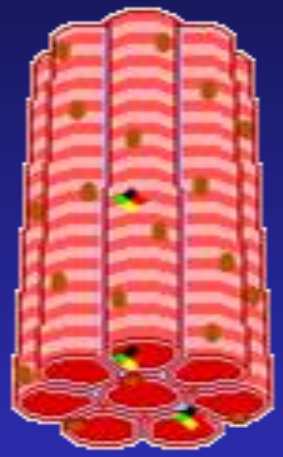
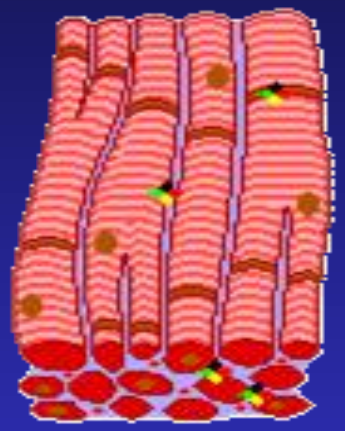
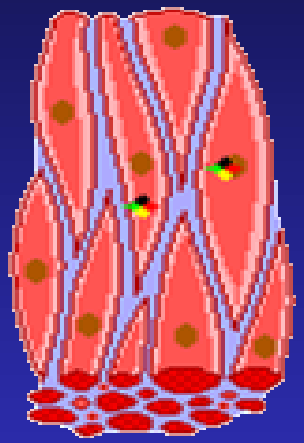
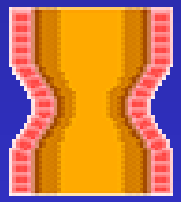
# CONTRAÇÃO MUSCULAR

# Tipos de tecido muscular









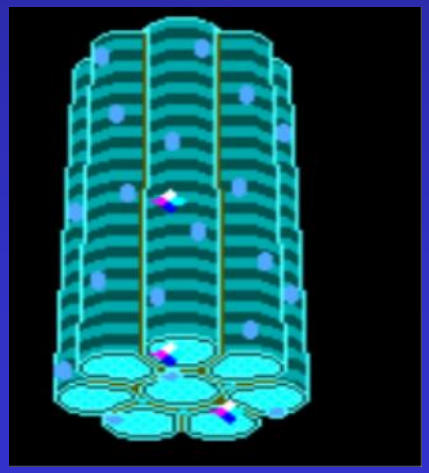
**Esquelético** **Cardíaco** **Liso**

# Classificação dos músculos

| | | |
|---|---|---|
| Esquelético | Cardíaco | Liso |
| Voluntários | Involuntários | |
| Membros | Coração | Visceras |
| Estriado | | Não-estriado |

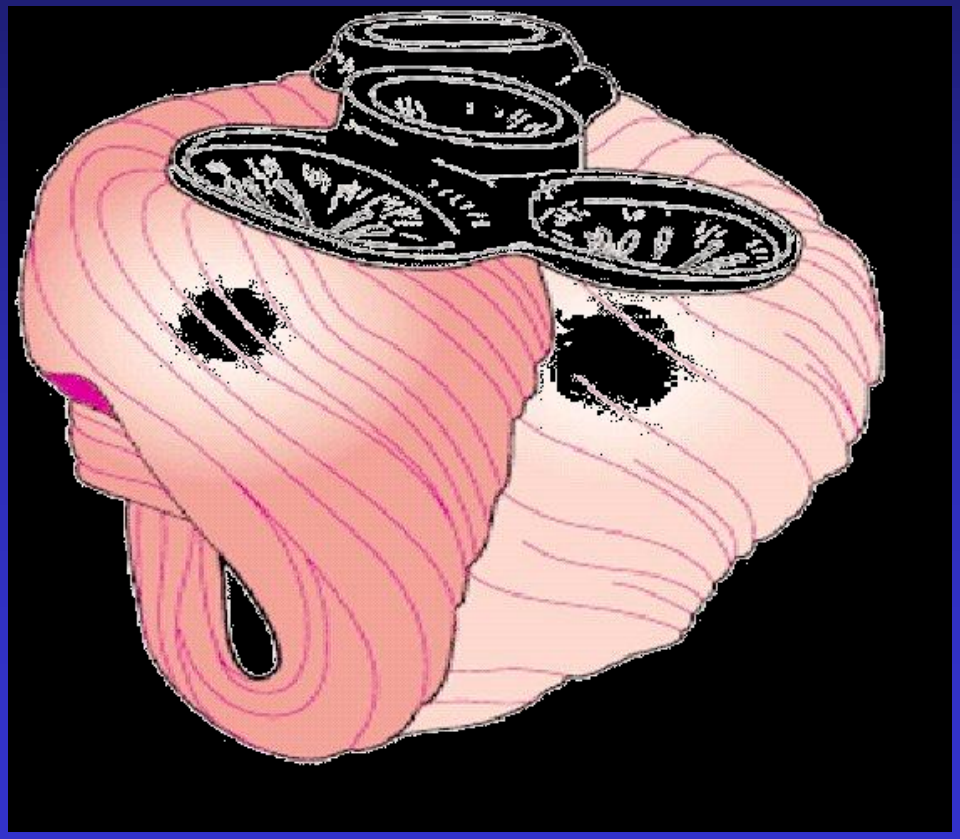
# Fibras musculares esqueléticas

- Fibras longas e cilíndricas
- As fibras são multi-nucleadas
- Medem 50 a 100mm de diâmetro
- Podem atingir 10cm de comprimento
- Enervadas pelo SNC



