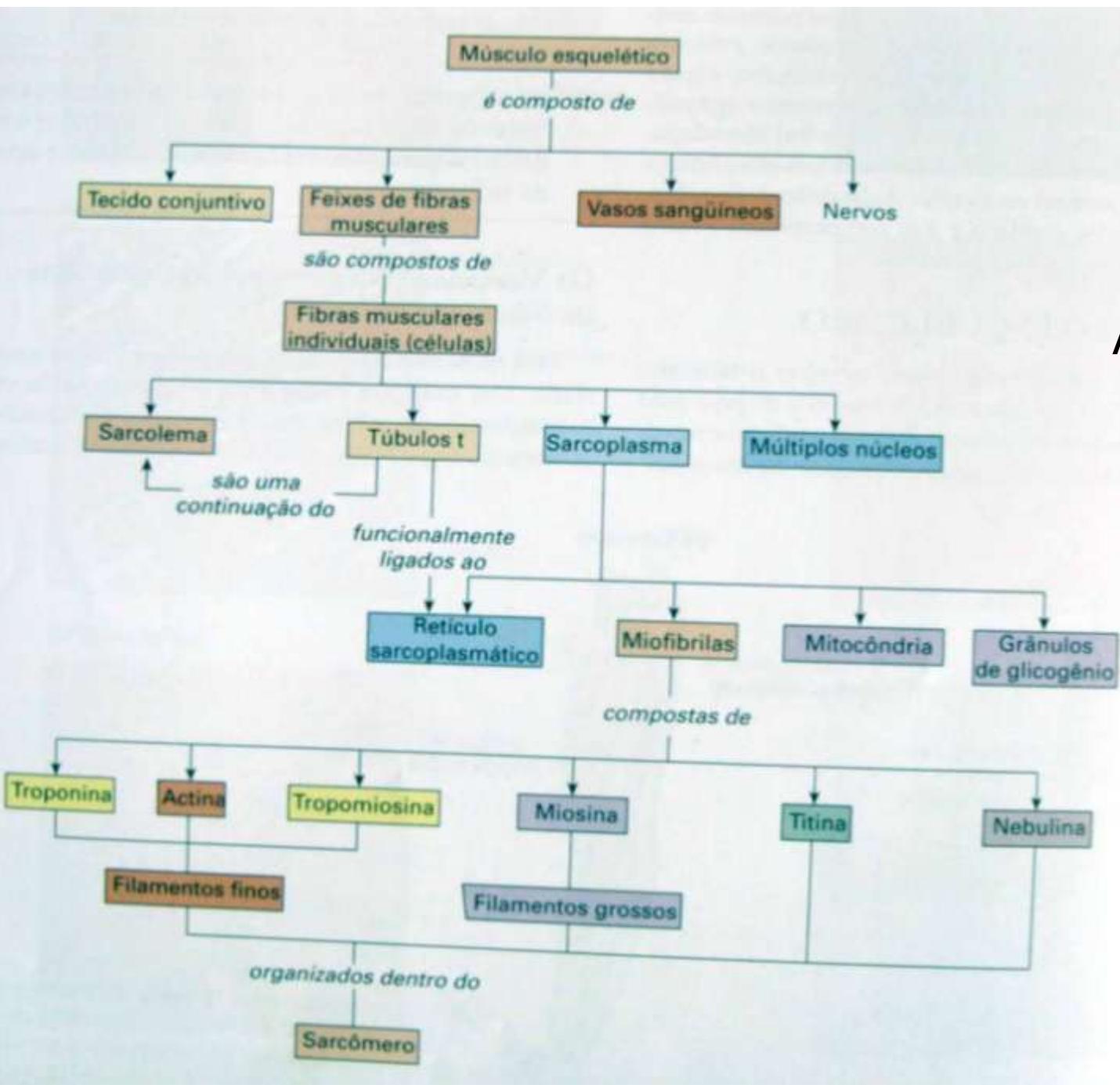
Músculo esquelético – corte transversal

Constituição do M. Esquelético

- O Músculo também é constituído de tecido conjuntivo denso com vários níveis de organização, além de vasos sanguíneos e nervos.



O
Músculo
Esquelé-
tico



As PROTEÍNAS
MUSCULARES

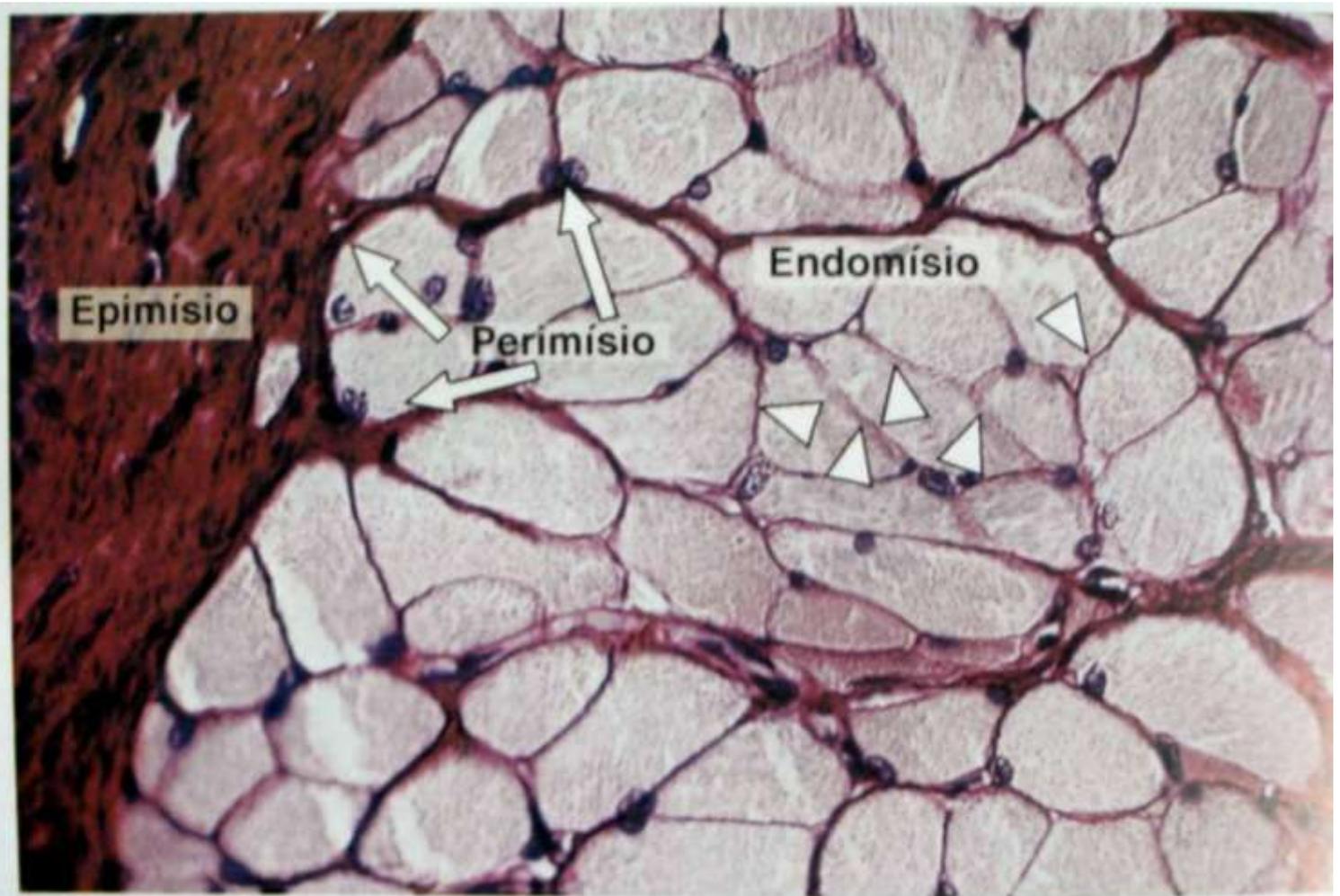
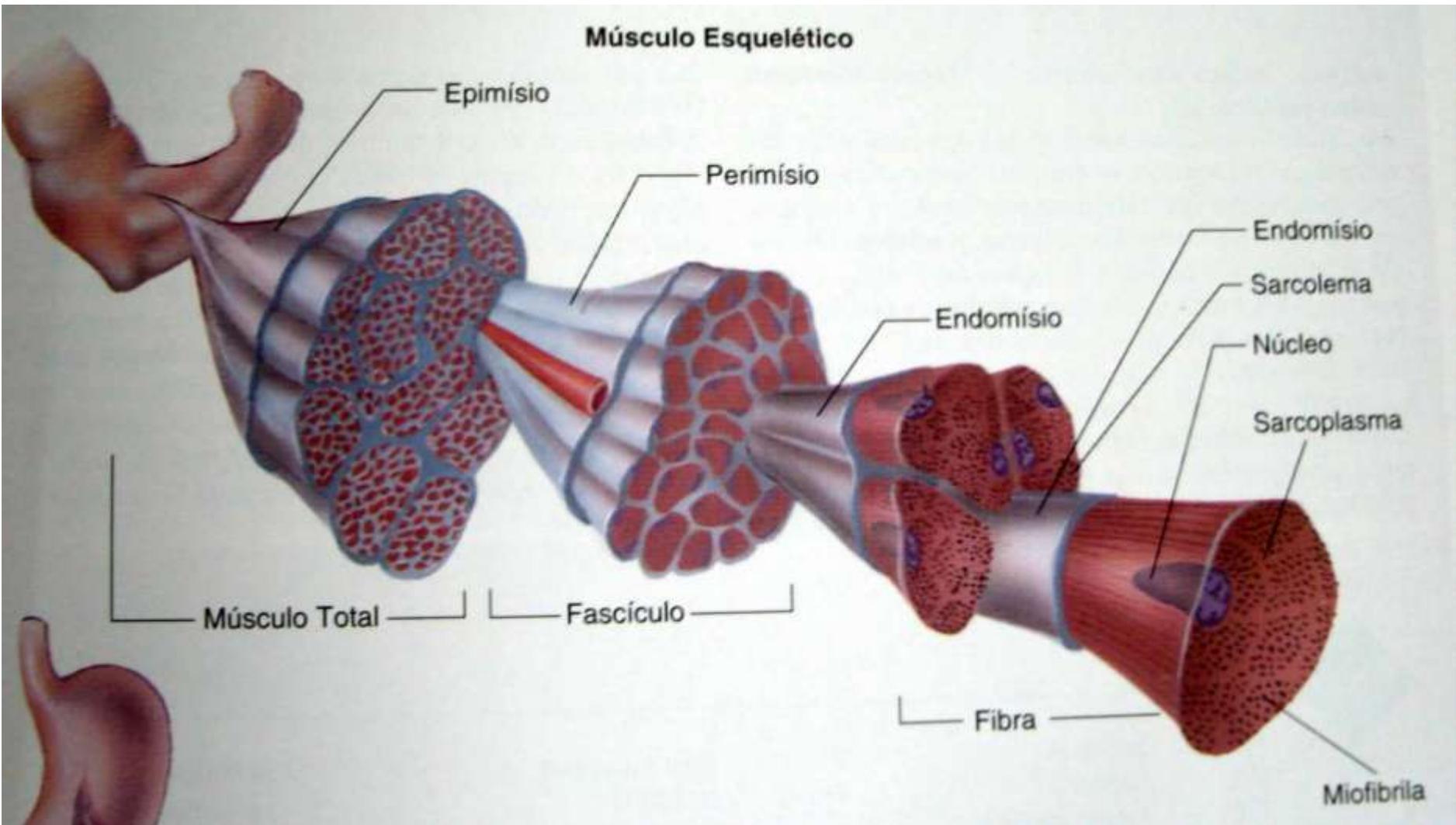


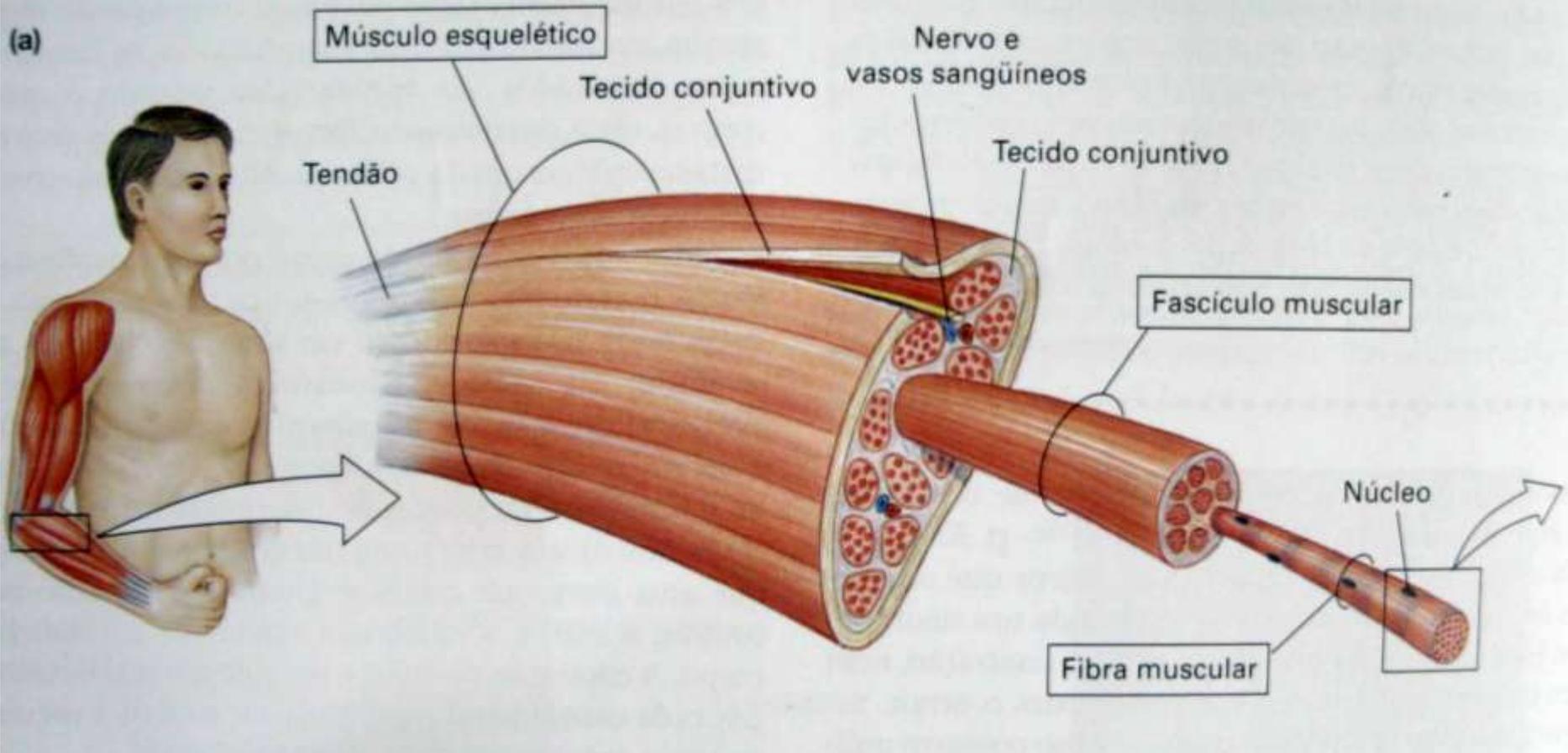
Fig. 10.3 Corte transversal de músculo estriado esquelético, para mostrar o epimísio, o perimísio (setas) e o endomísio (seta). Coloração pelo picro-sírius-hematoxilina. Grande aumento.

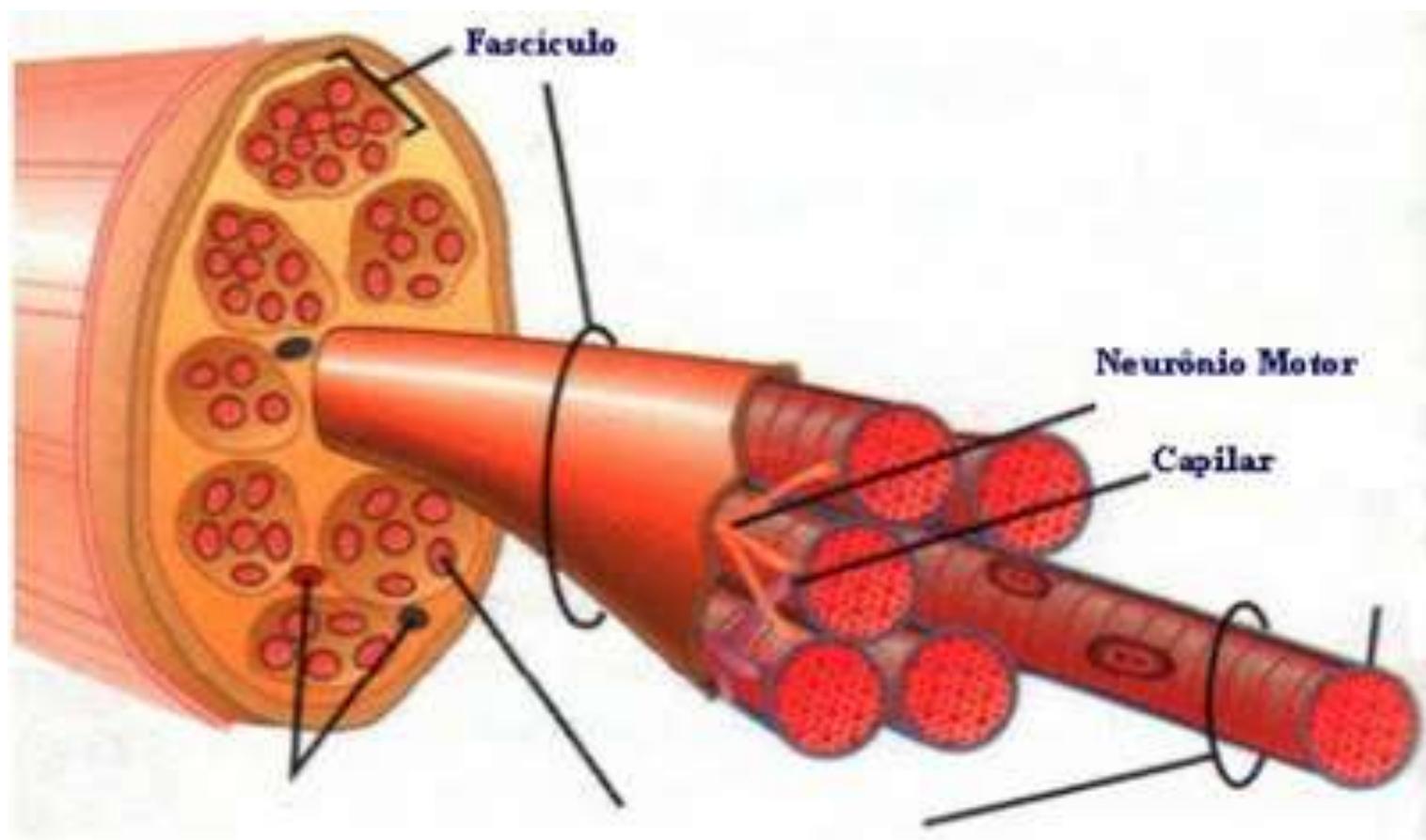
Organização muscular por meio de várias organizações conjuntivas