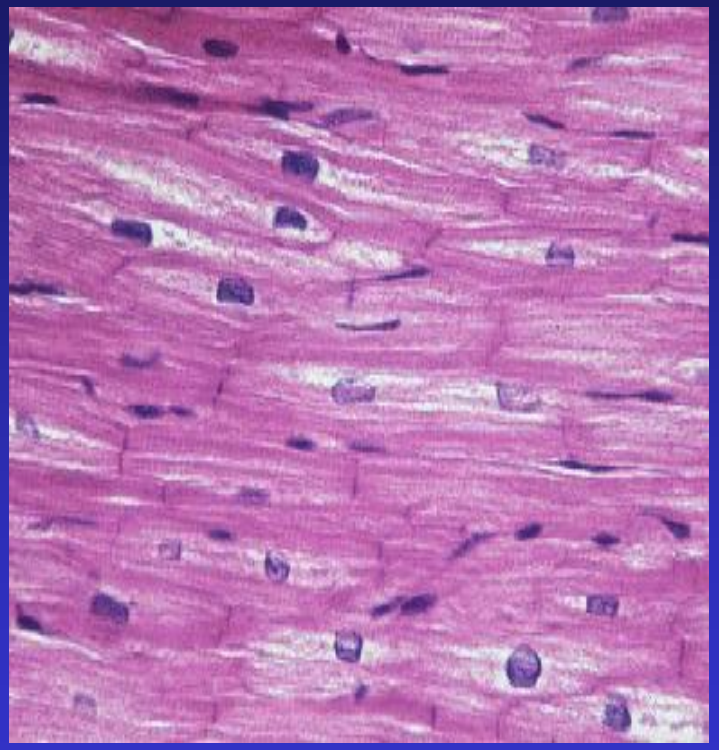
# Músculo Cardíaco

- Principal músculo do coração
- Sincício funcional

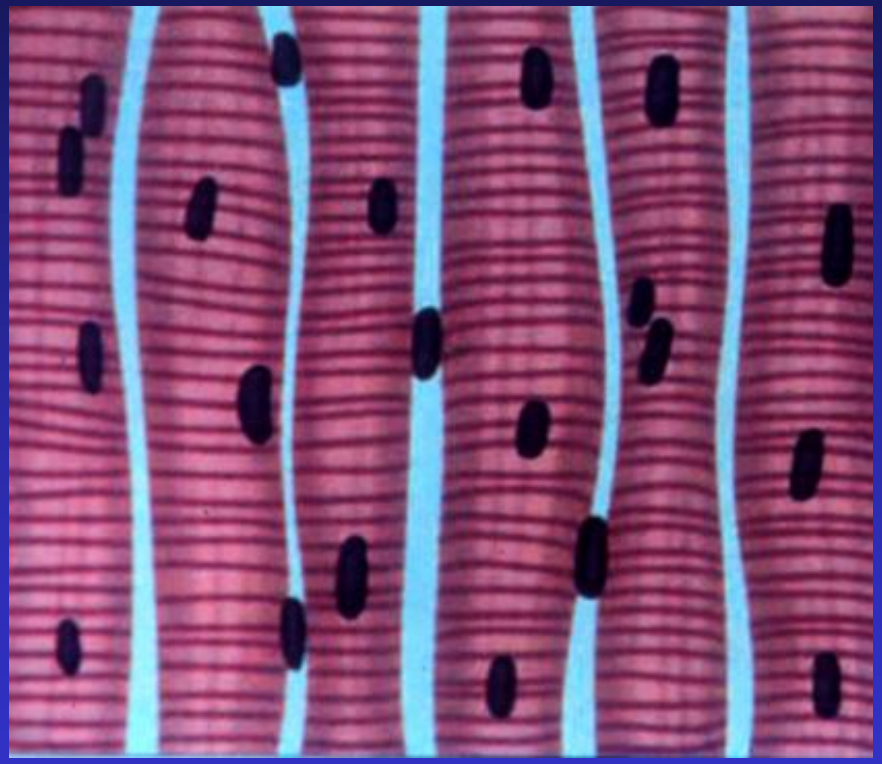


# Estrutura do Músculo Cardíaco

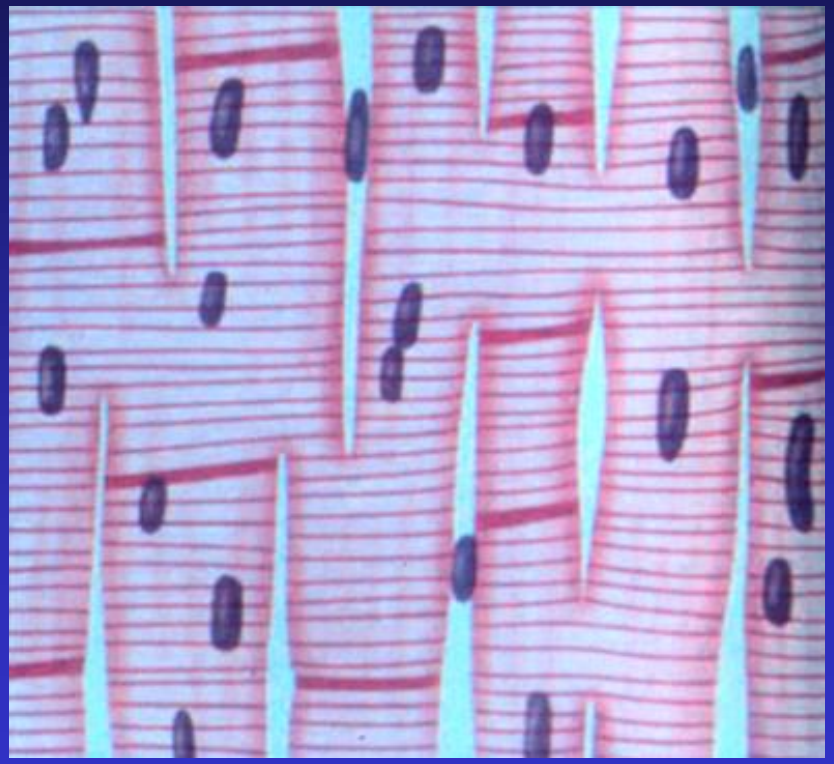
- Células pequenas, ramificadas e inter-ligadas
- Células estriadas e uni-nucleadas
- Discos intercalares com “gap junctions”
- Enervado pelo SNA