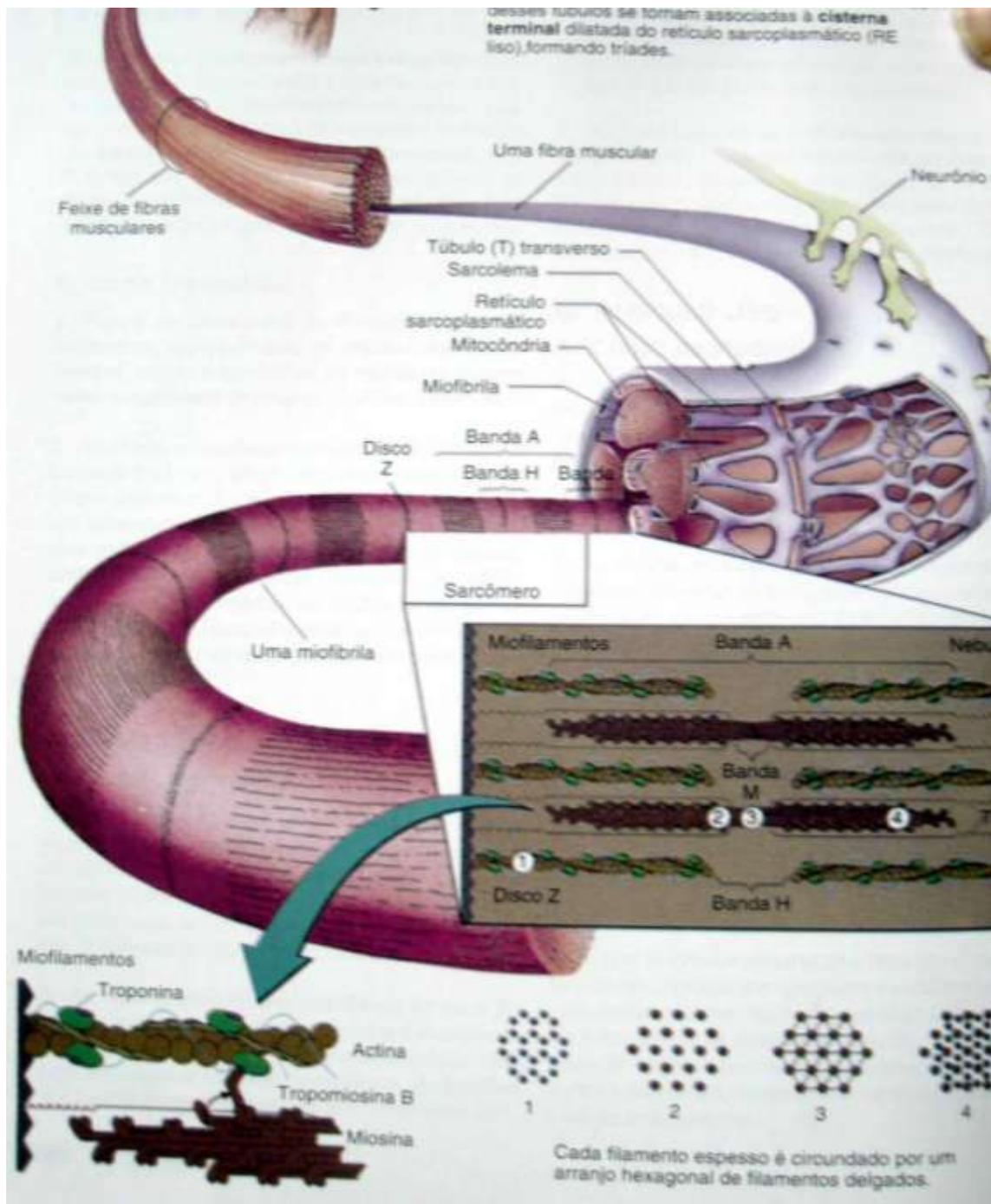
Músculo Esquelético



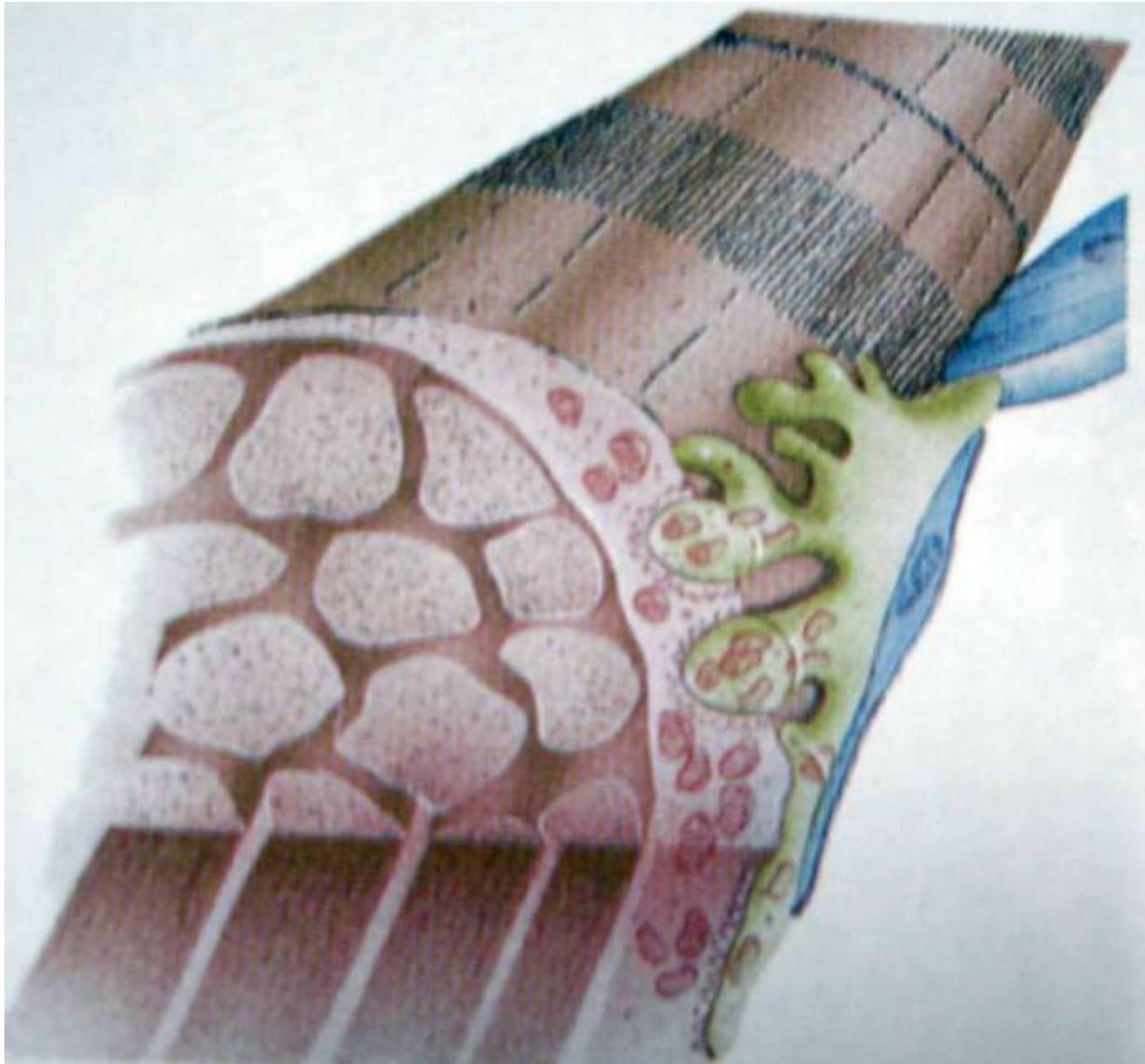
(a)







A fibra muscular é constituída de muitas miofibrilas que são filamentos de actina e miosina que se dispõem de forma simétrica e paralela. São organizadas por sarcômeros alinhados, formando faixas claras e escuras.

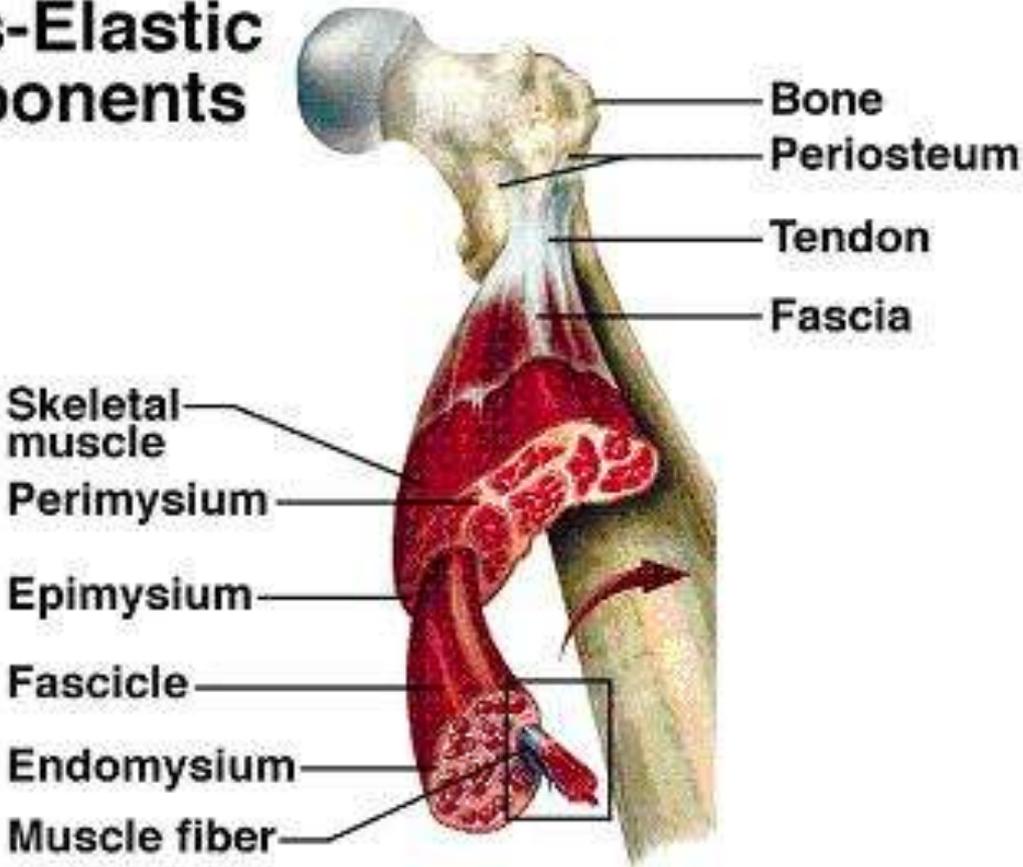


Junção
Neuromotora

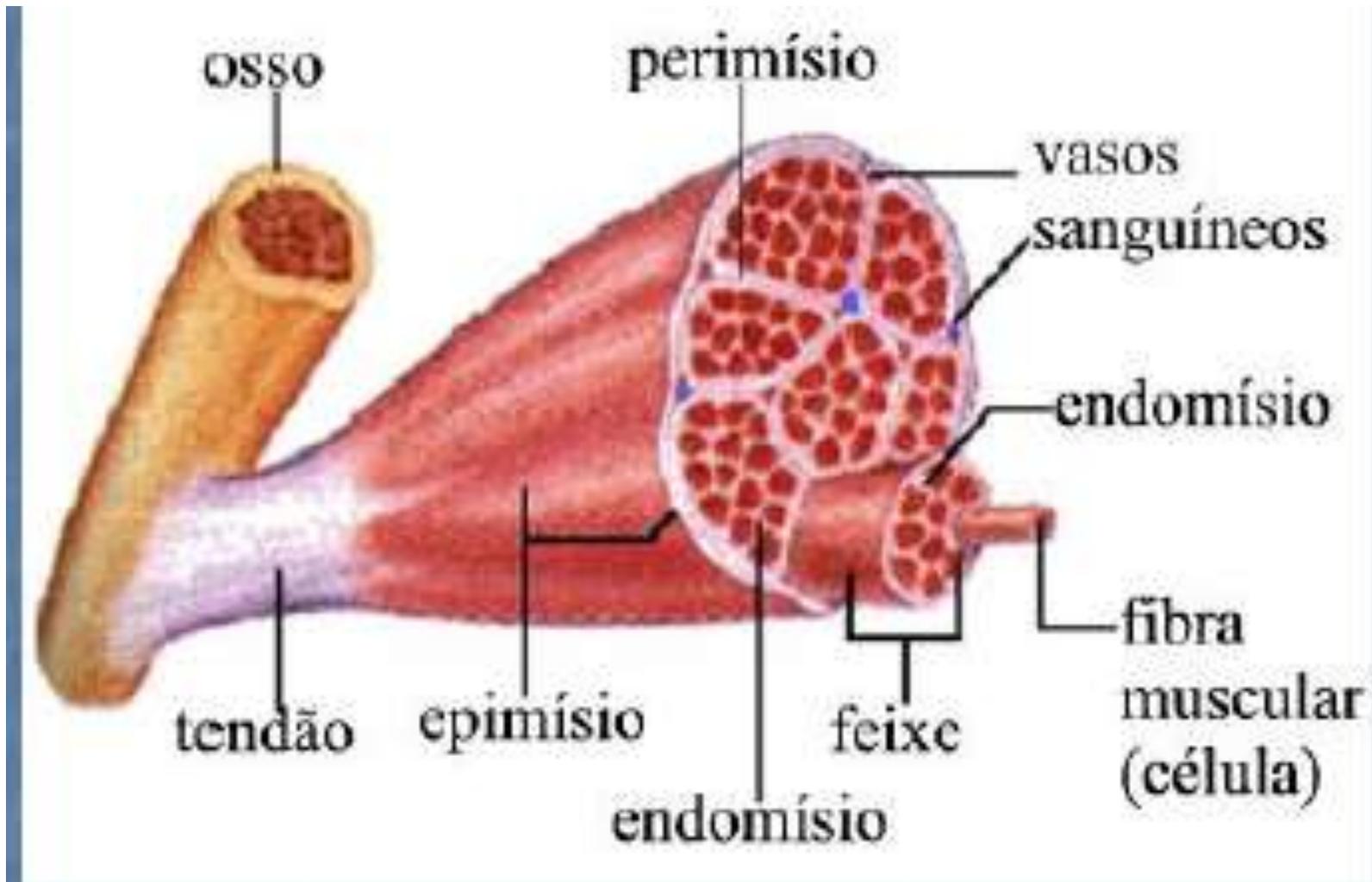
ou

Placa Motora

Series-Elastic Components



O Sistema Muscular se insere nos osso por meio de tecido conjuntivo



O Tecido Conjuntivo

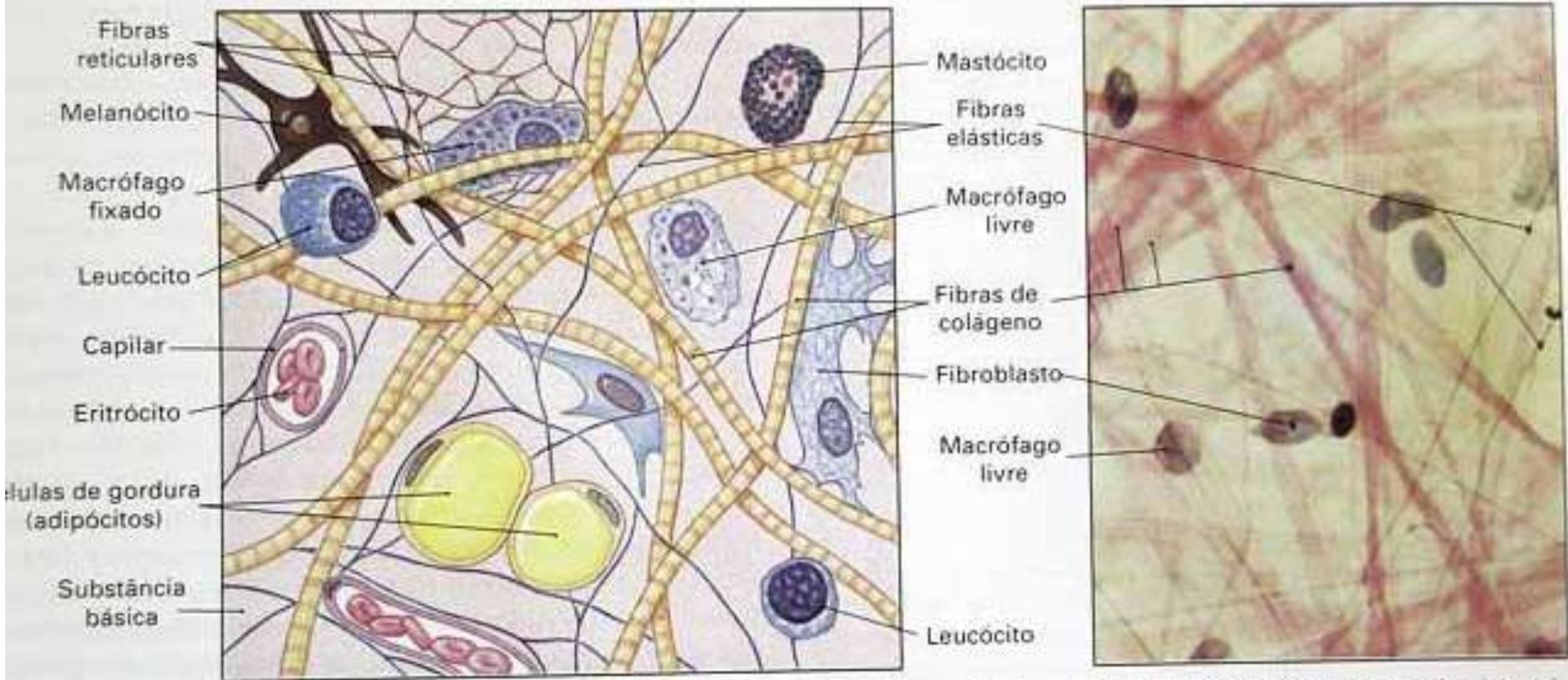


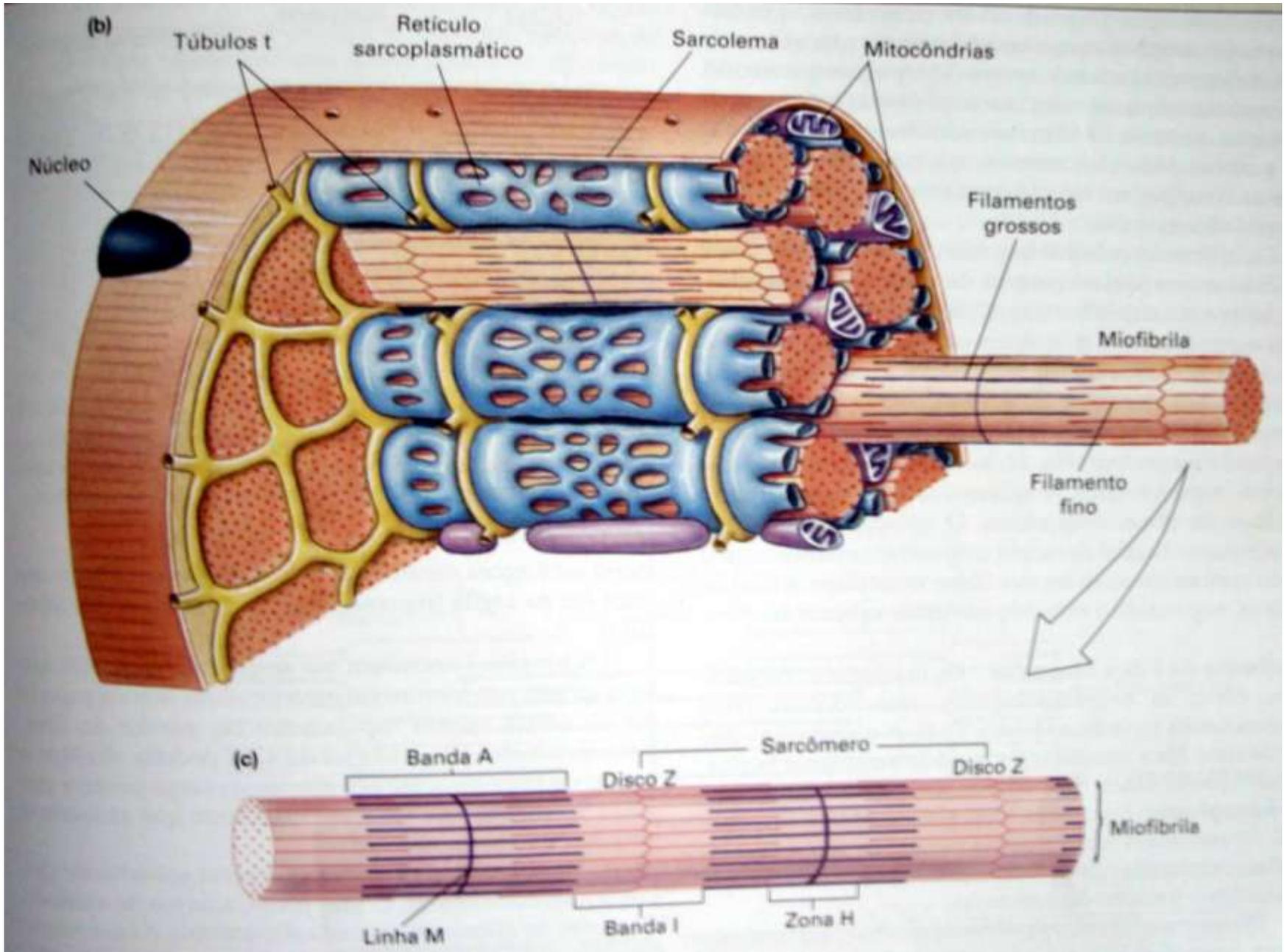
Figura 3-21 Células e fibras do tecido conjuntivo Esta figura representa um tecido conjuntivo frouxo típico com grandes áreas de matriz extracelular. As células denominadas fibroblastos são células do tecido conjuntivo que secretam fibras e glicoproteínas da matriz. Os macrófagos e os mastócitos são células que protegem o corpo contra a invasão de corpos estranhos, como as bactérias.

Organização da fibras no Músculo

- Num músculo, as fibras musculares são organizadas em feixes, sendo o conjunto envolvidos por uma camada de tec. Conjuntivo, o **EPIMÍCIO**, que recobre o músculo inteiro.
- Do epimísio partem finos septos de tec. Conjuntivo para o interior do músculo, separando os feixes e constituem o **PERIMÍCIO**.
- Por sua vez, cada fibra muscular, individualmente, é envolvida pelo **ENDOMÍCIO**, que é formado pela lâmina basal da fibra muscular, associada a fibras reticulares. O Endomísio é constituído principalmente por *fibroblastos*.