## Músculo Esquelético



## Músculo Cardíaco



# MÚSCULO ESQUELÉTICO

O movimento humano depende da transformação da Energia Química do ATP em Energia Mecânica

**ATP** → **CONTRAÇÃO**

**Energia Química** **Energia Mecânica**

Essa transformação específica de energia é conseguida pela ação dos músculos esqueléticos

**Corpo Humano :** **+ 600 músculos esqueléticos**, que compreendem 45 % do peso corporal.

## Composição Química

- 75 % do músculo é $H_2O$
- 20 % proteína
- 5 % outras substâncias

{ gorduras
carboidratos
fosfatos de alta energia
minerais

## Funções do Músculo Esquelético

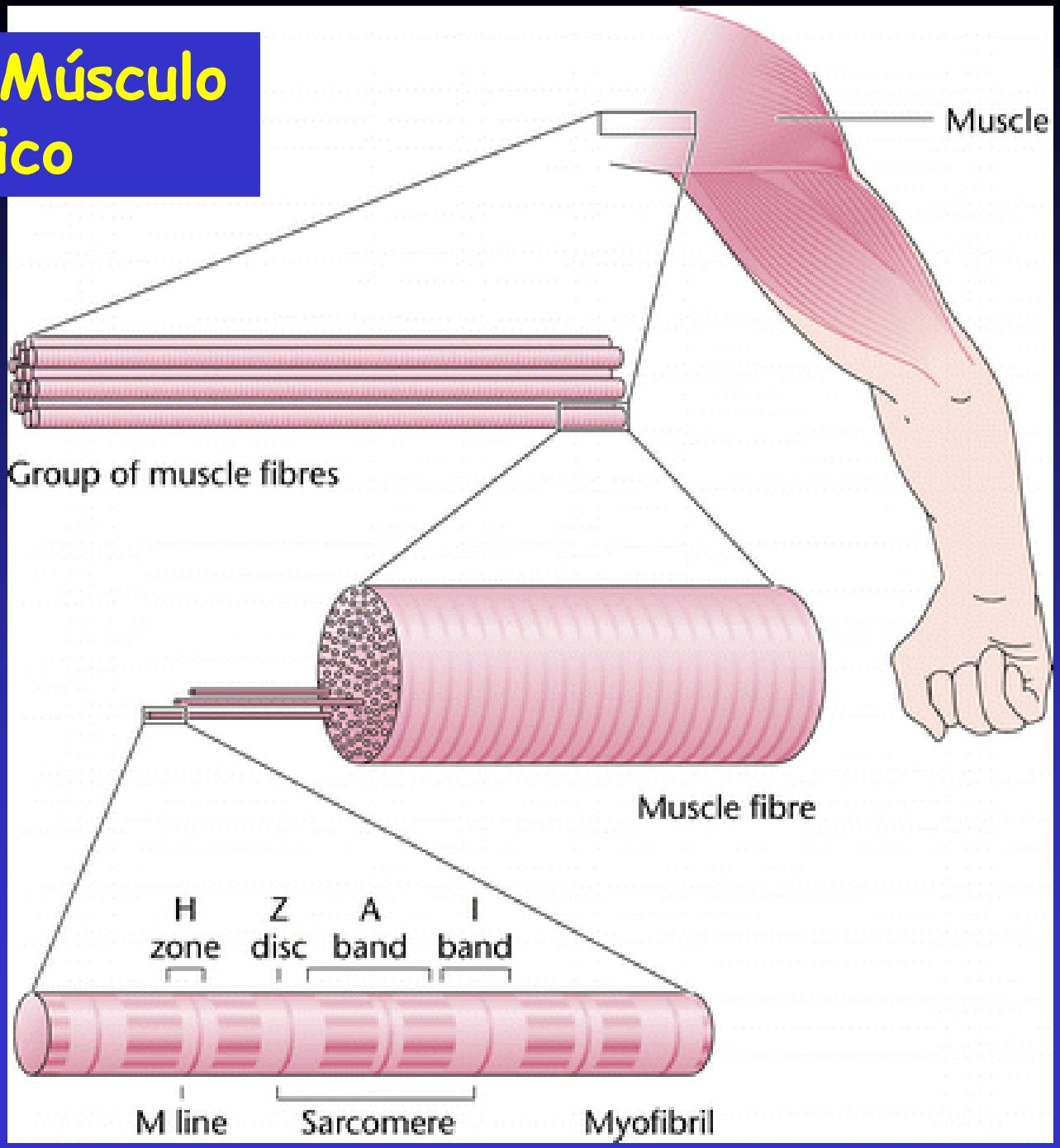
- Manutenção da Postura (suporte postural)
- Movimento e estabilidade articular (do corpo)
- Produção de calor
- Proteção vascular
- Facilitação do retorno venoso