- O tecido conjuntivo mantém as fibras musculares unidas, permitindo que a força de contração gerada por cada fibra individualmente atue sobre o músculo inteiro
- É também por intermédio do tec. Conjuntivo que a Força de contração muscular se transmite a outras estruturas como tendões e ossos

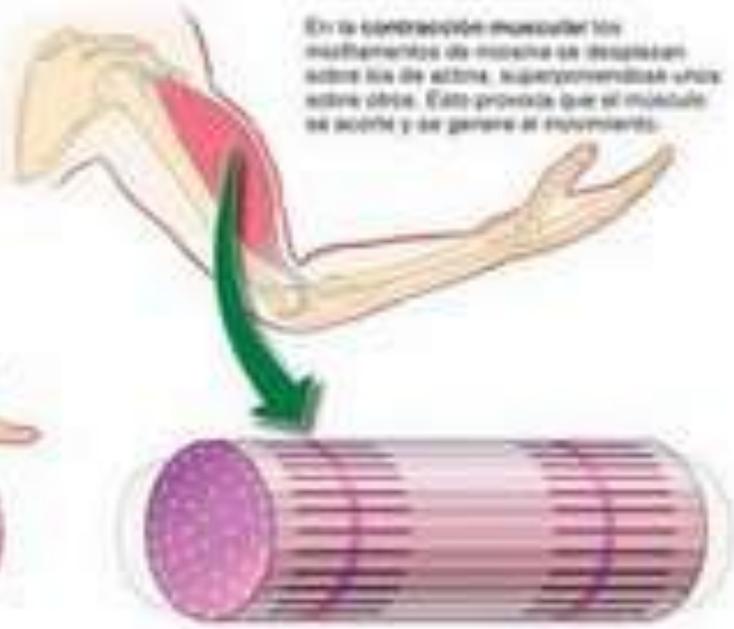
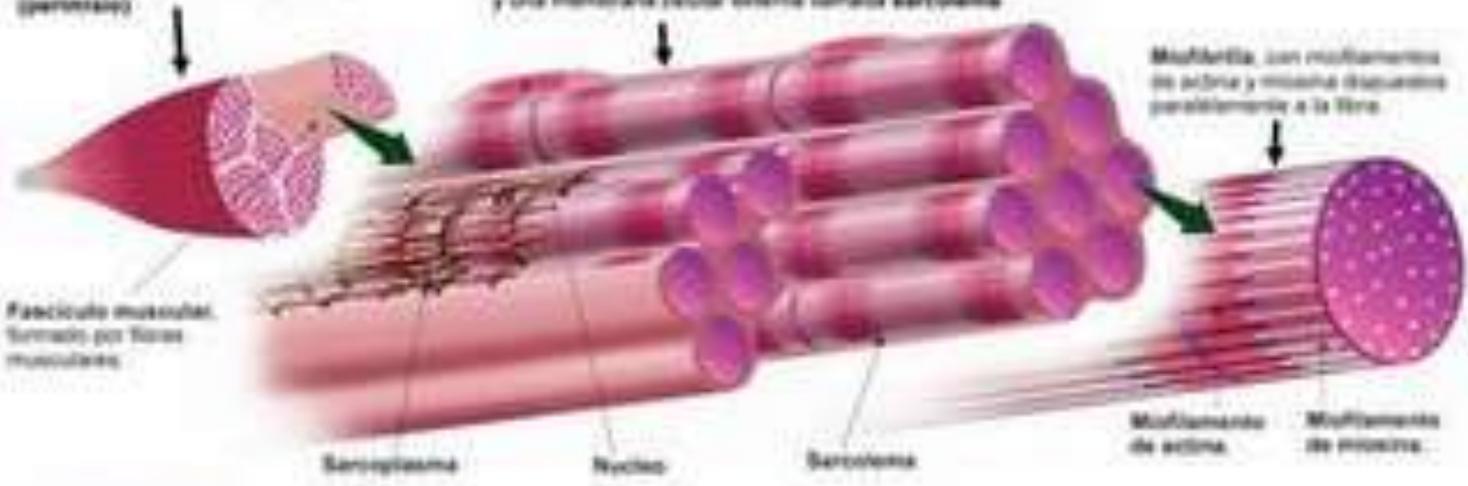
AS MIOFIBRILAS



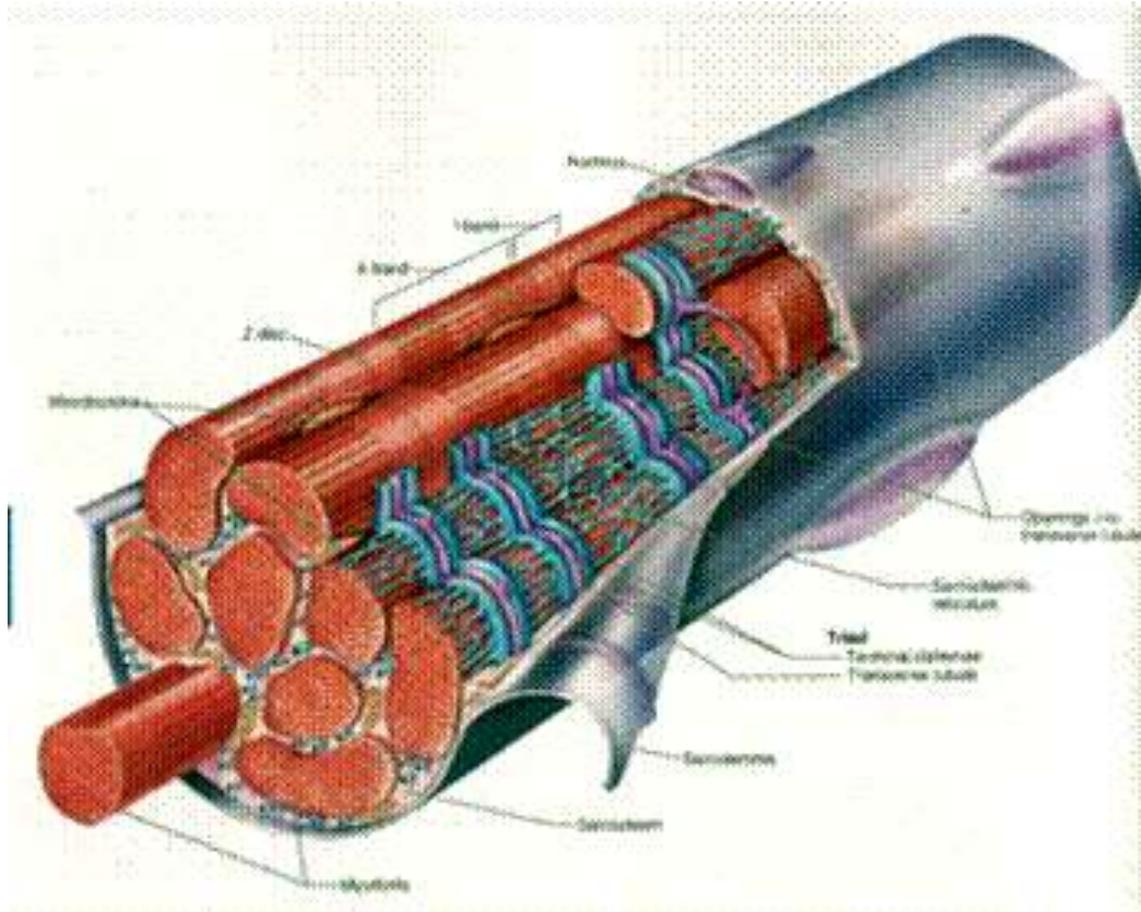
Músculo estriado:

Esta formado por miles de fibras musculares asociadas formando fascículos musculares que están rodeados por tejido conectivo (perimisio)

Fibra muscular. Corresponde a una célula muscular. Presenta más de un milar de miofibrilas, muchos núcleos, un retículo endoplasmático muy desarrollado, el sarcoplasma y una membrana celular externa llamada sarcolema.

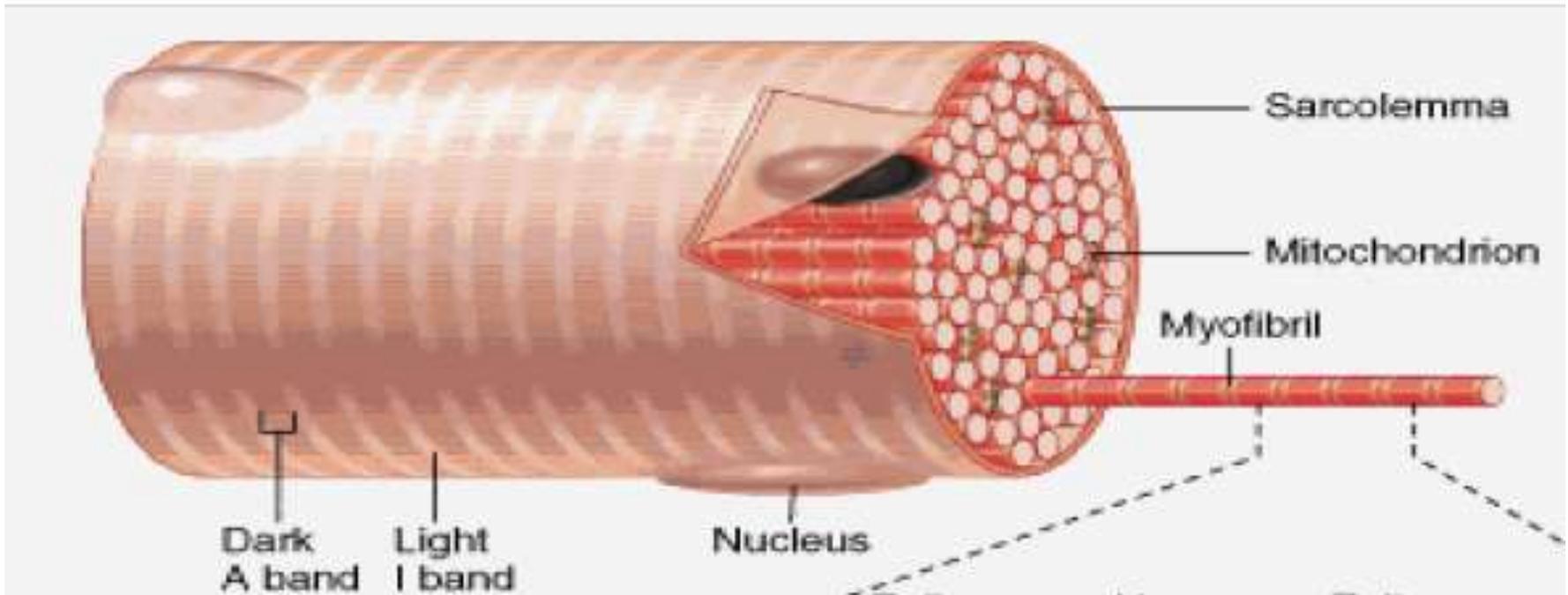


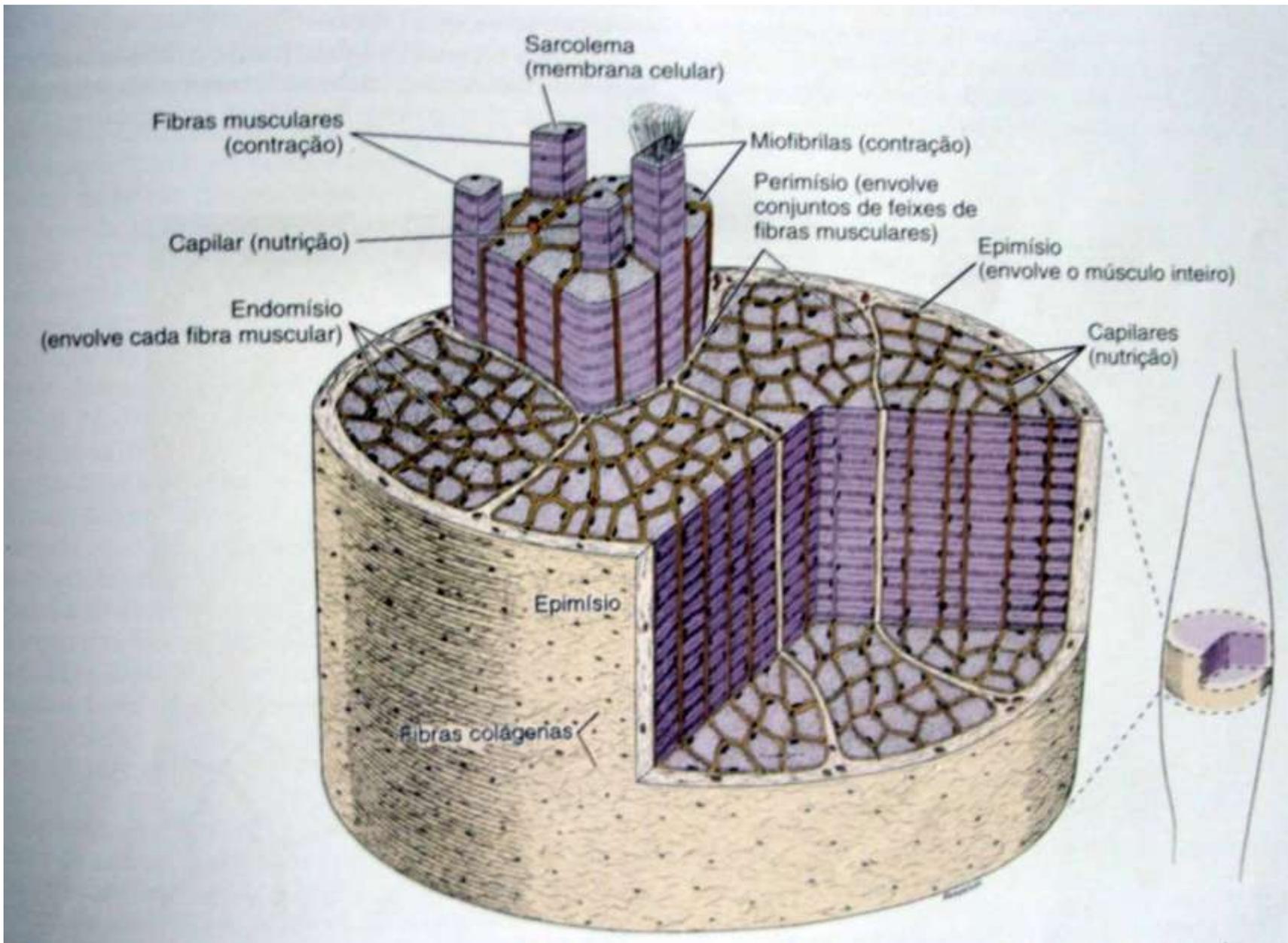
São organizadas por sarcômeros que se repetem e se organizam paralelamente e simétricamente



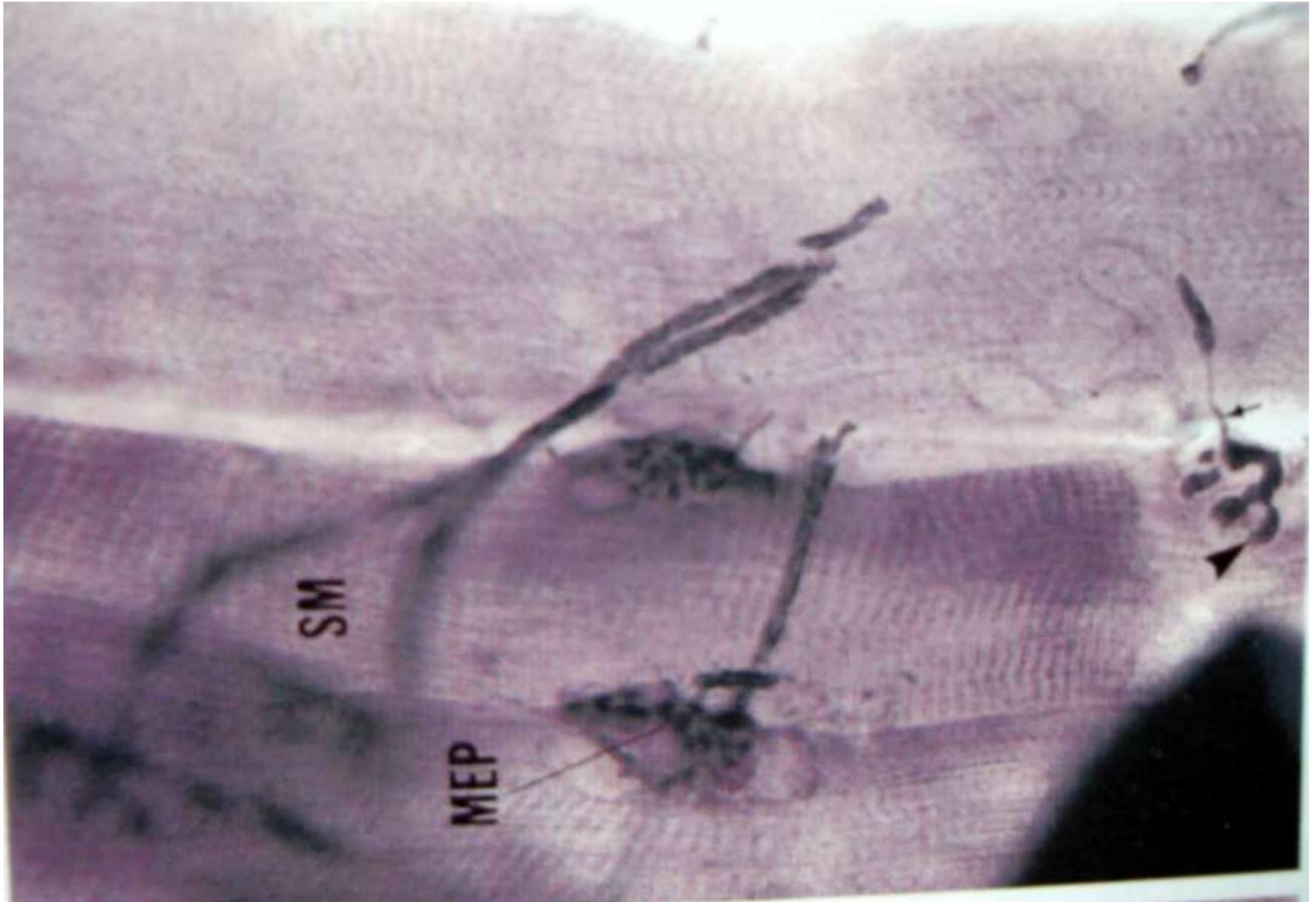
O Retículo Sarcoplasmático e os Túbulos T envolvem todas as Miofibrilas

Distribuição de Organelas na Fibra Muscular





JUNÇÃO NEUROMUSCULAR OU PLACA MOTORA





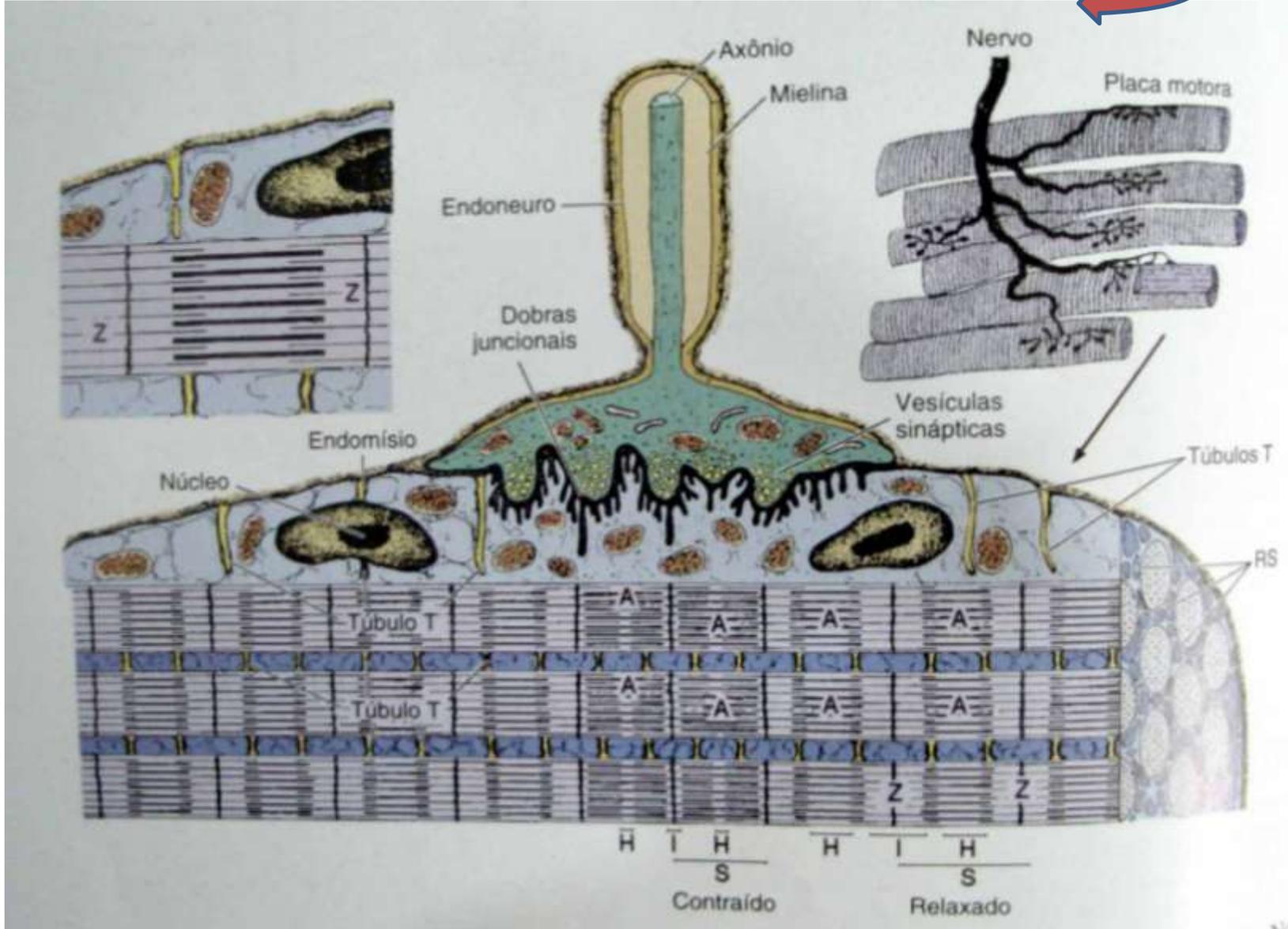
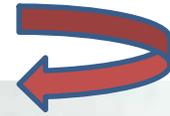
Junção Mioneural

(Microscopia Eletrônica de Varredura)

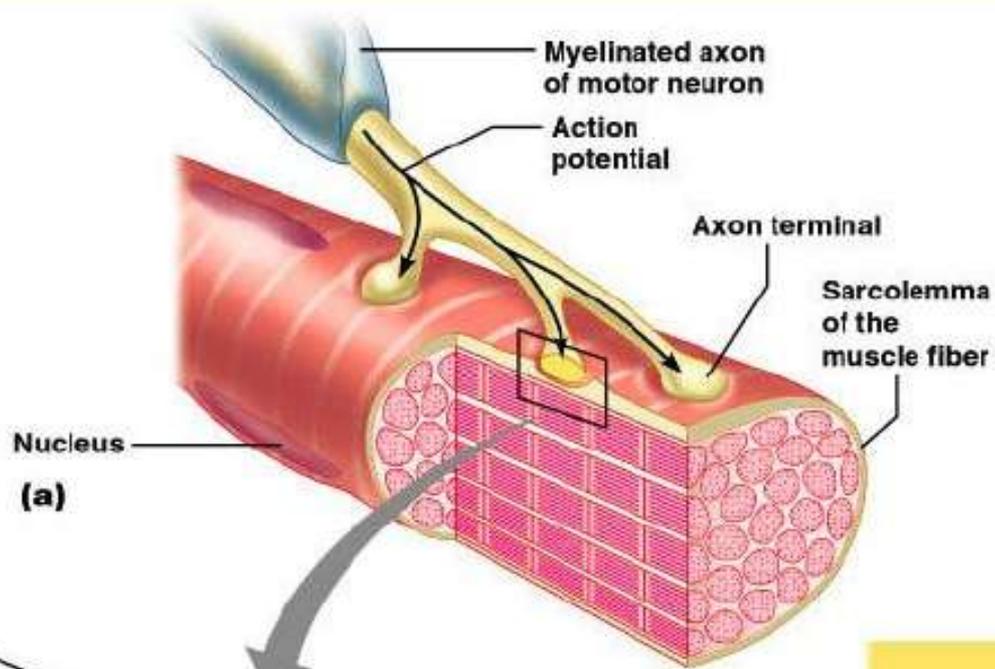
A UNIDADE MOTORA:

É constituída pelas fibras musculares inervadas por um único nervo.

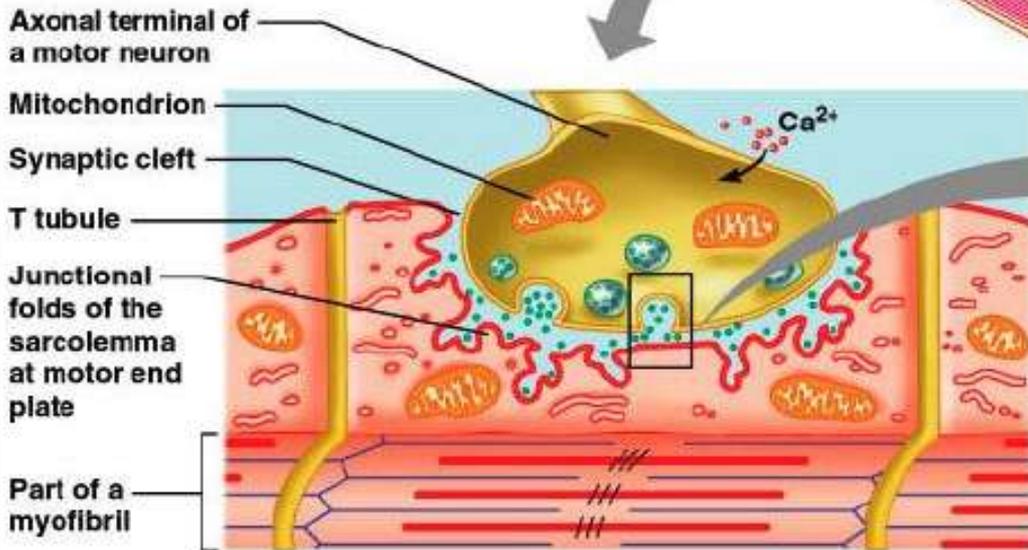
Unidade Motora



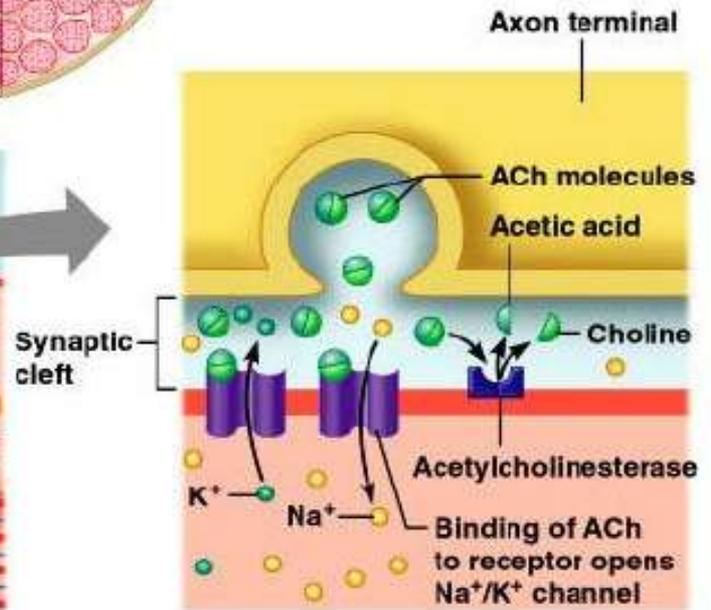
A SINAPSE MOTORA



(a)

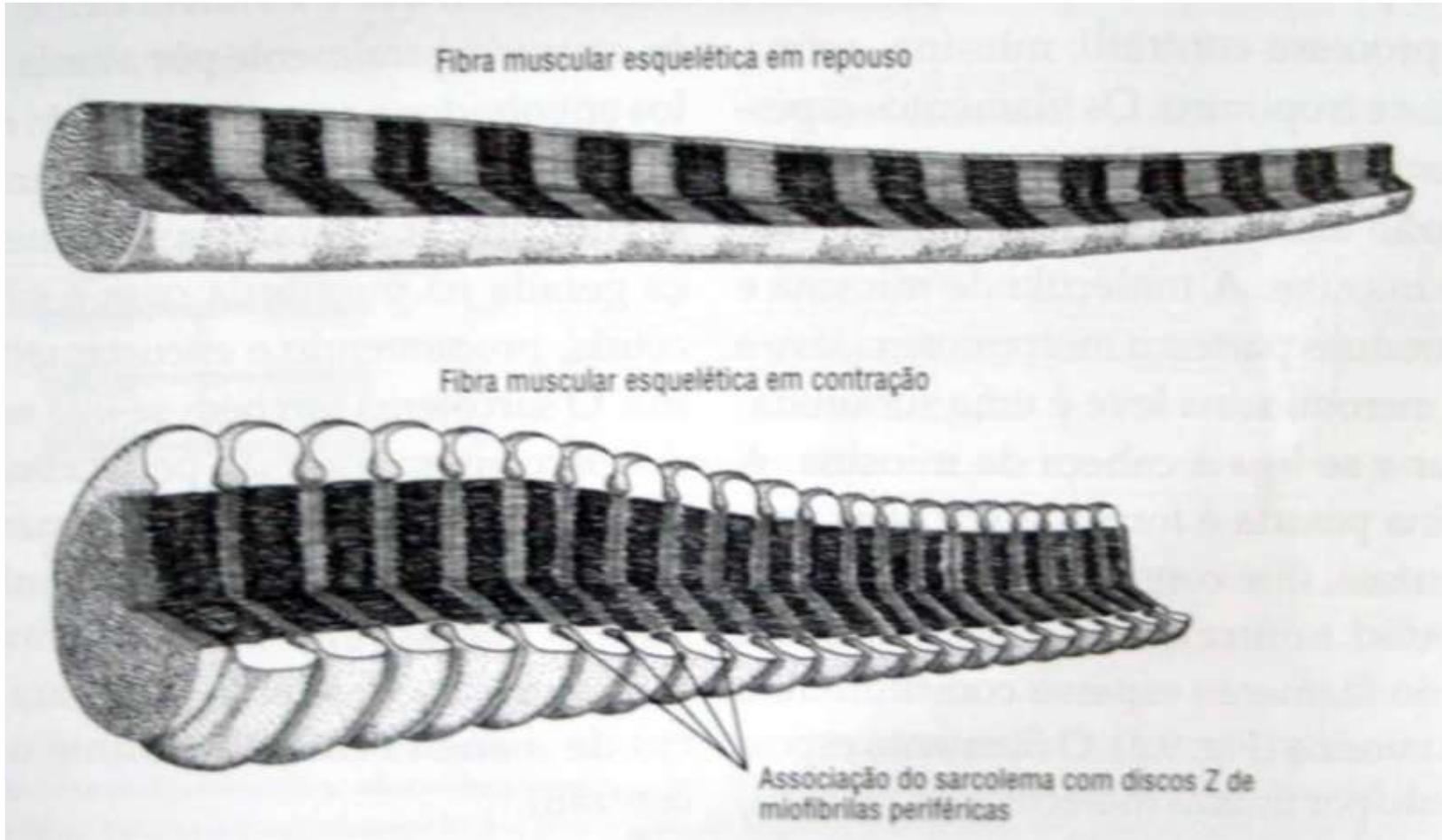


(b)

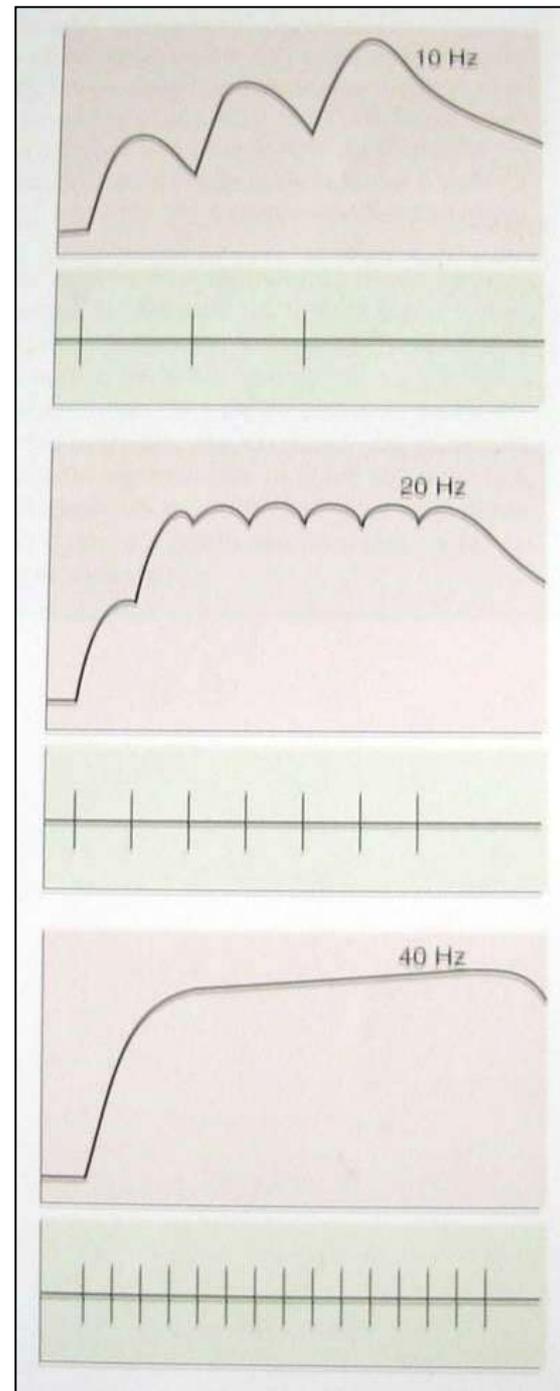
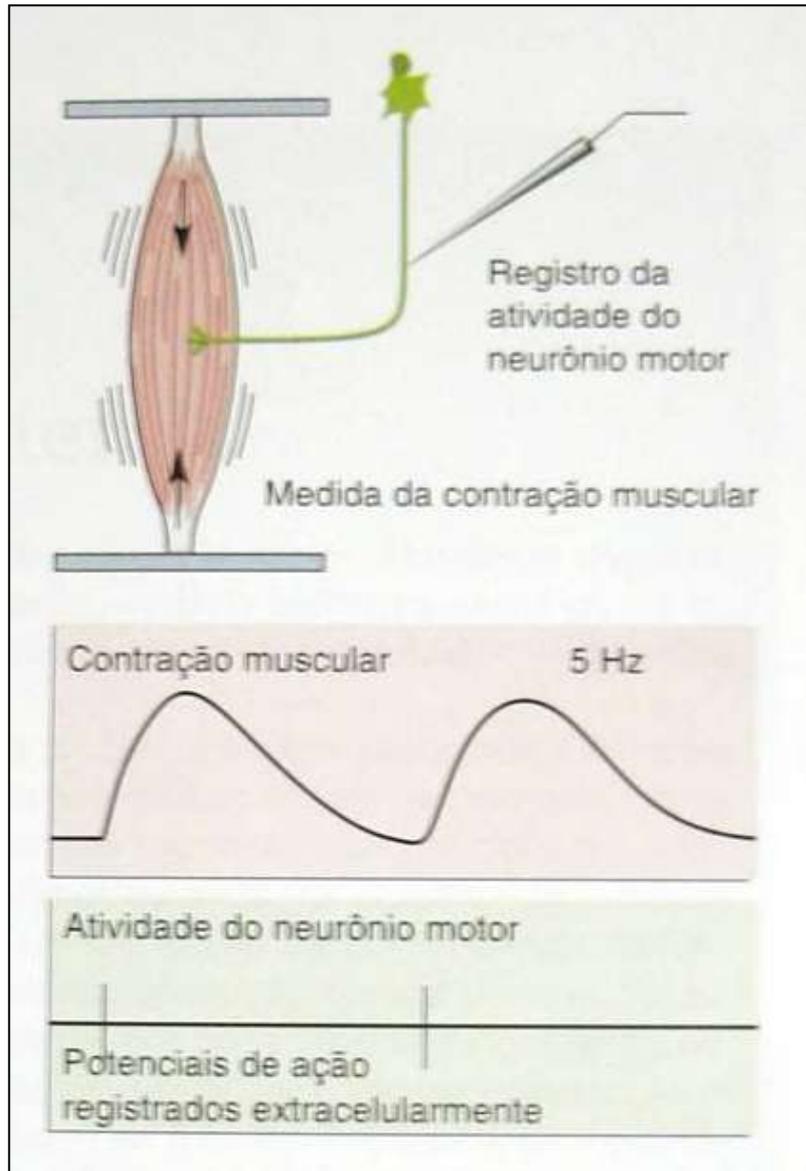


(c)