## Estrutura do Músculo Esquelético

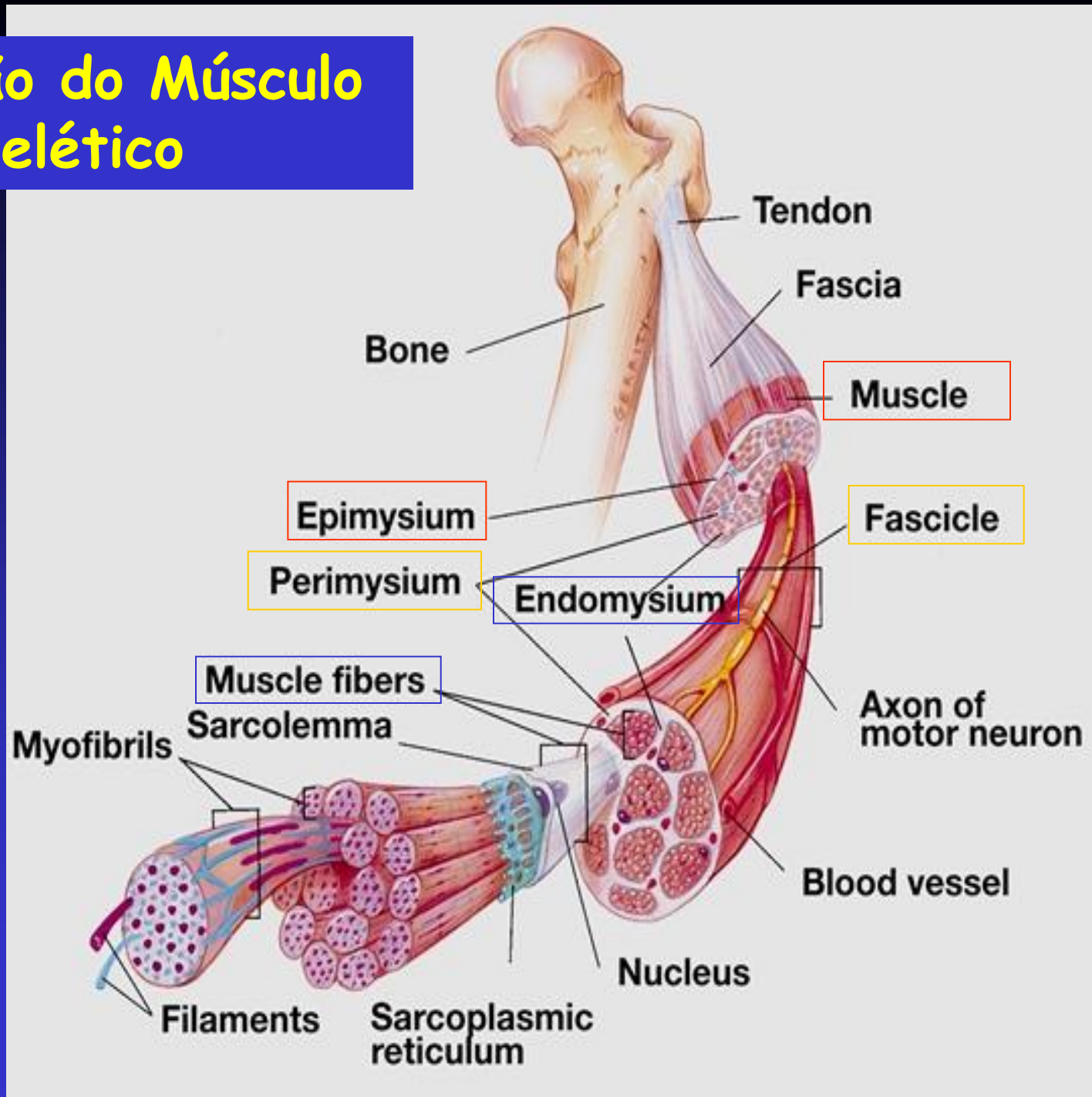
-Macroscópica

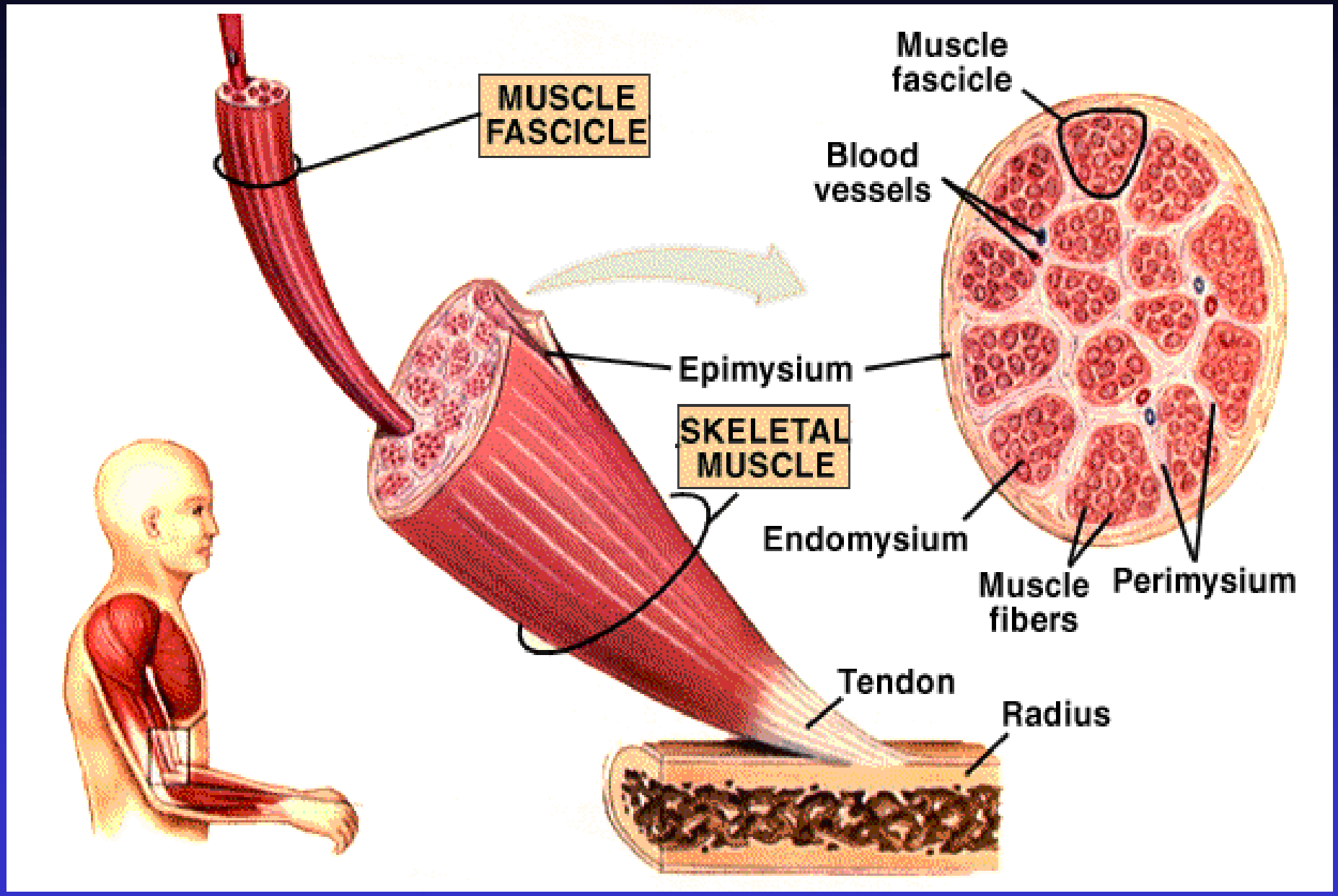
-Microscópica (ultra-estrutura)