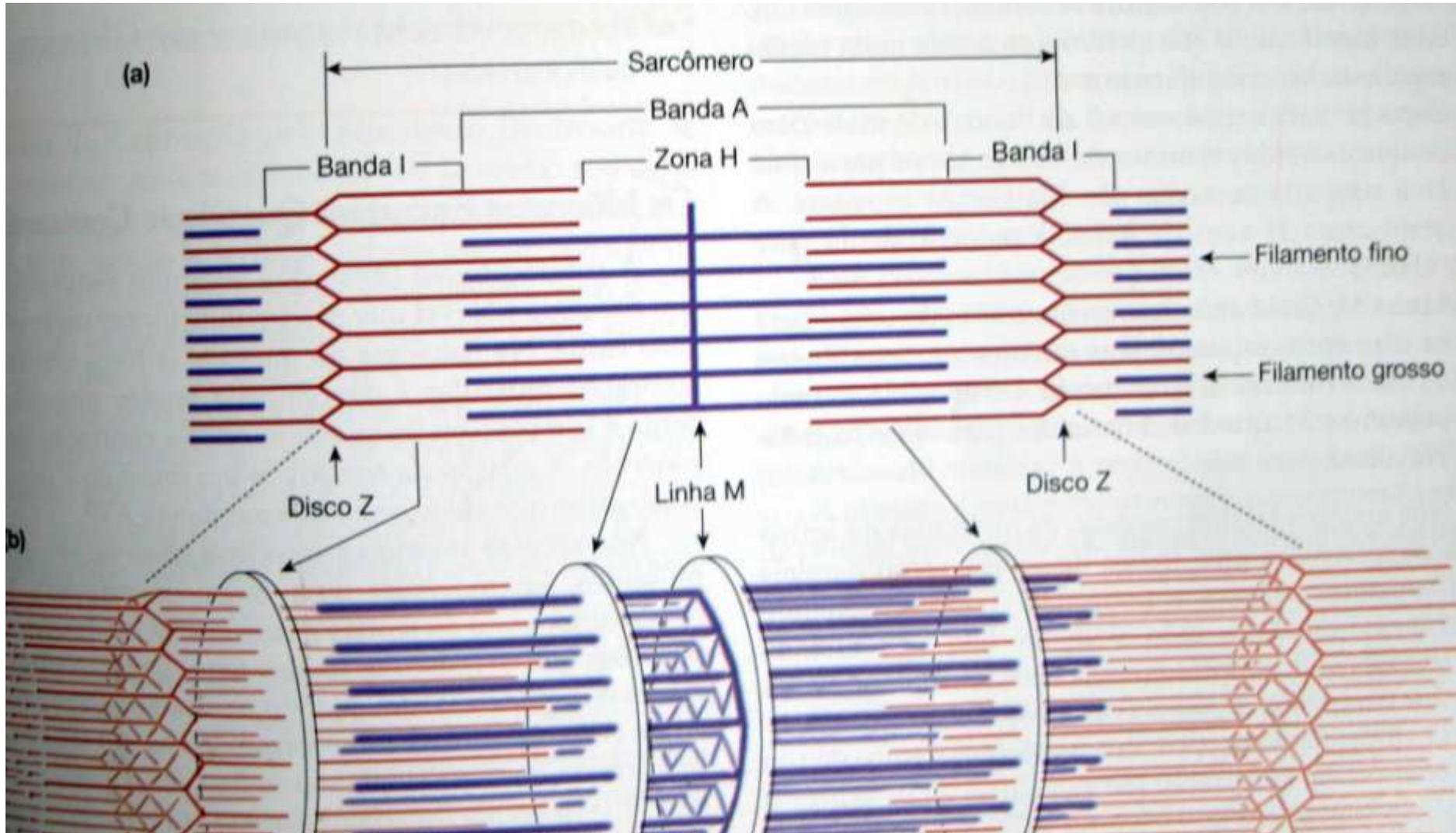
A Contração Muscular

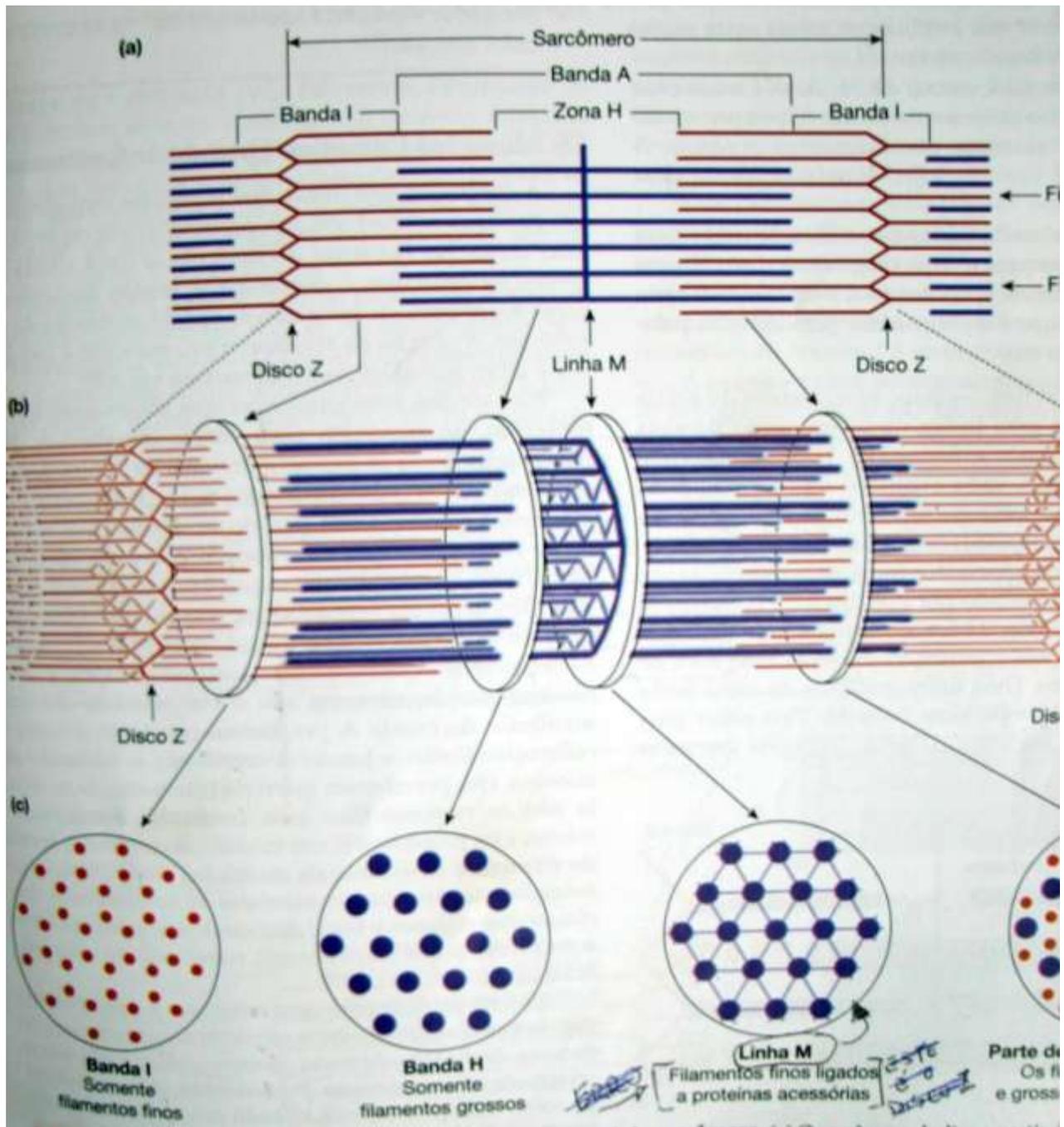


O potencial de ação do M. Esquelético é do tipo Somatório



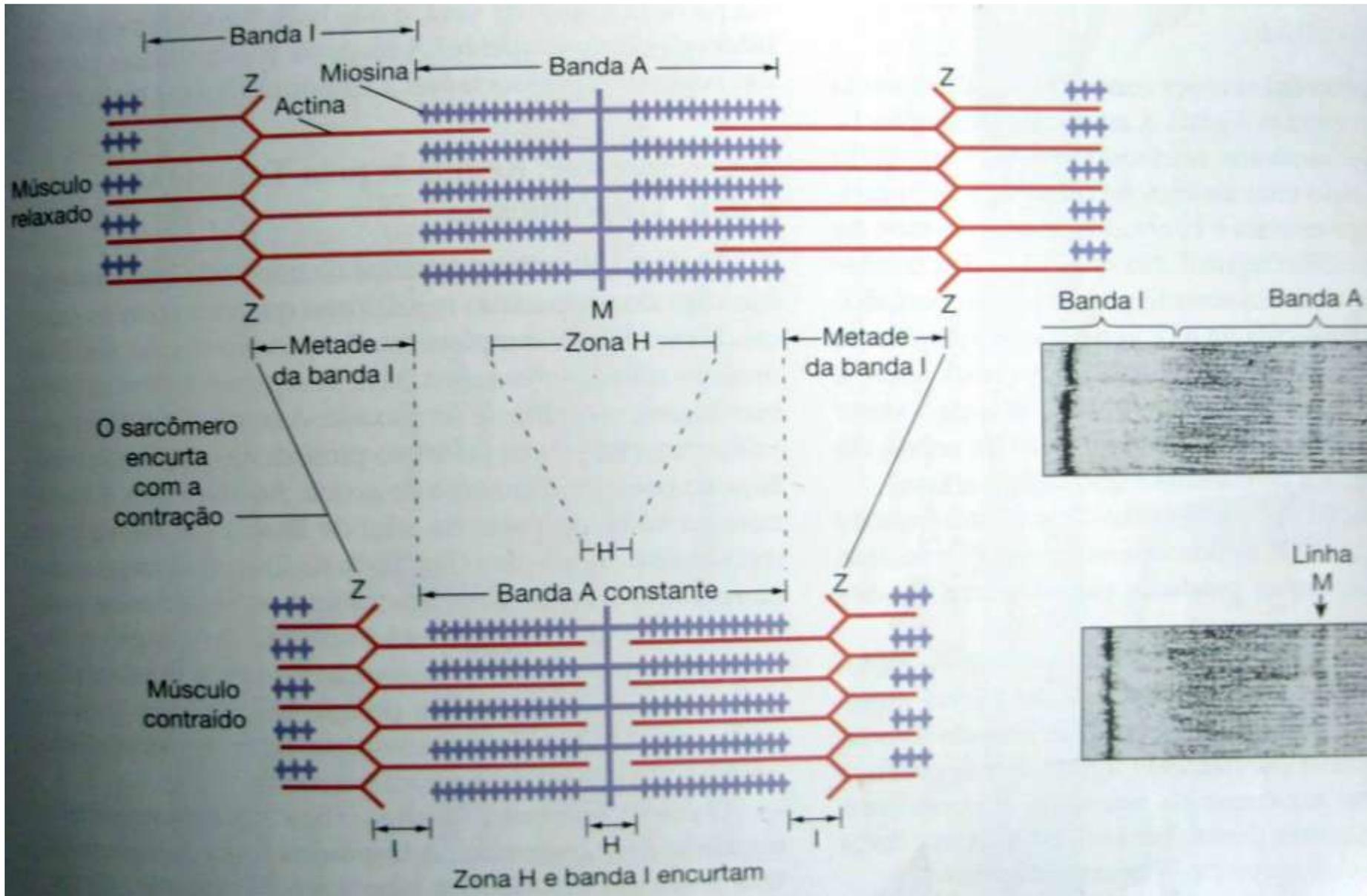
O SARCÔMERO



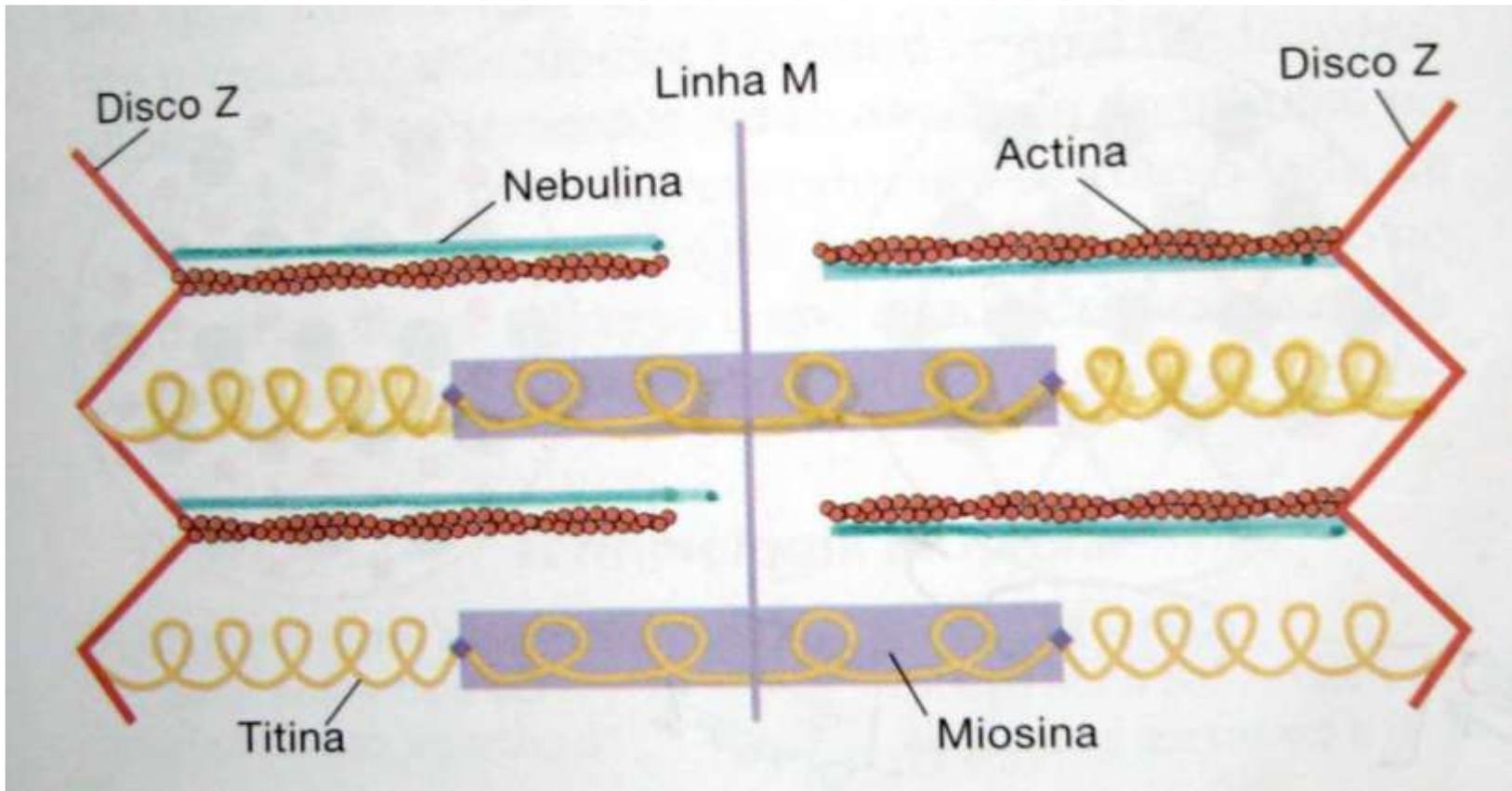


ORGANIZAÇÃO DOS FILAMENTOS NAS MIOFIBRILAS

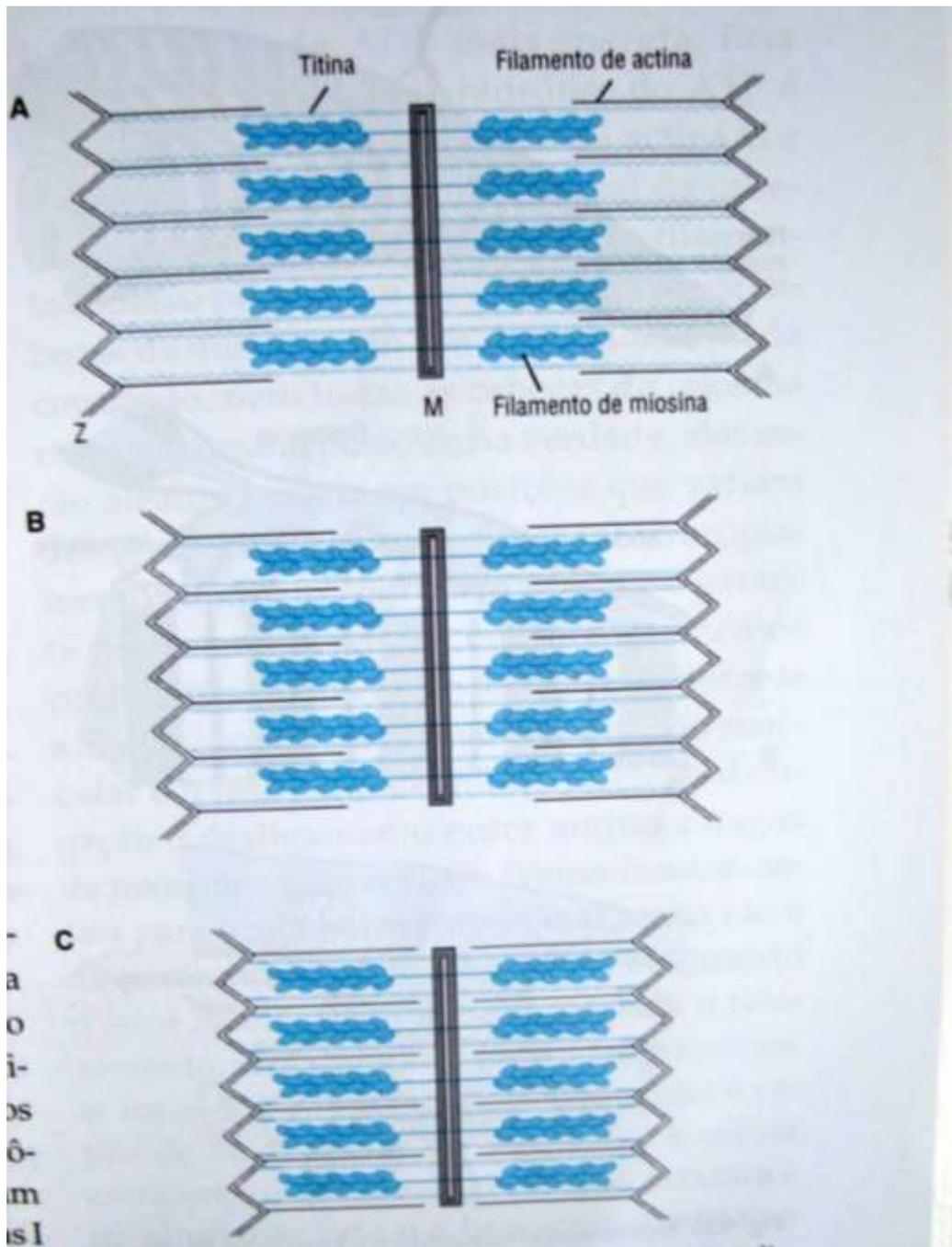
Encurtamento do Sarcômero



A TITINA e a NEBULINA: Proteínas estruturais auxiliares do Músculo



■ **Figura 12-6 A titina e a nebulina** A titina cobre a distância do disco Z até a próxima linha M. Seu componente elástico auxilia o retorno do sarcômero à posição de repouso. A titina e a nebulina, que é um composto não elástico, estabilizam os filamentos dentro do sarcômero.



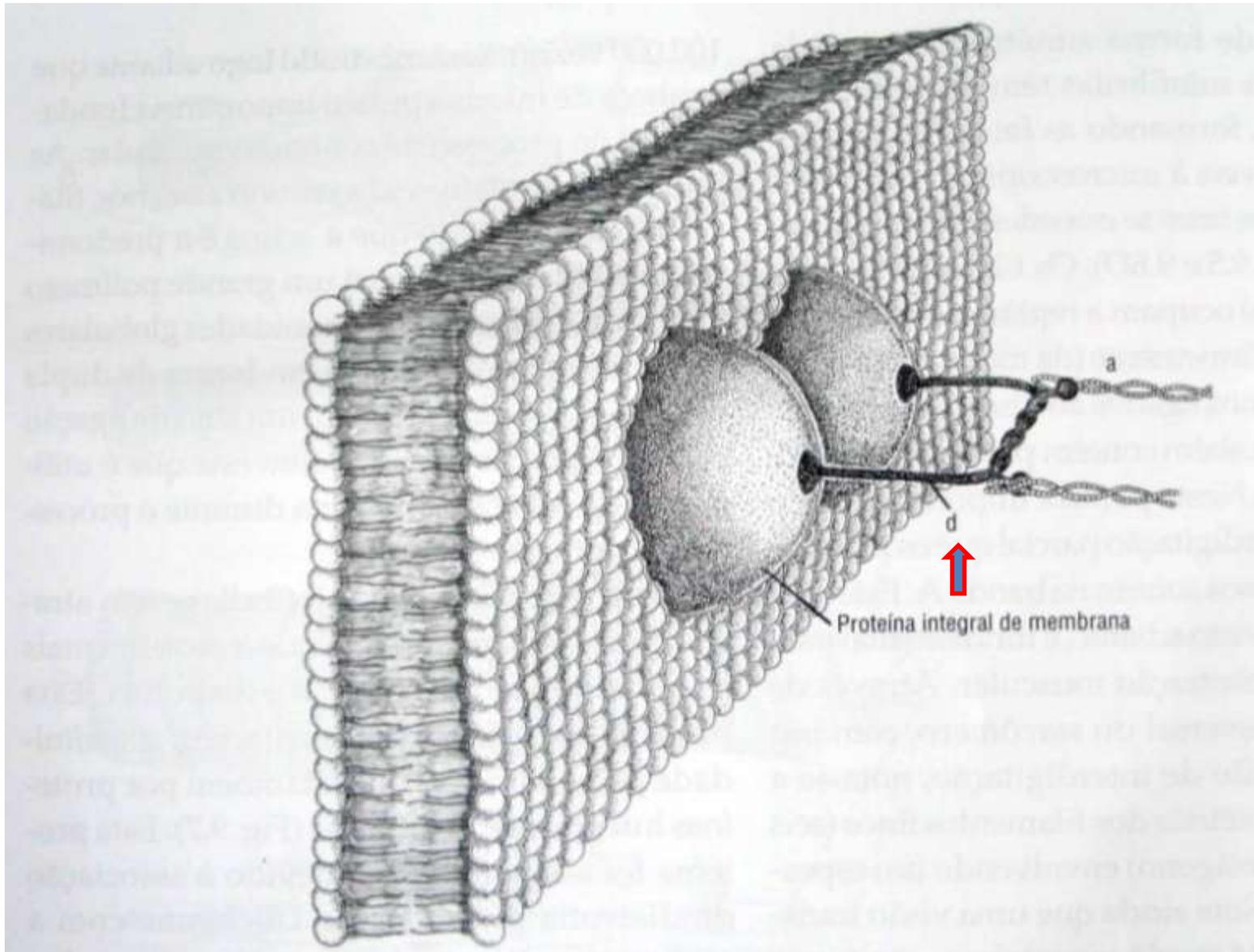
Representação esquemática de um sarcômero em diferentes graus de encurtamento:

- A) Relaxamento
- B) Em contração parcial
- C) Em contração total

Observar a Proteína

TITINA

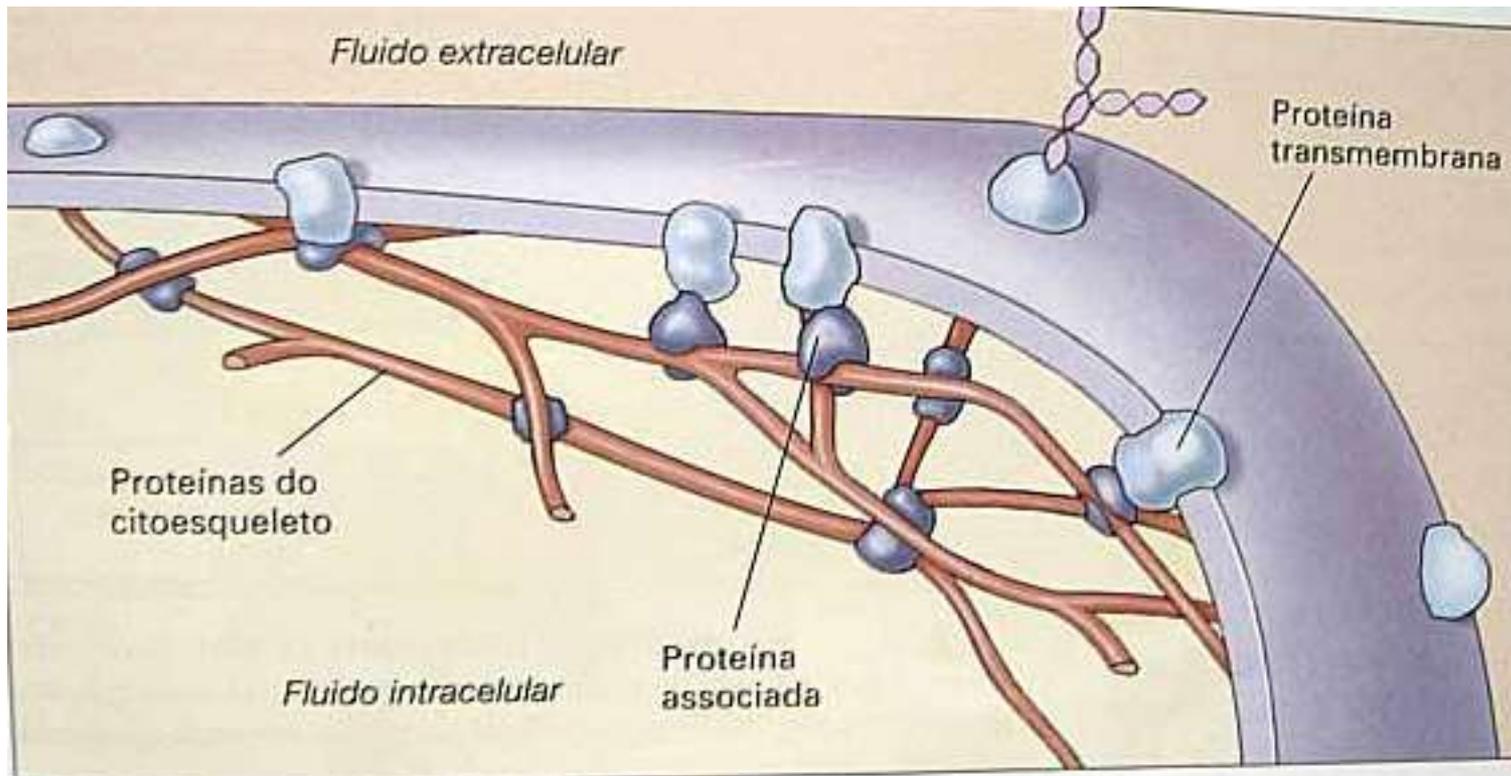
Representação esquemática do ancoramento das miofibrilas no sarcolema. Os filamentos de actina terminal se ligam à proteína **DISTROFINA**



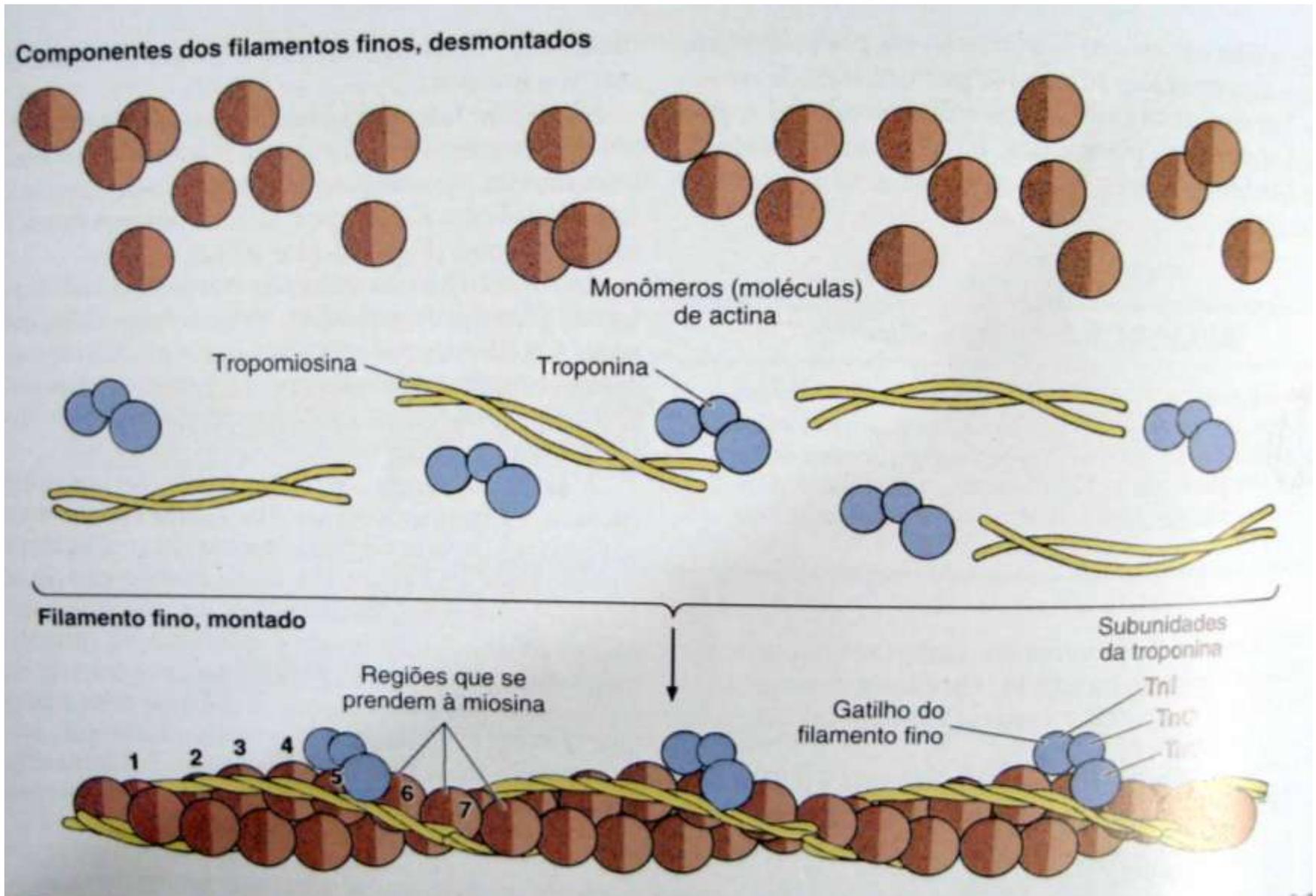
a) Actina

d) DISTROFINA

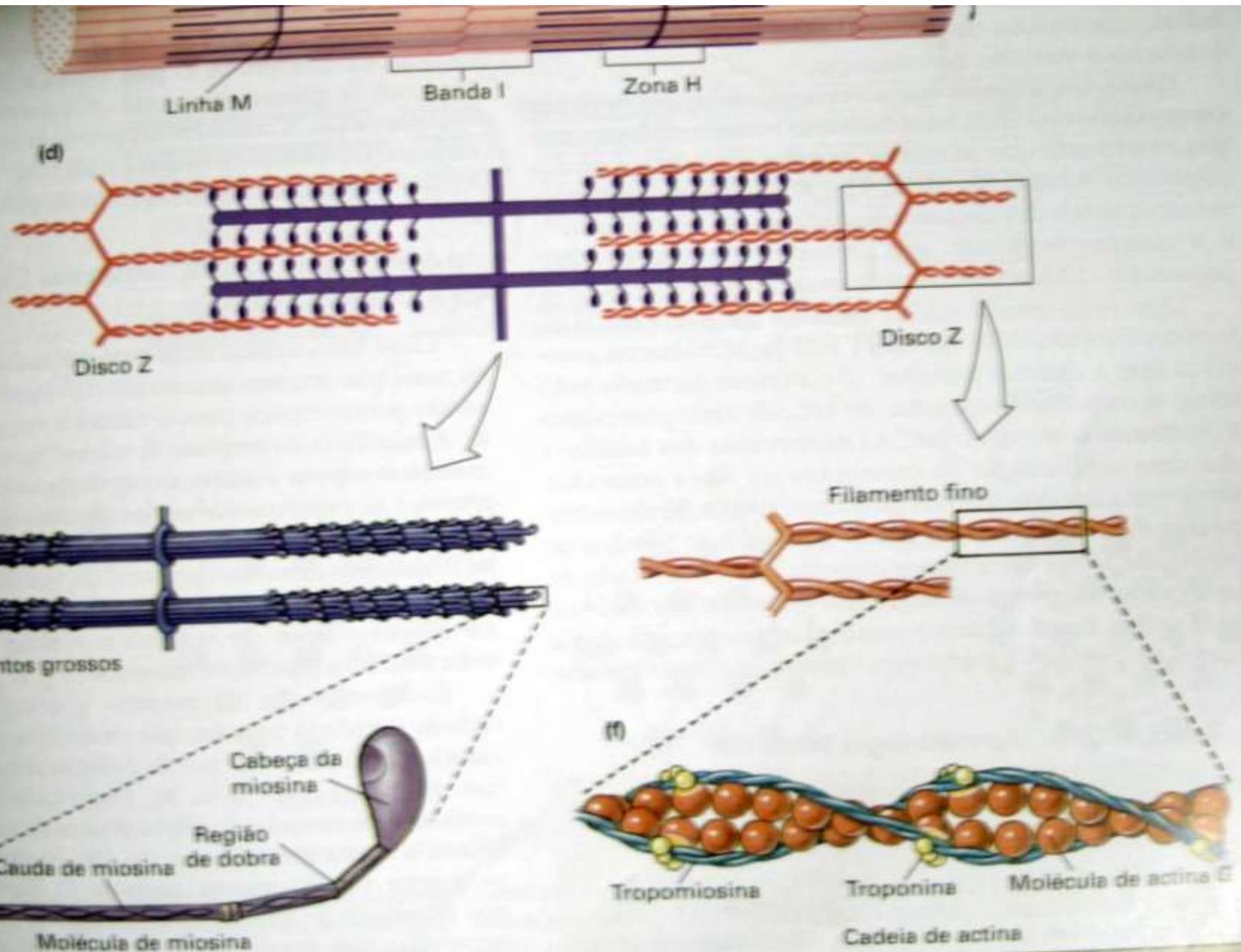
Citoesqueleto celular – fibras de colágeno

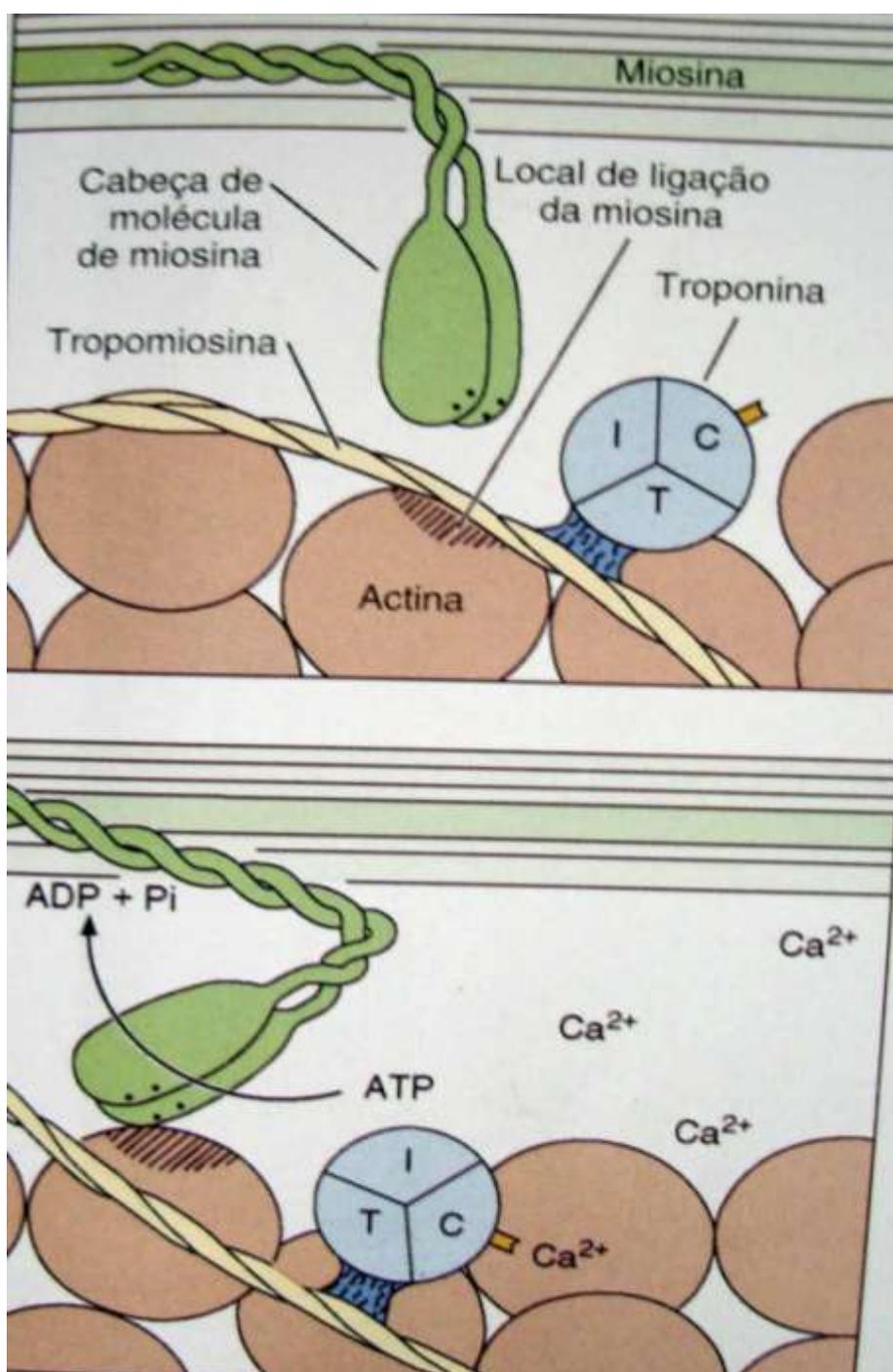


Filamentos de Actina (G e F)



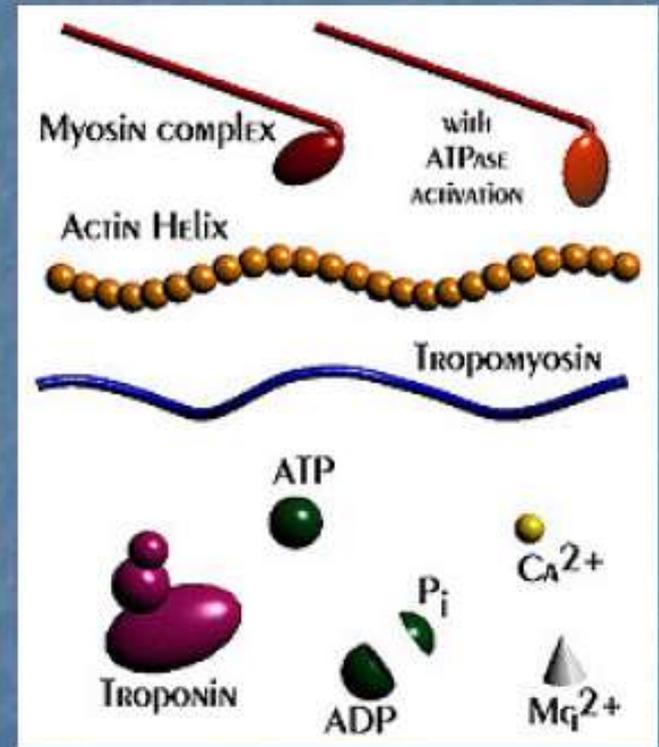
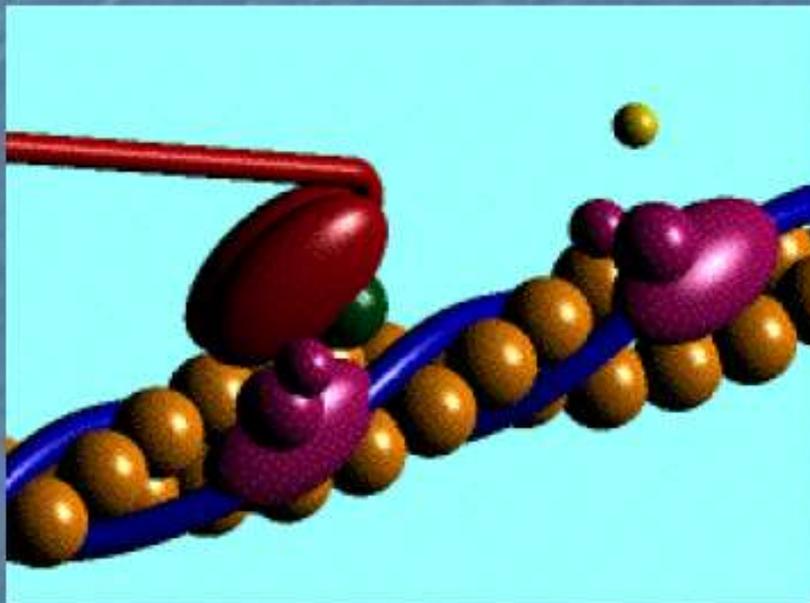
A MIOSINA possui as pontes transversas



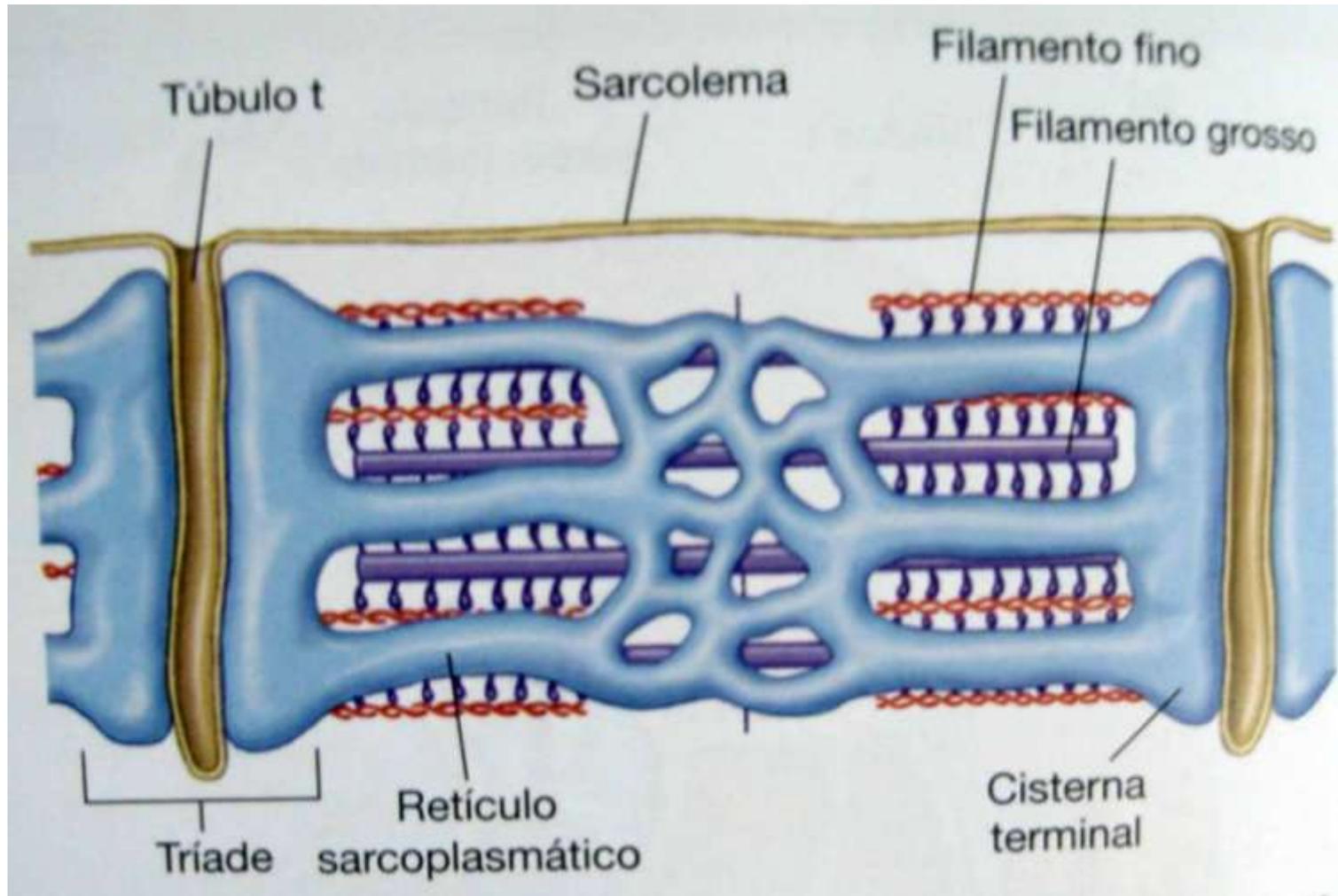


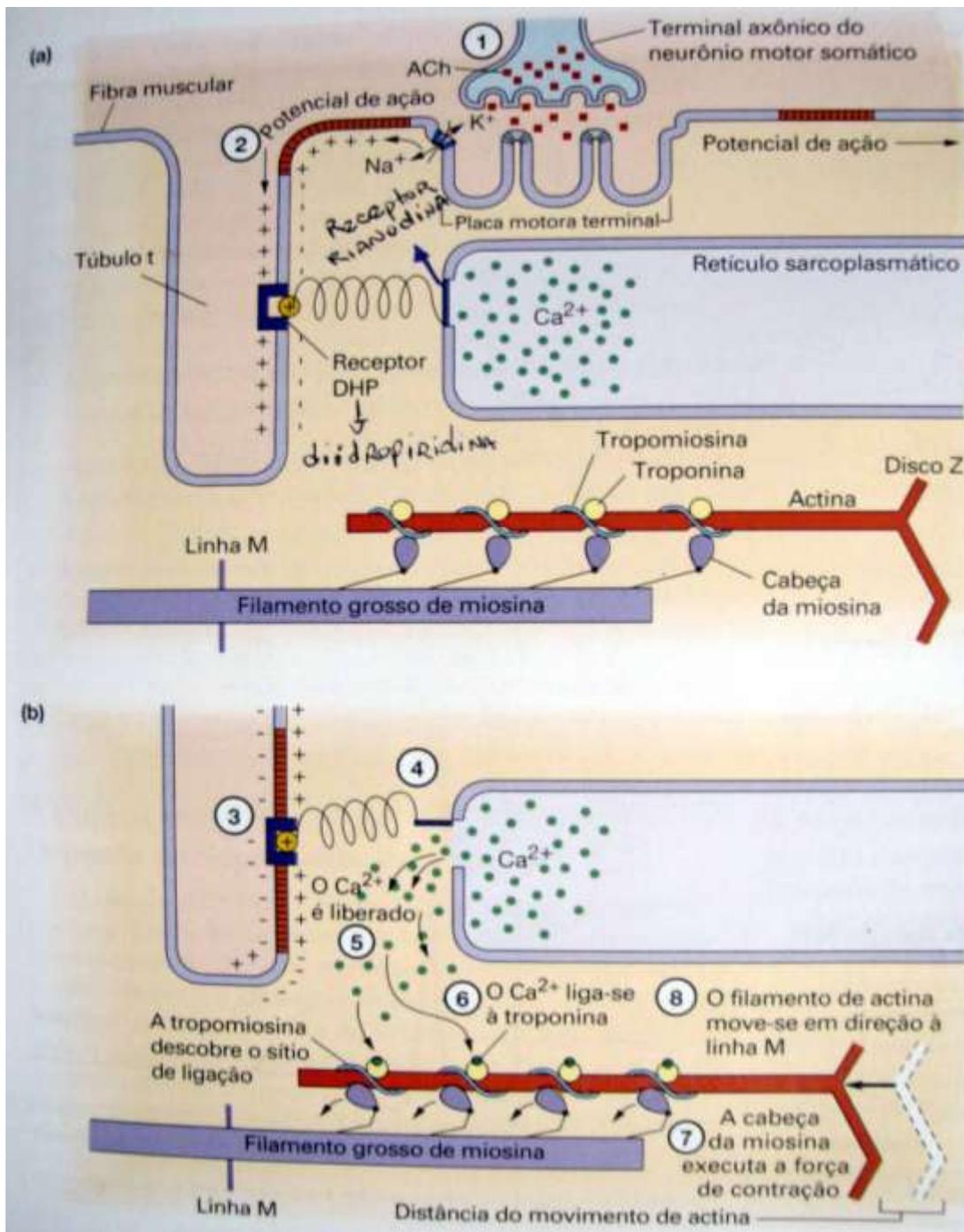
Comportamento da Ponte Transversa na Contração Muscular

Mecanismo da Contração Muscular



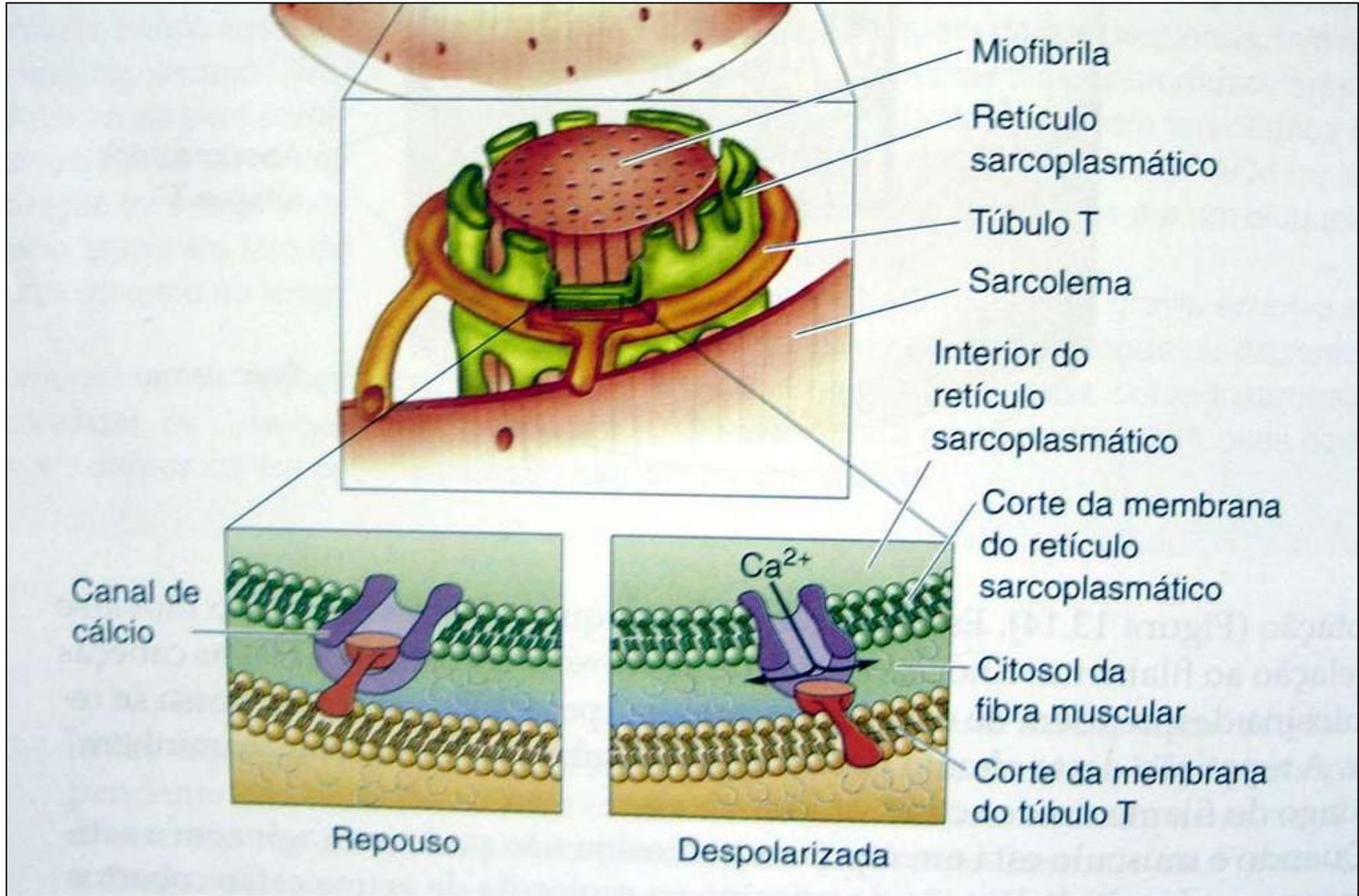
Tríade: Retículo Sarcoplasmático + Túbulo T + Ret. Sarcoplasmático



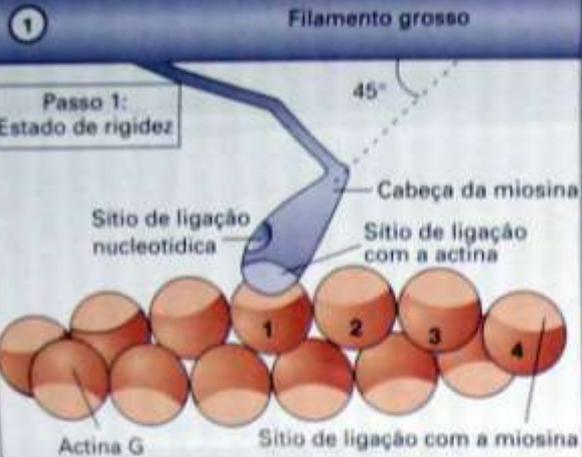


Ativação do Receptor **DHP Diidropiridina** com consequente abertura do canal de Cálcio do Reticulo Sarcoplasmático, por ativação do **Receptor de Rianodina**.