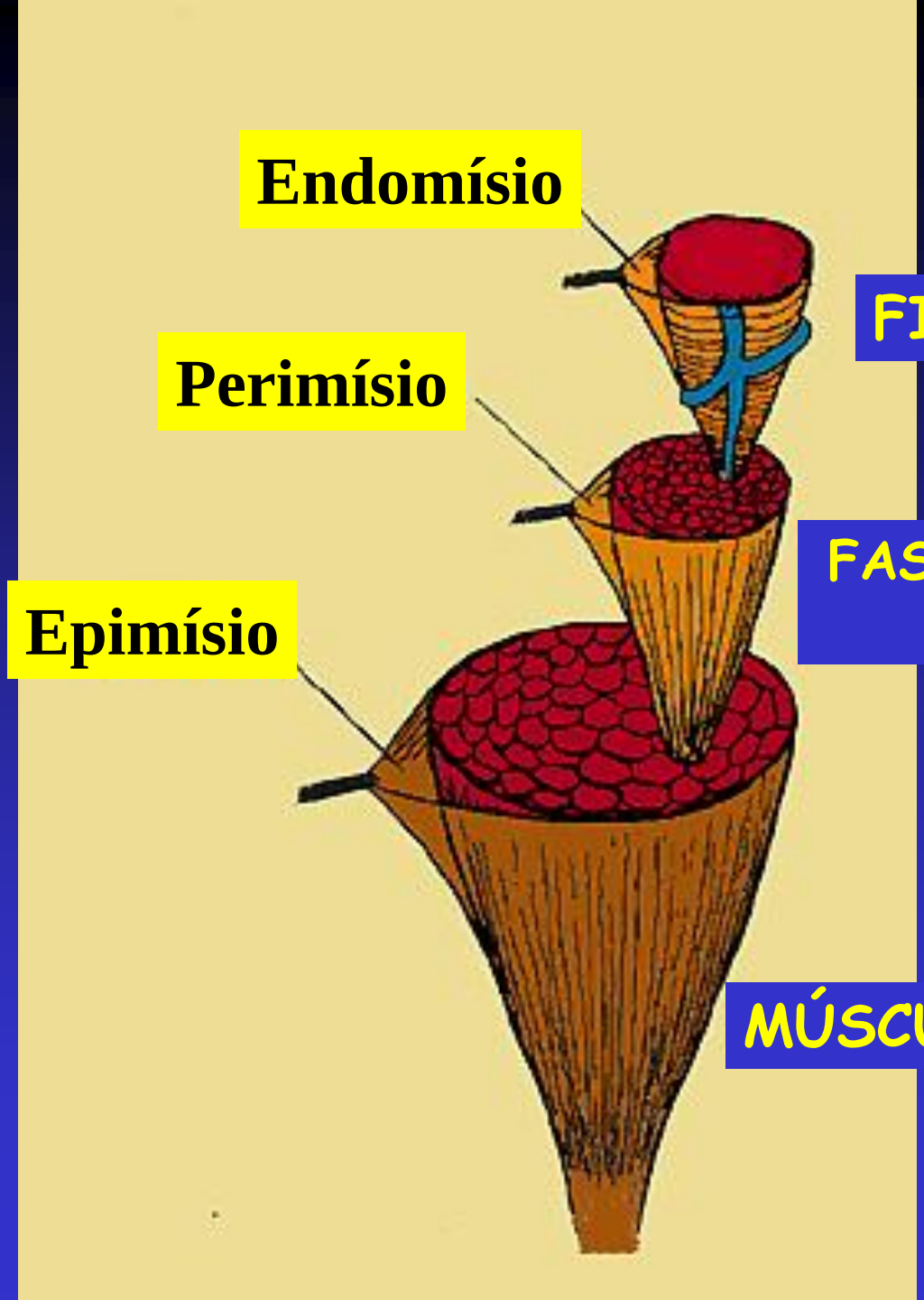
# Estrutura do Músculo Esquelético

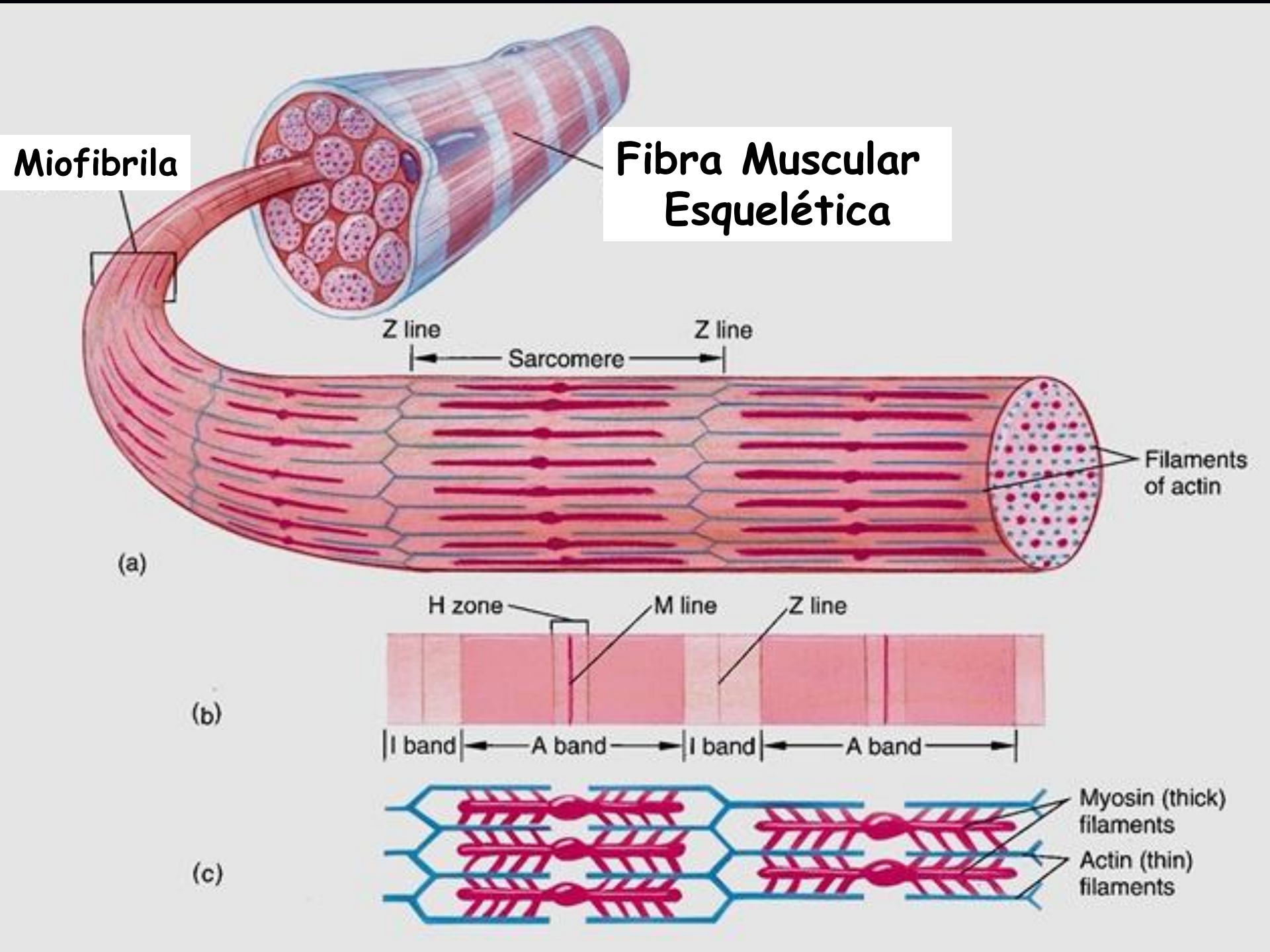


# Organização do Músculo Esquelético



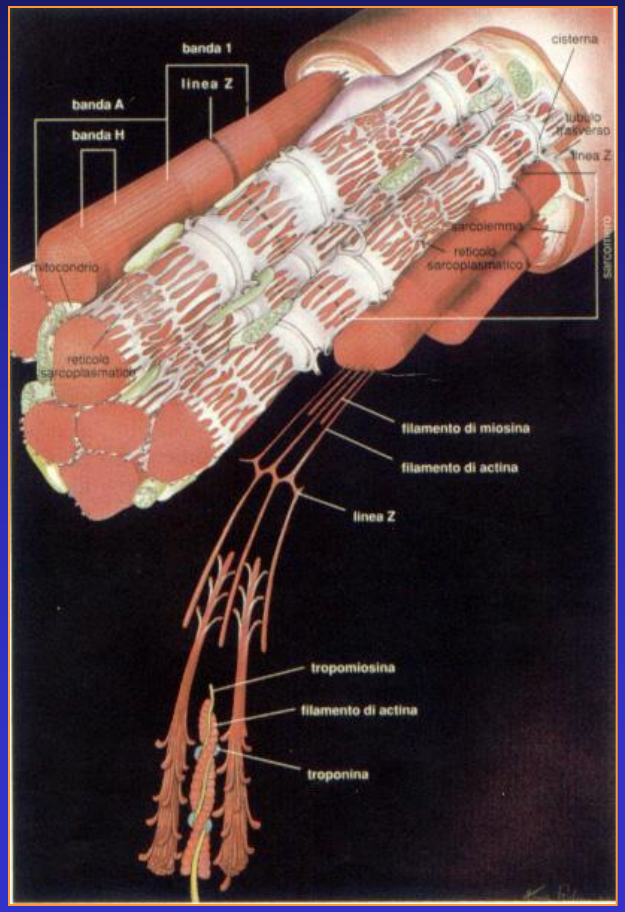

MUSCLE FASCICLE
Muscle fascicle
Blood vessels
Epimysium
SKELETAL MUSCLE
Endomysium
Muscle fibers
Perimysium
Tendon
Radius


Endomísio
Perimísio
Epimísio
FIBRA
FASCÍCULO DE FIBRAS
(150 fibras)
MÚSCULO


Miofibrila
Fibra Muscular Esquelética
Z line
Z line
Sarcomere
Filaments of actin
(a)
H zone
M line
Z line
(b)
I band
A band
I band
A band
Myosin (thick) filaments
Actin (thin) filaments
(c)

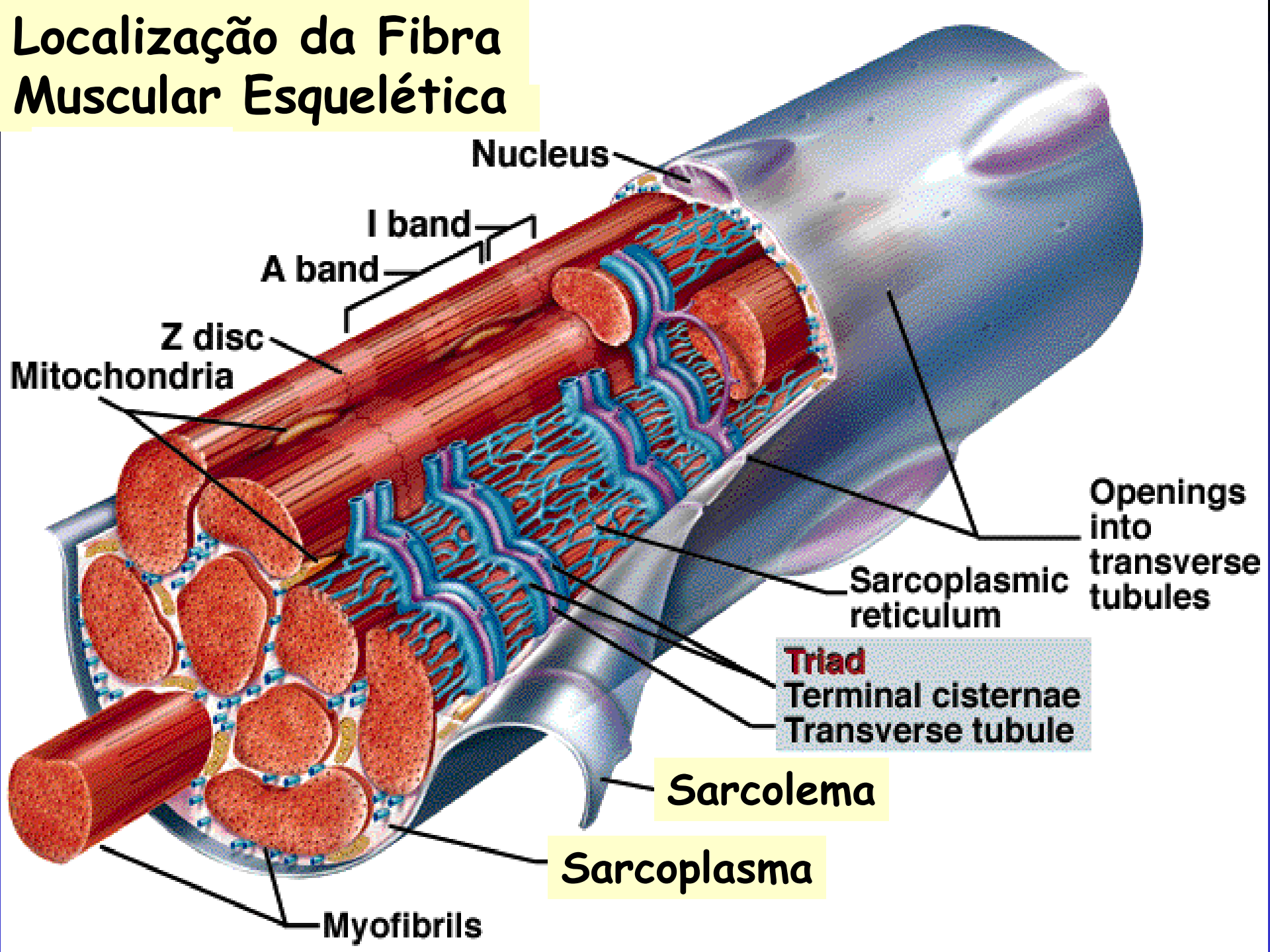
# Fibras musculares

- Miofibrilas  e o Retículo Sarcoplasmático

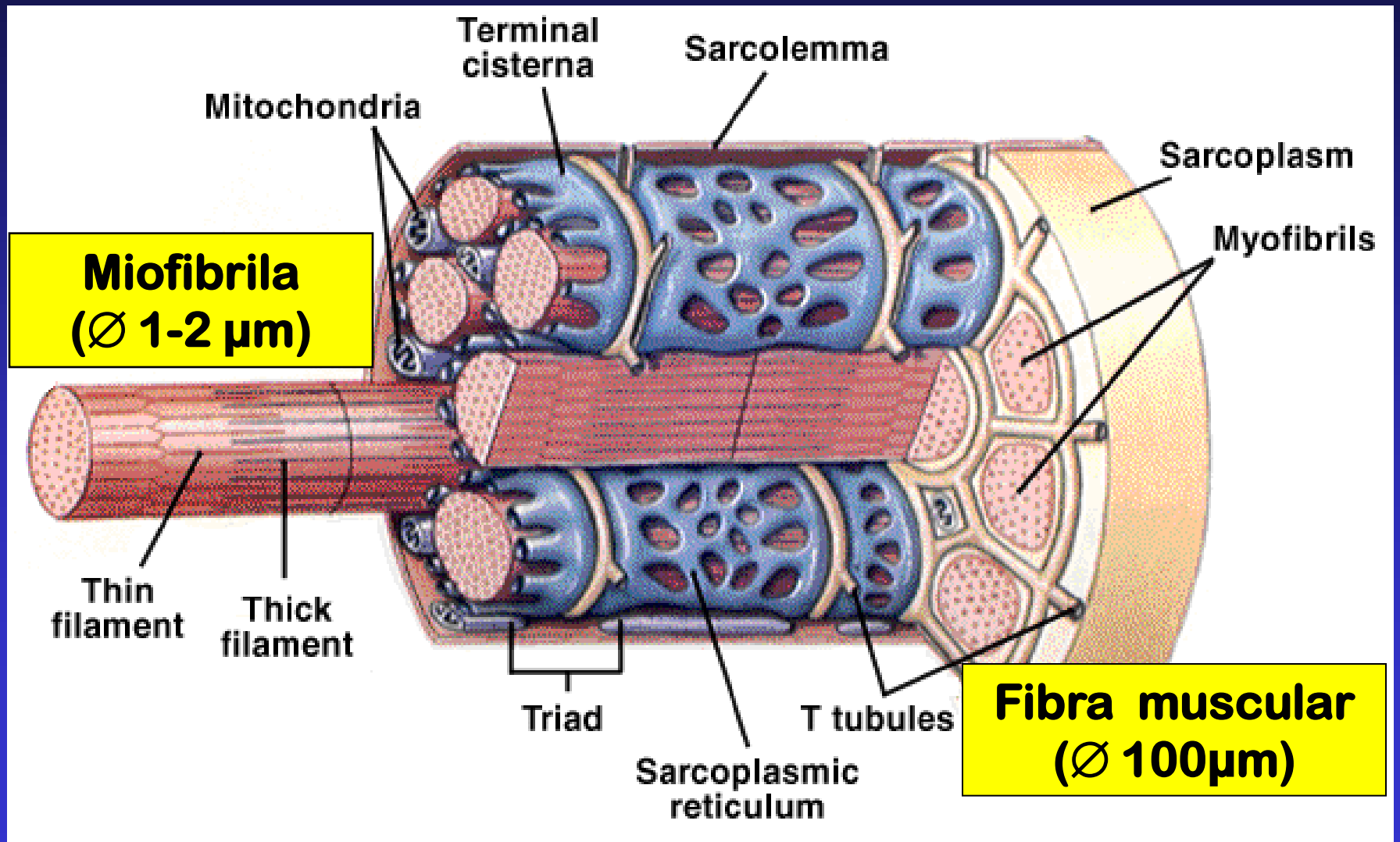



- Cada miofibrila possui centenas de miofilamentos.
- São envolvidos por sistema canais (RS) e por mitocôndrias.