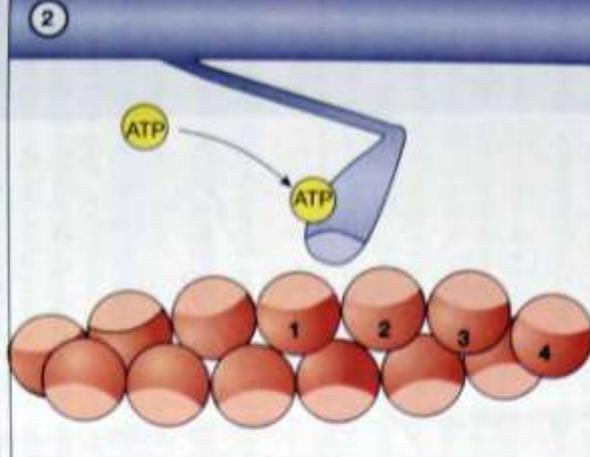
Este processo é decorrente do potencial de ação que se desenvolve pelo **Túbulo T**



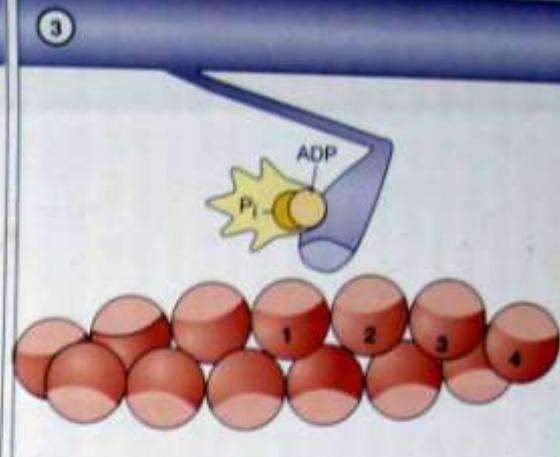
A ligação próxima no estado de rigidez. Existe uma ponte cruzada em um ângulo de 45° em relação aos filamentos.



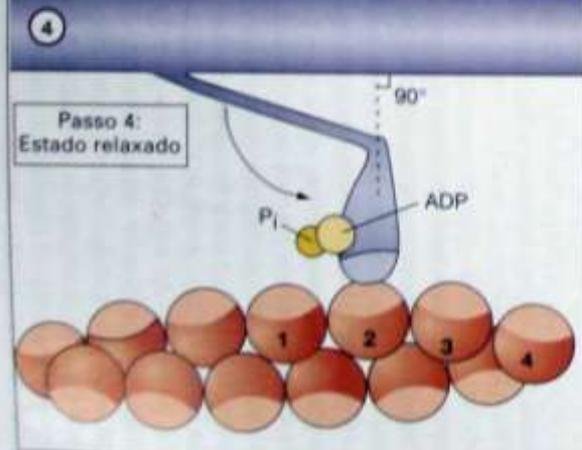
O ATP liga-se ao sítio de ligação do nucleotídeo na molécula de miosina. A miosina, então, dissocia-se da actina.



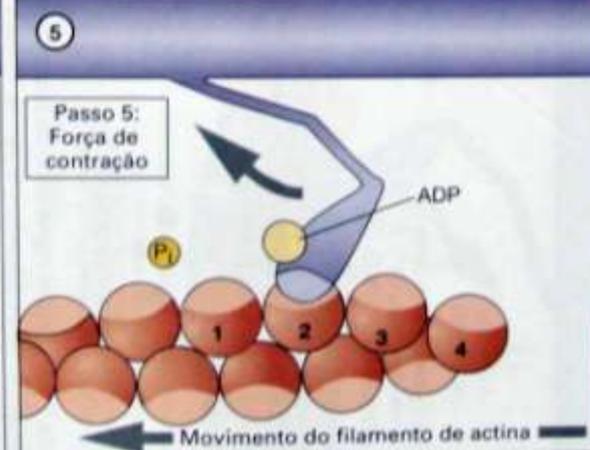
A atividade de ATPase da miosina hidrolisa o ATP em uma molécula de ADP e fosfato inorgânico. Ambos os produtos permanecem ligados à miosina.



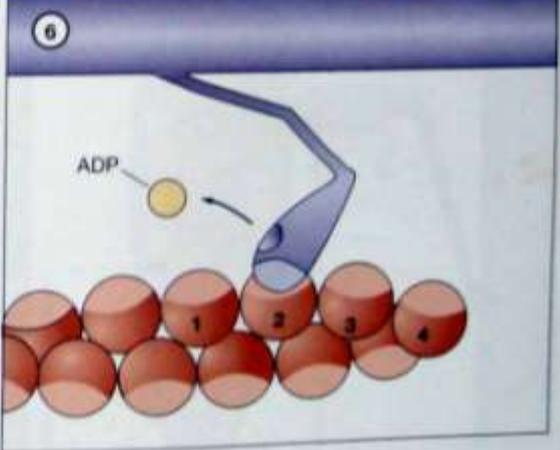
A cabeça da miosina move-se e liga-se fracamente a uma nova molécula de actina. A ponte cruzada agora fica em um ângulo de 90° em relação aos filamentos.



A liberação do P_i inicia a força de contração. No início do movimento, a cabeça da miosina curva-se nela própria, empurrando o filamento associado de actina.

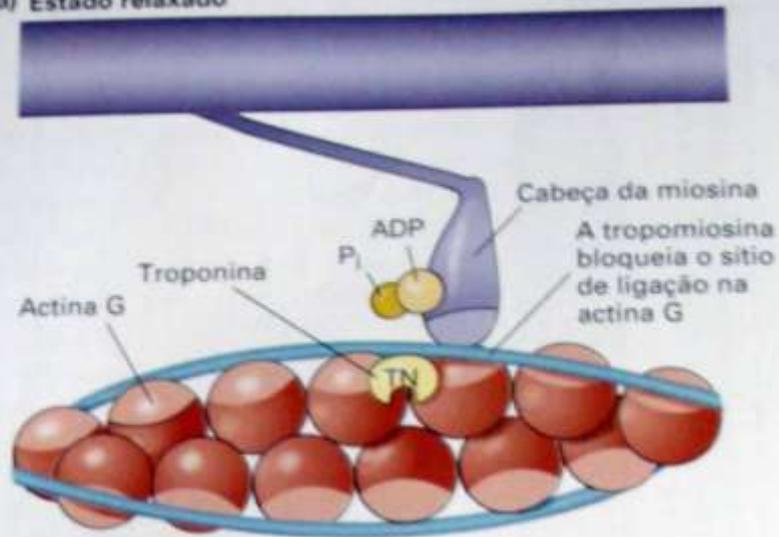


No final da força de contração, a cabeça da miosina libera o ADP e reassume a forma que tinha no estado de rigidez.

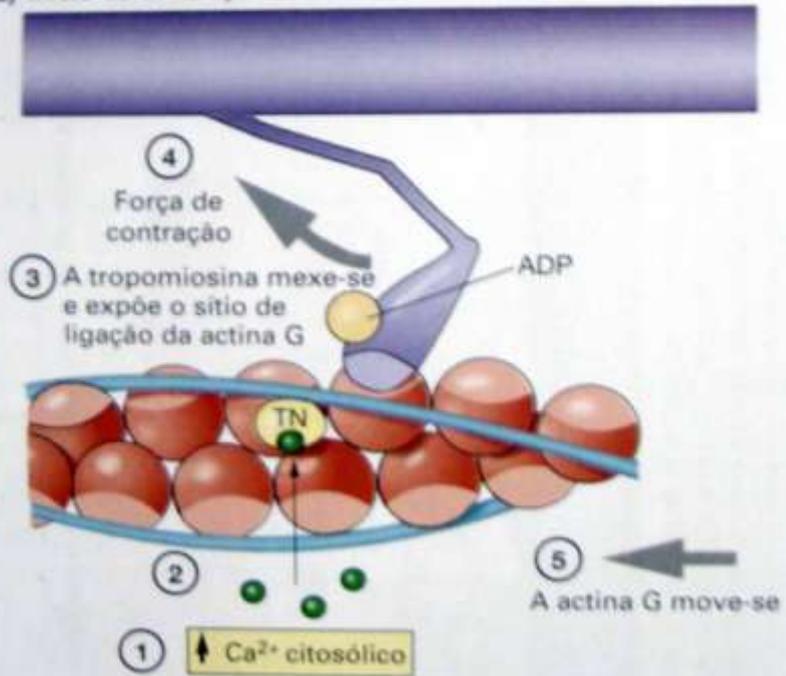


■ Figura 12-8 A base molecular da contração muscular

(a) Estado relaxado



(b) Início da contração

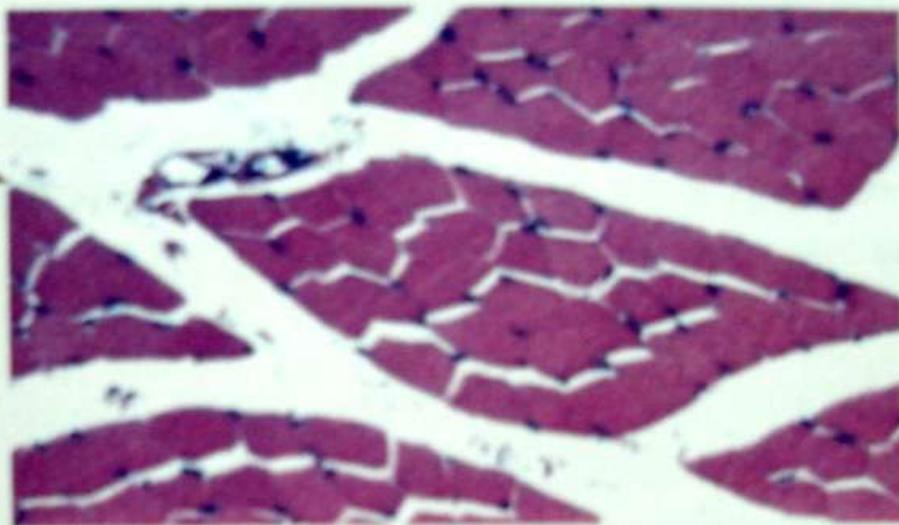


Papel Regulatório da Tropomiosina e Troponina

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

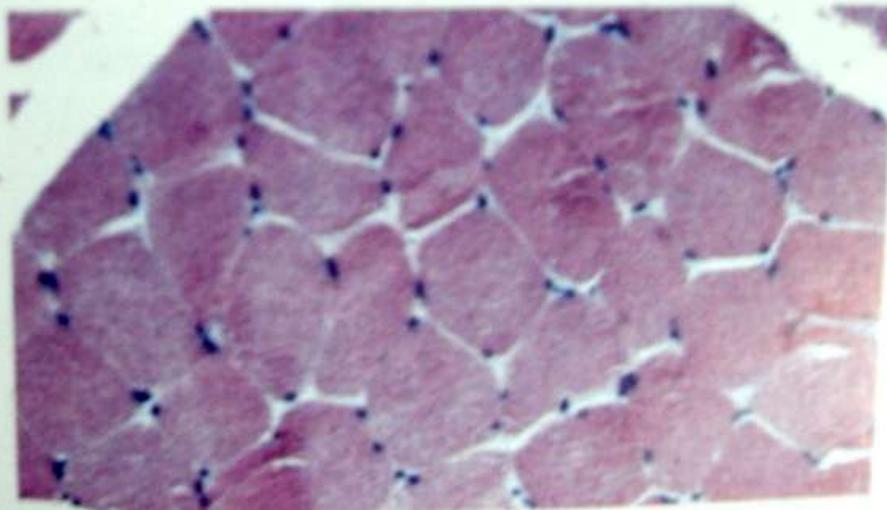
**Fibras musculares oxidativas
de contração lenta**

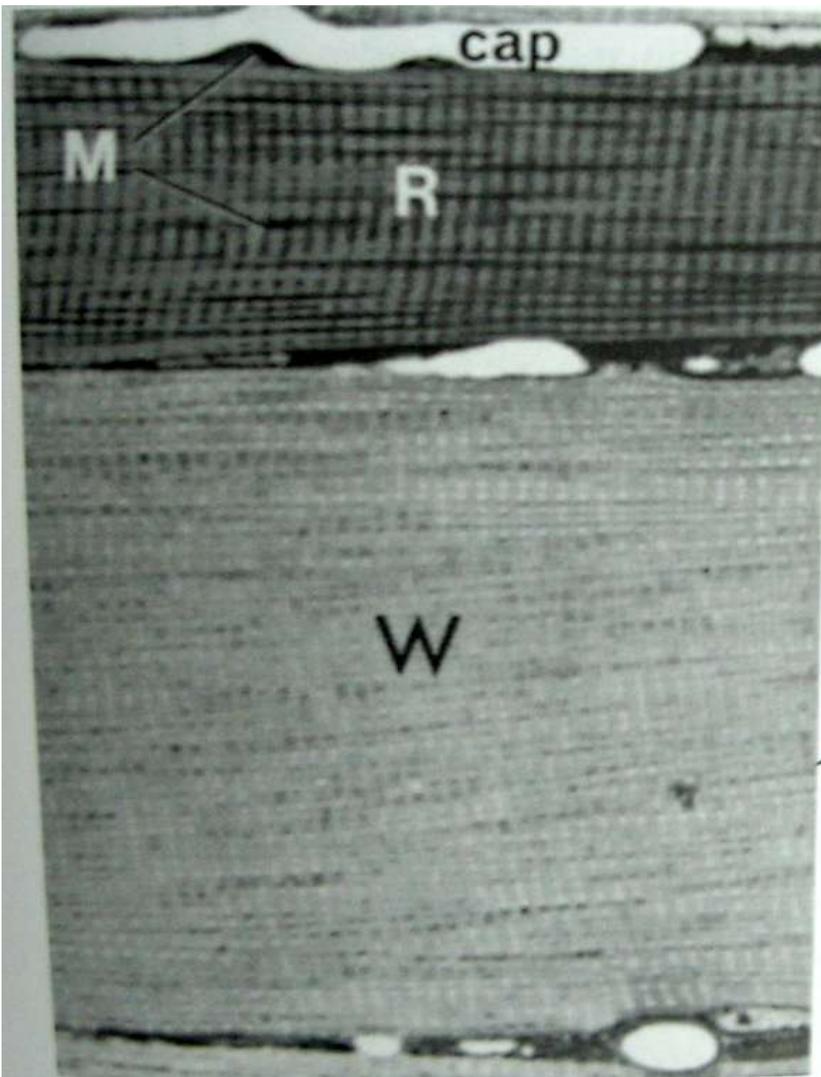
Note o pequeno diâmetro
e a cor escura devido à
mioglobina. Resistente
à fadiga.



**Fibras musculares
glicolíticas de contração rápida**

Diâmetro grande,
cor mais clara. Fadiga fácil.





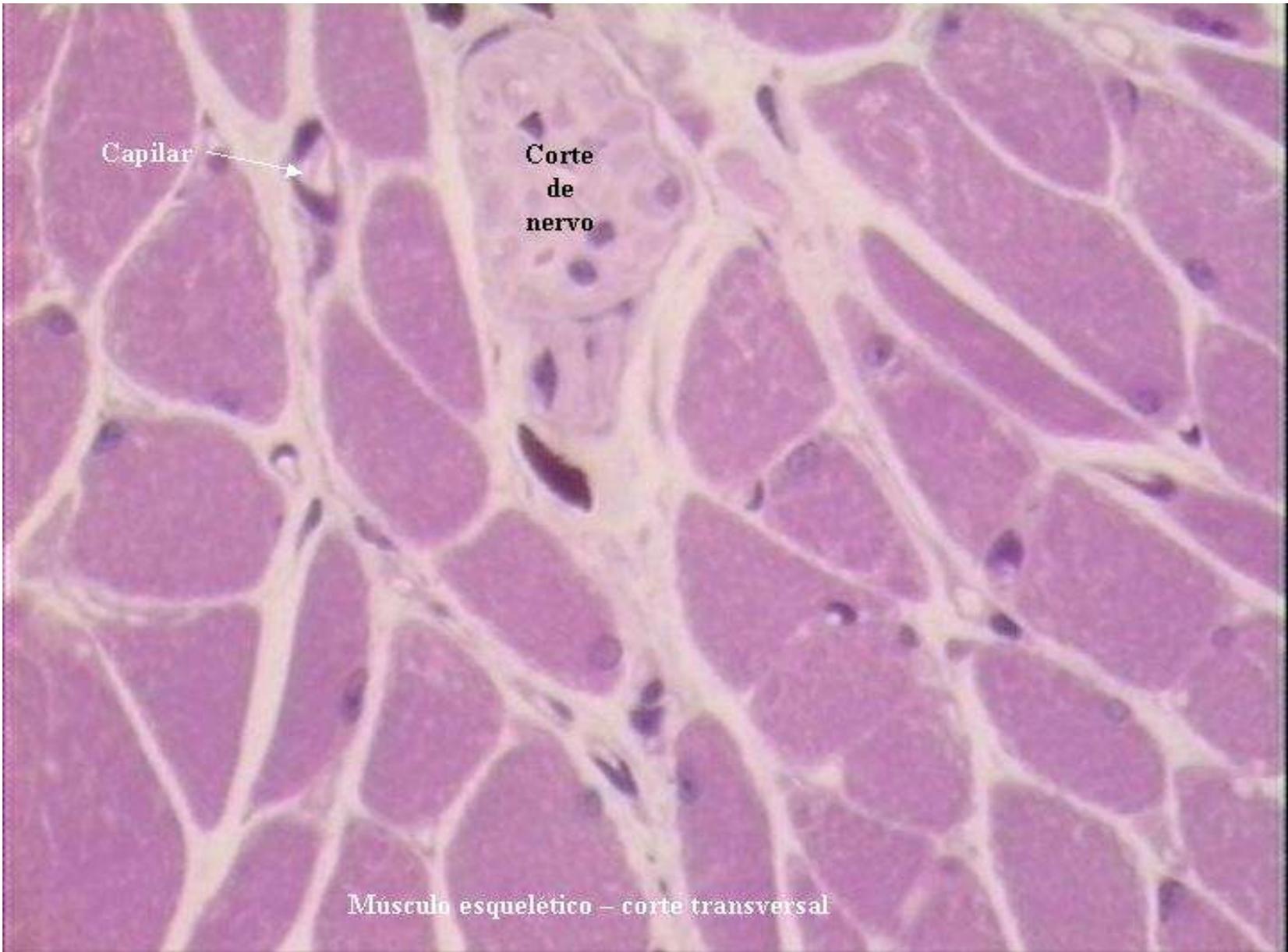
Fibras musculares oxidativas de contração lenta

Note o pequeno diâmetro e a cor escura devido à mioglobina. Resistente à fadiga.

Fibras musculares glicolíticas de contração rápida

Diâmetro grande, cor mais clara. Fadiga fácil.

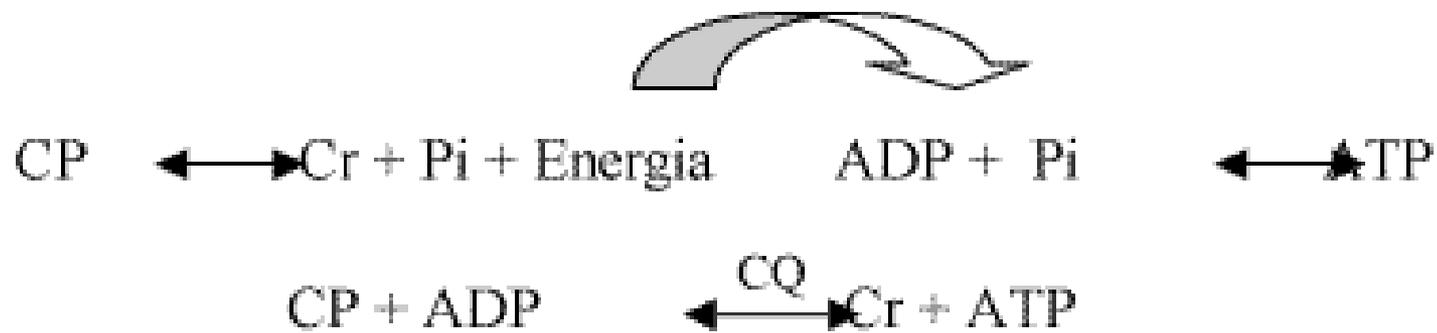
■ **Figura 12-13** Fibras musculares glicolíticas de contração rápida e fibras mides quantidades de mioglobina vermelha, numerosas mitocôndrias (M), e um extinguem o músculo de contração oxidativa lenta (R) do músculo de contração glicol



Capilar

Corte
de
nervo

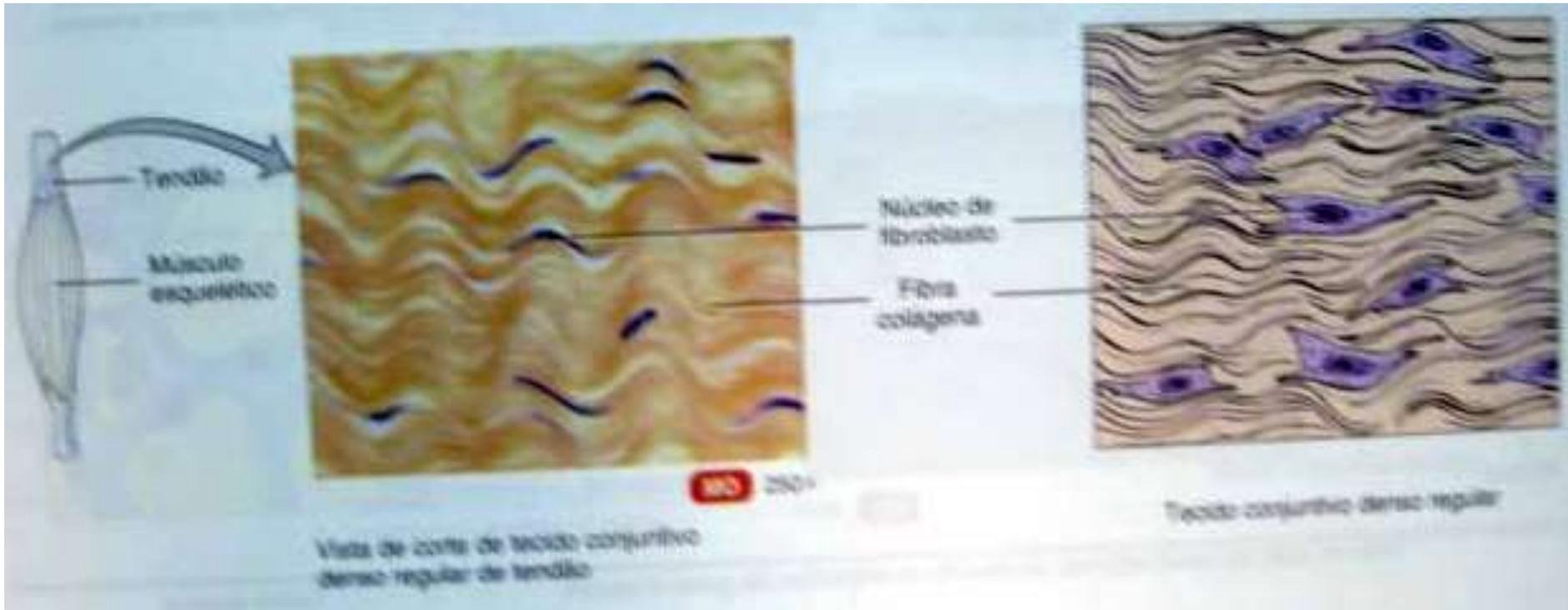
Músculo esquelético – corte transversal





■ **Figura 3-22 Tendões e ligamentos** Tendões e ligamentos constituem o tecido conjuntivo denso. Os tendões unem o músculo ao osso (a, b), enquanto os ligamentos unem um osso a outro (a). O colágeno dos tendões é densamente comprimido em forma de túbulos paralelos e tem uma aparência ondulada (c).

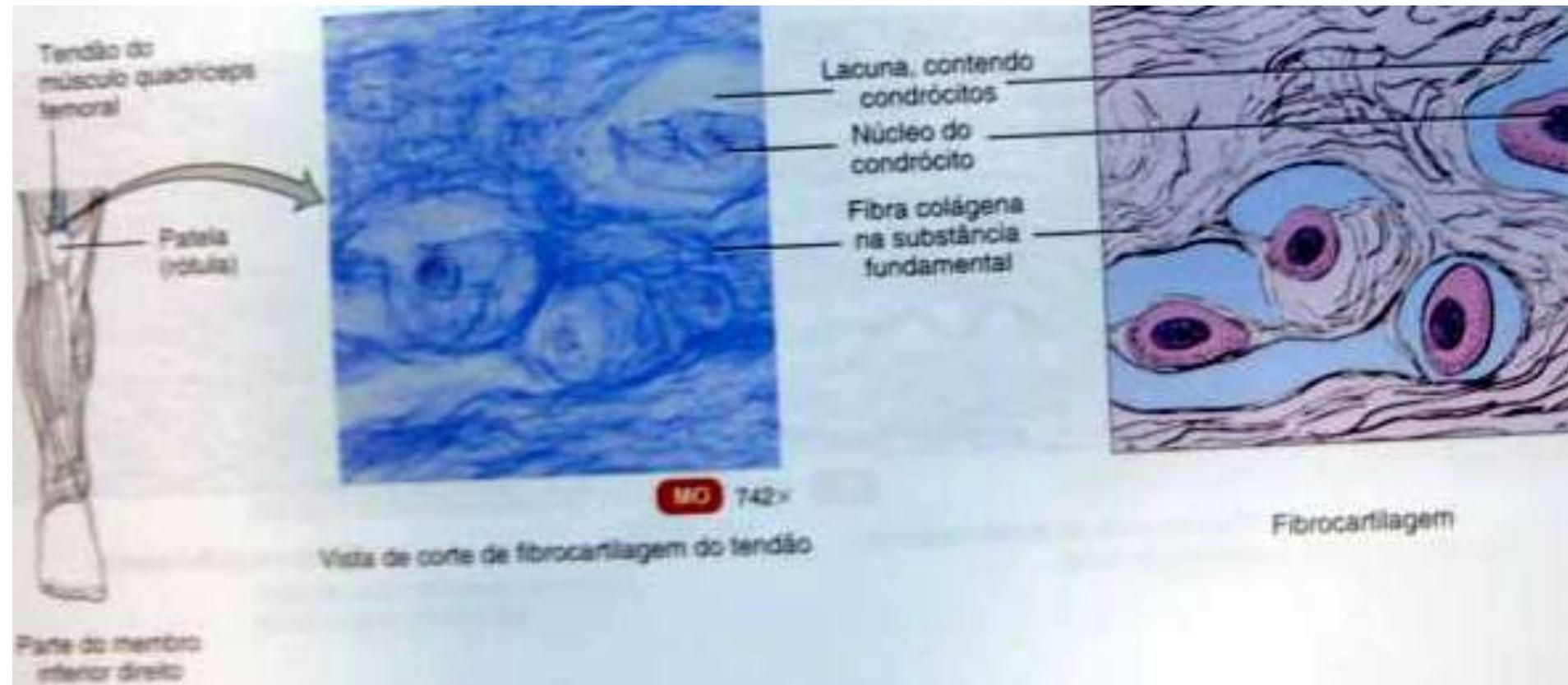
Tecido conjuntivo denso regular de Tendão



Tecido conjuntivo no Músculo Liso



Tecido conjuntivo no Tendão (fibrocartilagem)

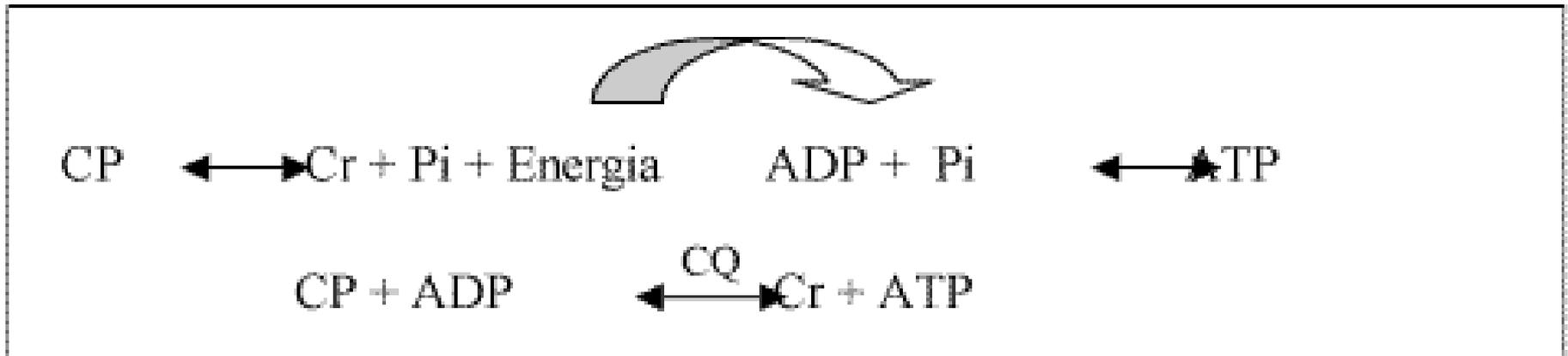




Durante o movimento não são somente fibras musculares trabalhando, mas outros tecidos que fazem parte do sistema muscular acompanham cada movimento.

Sistema de energia rápida

- **Sistema Creatina-Fosfato (CP)**



- **CQ = creatina cinase**

Músculo em repouso



ATP do metabolismo + creatina \rightarrow ADP + creatina fos

Músculo em trabalho



Creatina fosfato + ADP

creatina
cinase

Creatina + ATP

necessário para

- ▶ A miosina ATPase (contração)
- ▶ A Ca^{2+} -ATPase (relaxamento)
- ▶ Na^+ - K^+ -ATPase (leva os íons que cruzam a membrana celular durante o potencial de ação para os seus compartimentos originais)

■ **Figura 12-12 A creatina fosfato** O músculo em repouso armazena energia do ATP nas ligações de alta energia de fosfato de creatina fosfato. O músculo que está ativo transfere energia de creatina fosfato de volta para o ATP.

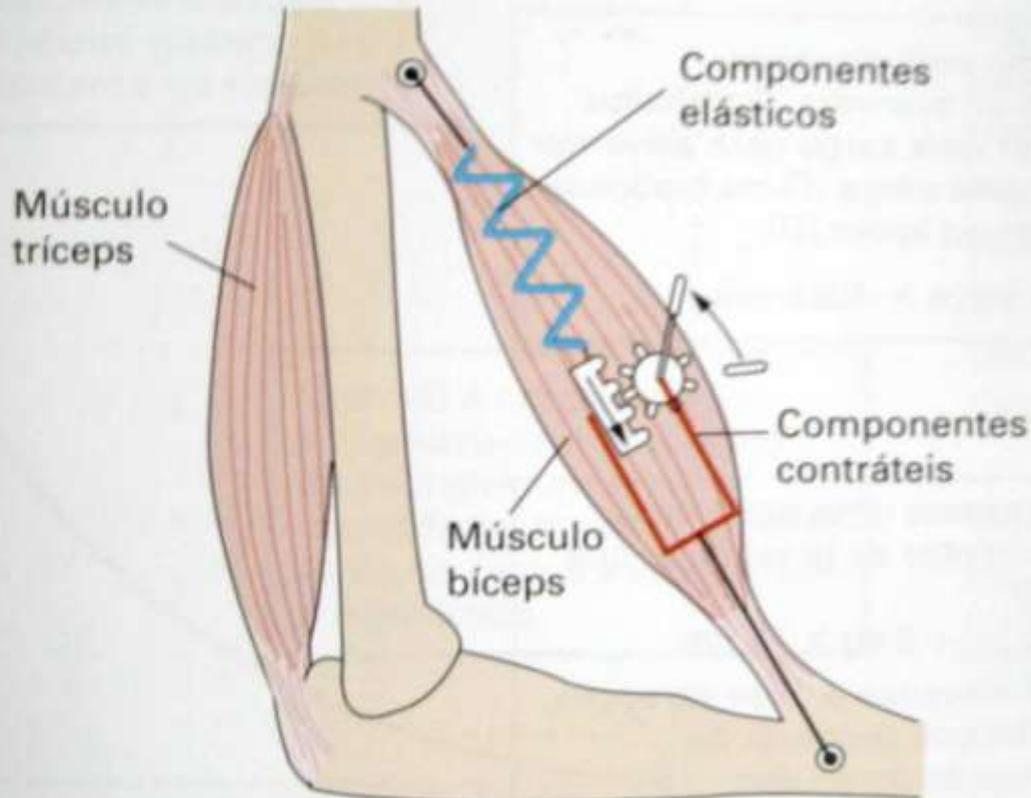
Sistema Energético

Creatina-Fosfato (CP)

Tipo de Contração

Contração Muscular: componentes elásticos e contráteis

(a) Esquema dos elementos elásticos em série

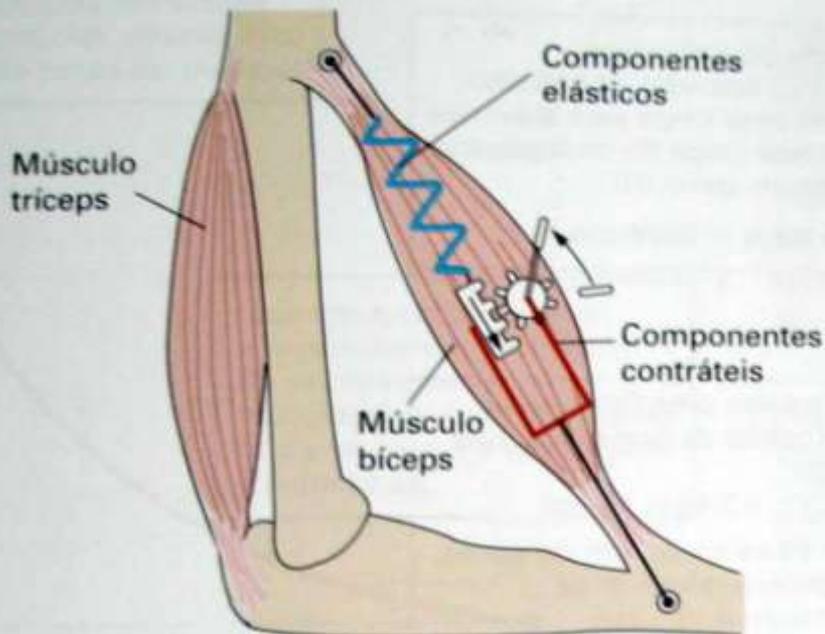


(b) Músculo em repouso

(c) **Contração isométrica:** O músculo não encurta. Os sarcômeros encurtam, gerando força, mas os elementos elásticos alongam, permitindo que o tamanho do músculo continue o mesmo.

(d) **Contração isotônica:** Os sarcômeros encurtam mais, mas uma vez que os elementos elásticos já estão alongados, o músculo inteiro encurta.

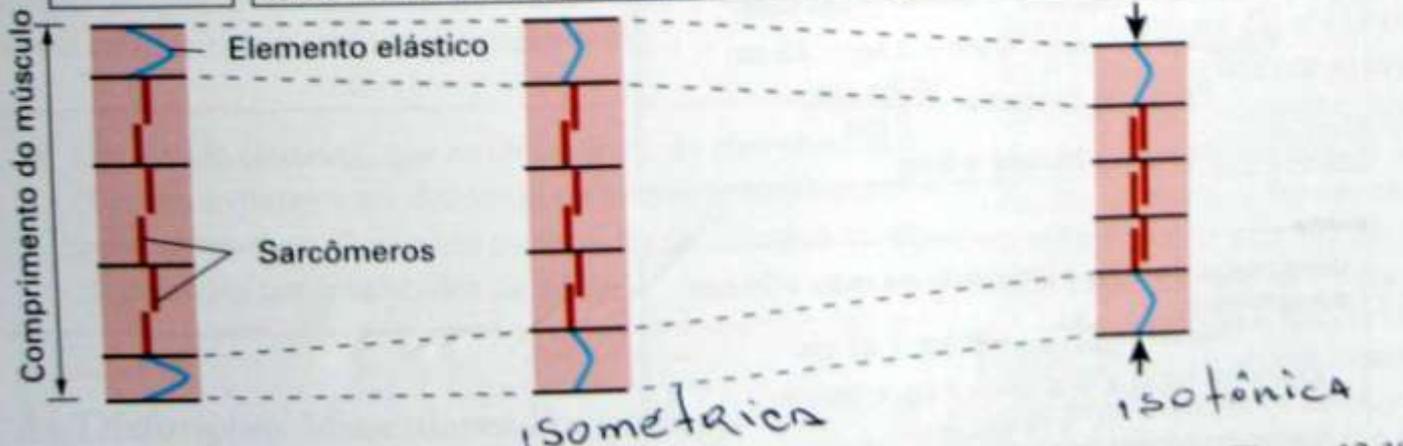
(a) Esquema dos elementos elásticos em série



(b) Músculo em repouso

(c) **Contração isométrica:** O músculo não encurta. Os sarcômeros encurtam, gerando força, mas os elementos elásticos alongam, permitindo que o tamanho do músculo continue o mesmo.

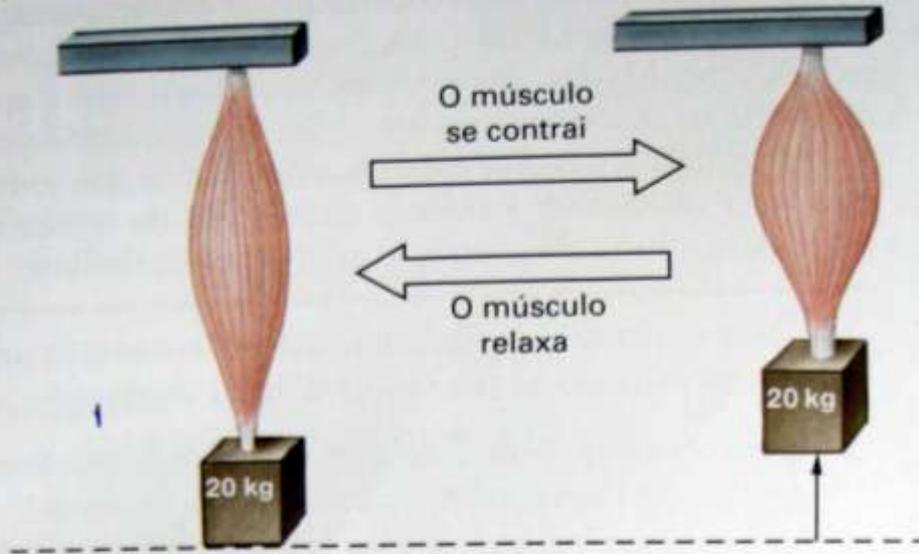
(d) **Contração isotônica:** Os sarcômeros encurtam mais, mas uma vez que os elementos elásticos já estão alongados, o músculo inteiro encurta.



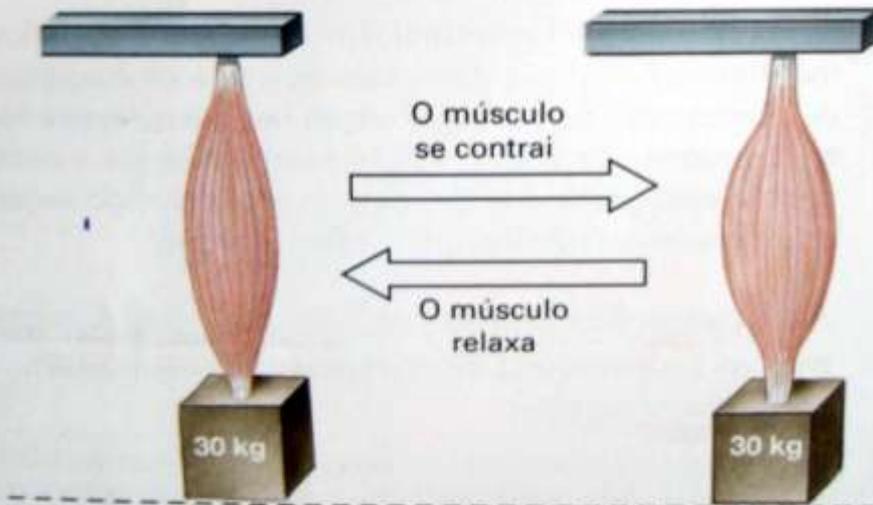
Contração
isométrica
e
Contração
isotônica

Elementos em
série

(a) Contração isotônica

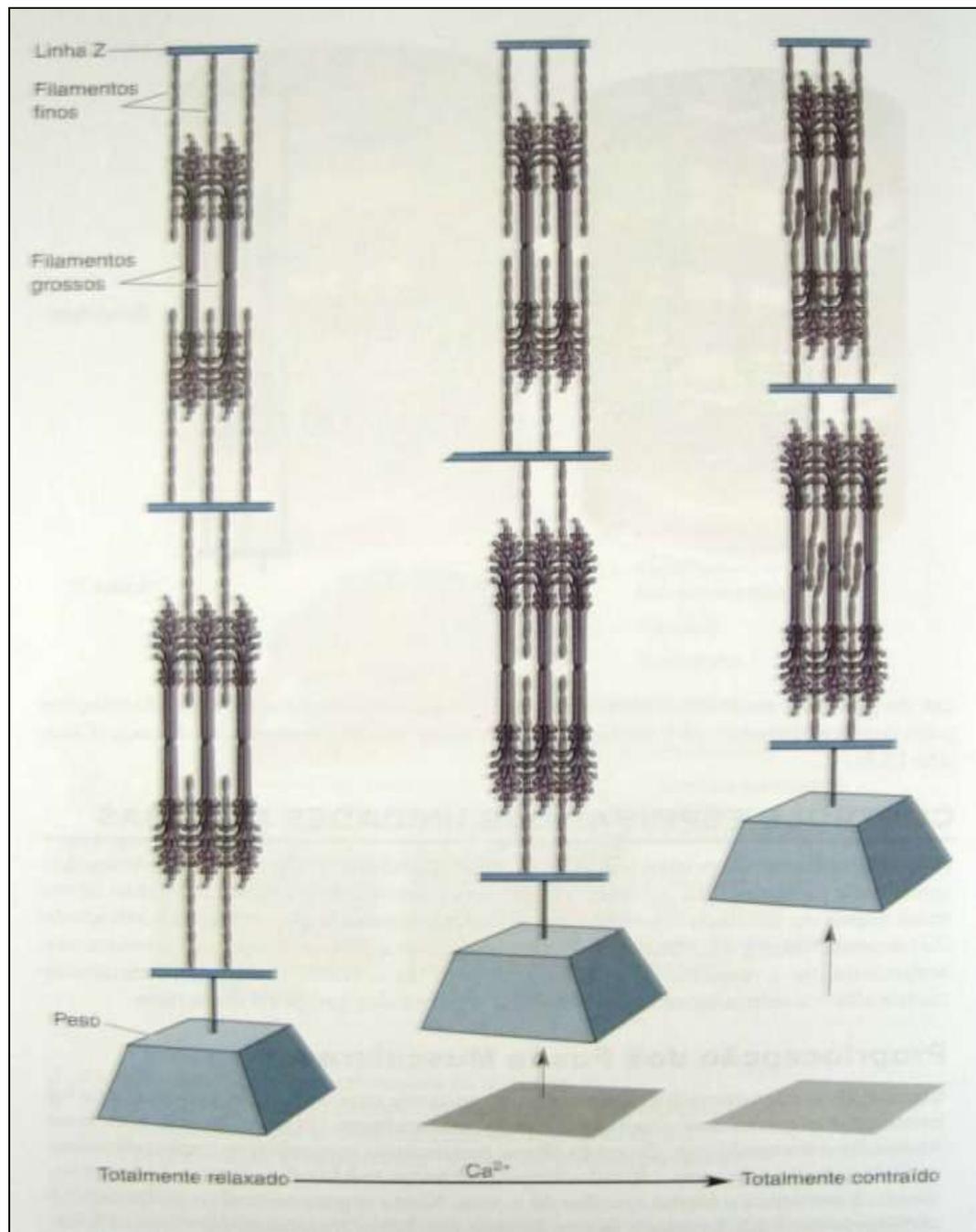


(b) Contração isométrica



■ **Figura 12-17** Contrações isotônicas e isométricas (a) Em uma contração isotônica, o músculo encurta e levanta a carga. (b) Em uma contração isométrica, o músculo não está apto para levantar a carga, mas se encurta.

Contração
ISOTÔNICA
e
Contração
ISOMÉTRICA



Tipo de Desenvolvimento Muscular:

- HIPERTROFIA = aumento do volume celular da fibra muscular
- Ocorre em resposta a uma sobrecarga (maior trabalho mecânico), que resulta na síntese de novos sarcômeros em paralelo, aumentando o número de miofibrilas, o que gera ganho de força.
- Envolve lesão de fibras musculares e fusão de células satélites (células mioblásticas= indiferenciadas) e aumento de síntese protéica

HIPERPLASIA