# Localização da Fibra Muscular Esquelética



# Fibra muscular

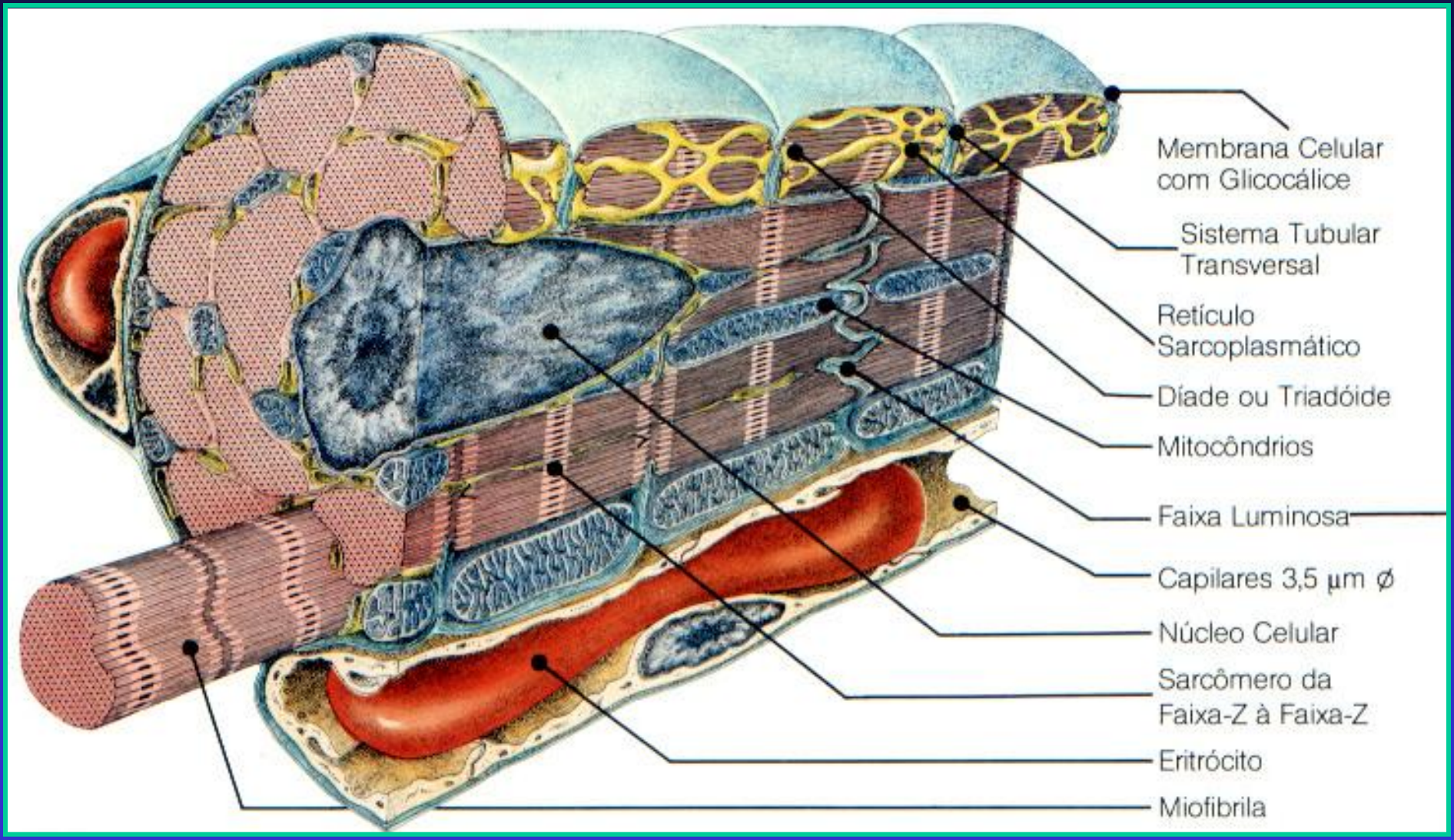


# Tecido Contrátil

**Cinco elementos morfo-estruturais determinam a função contrátil da célula muscular:**

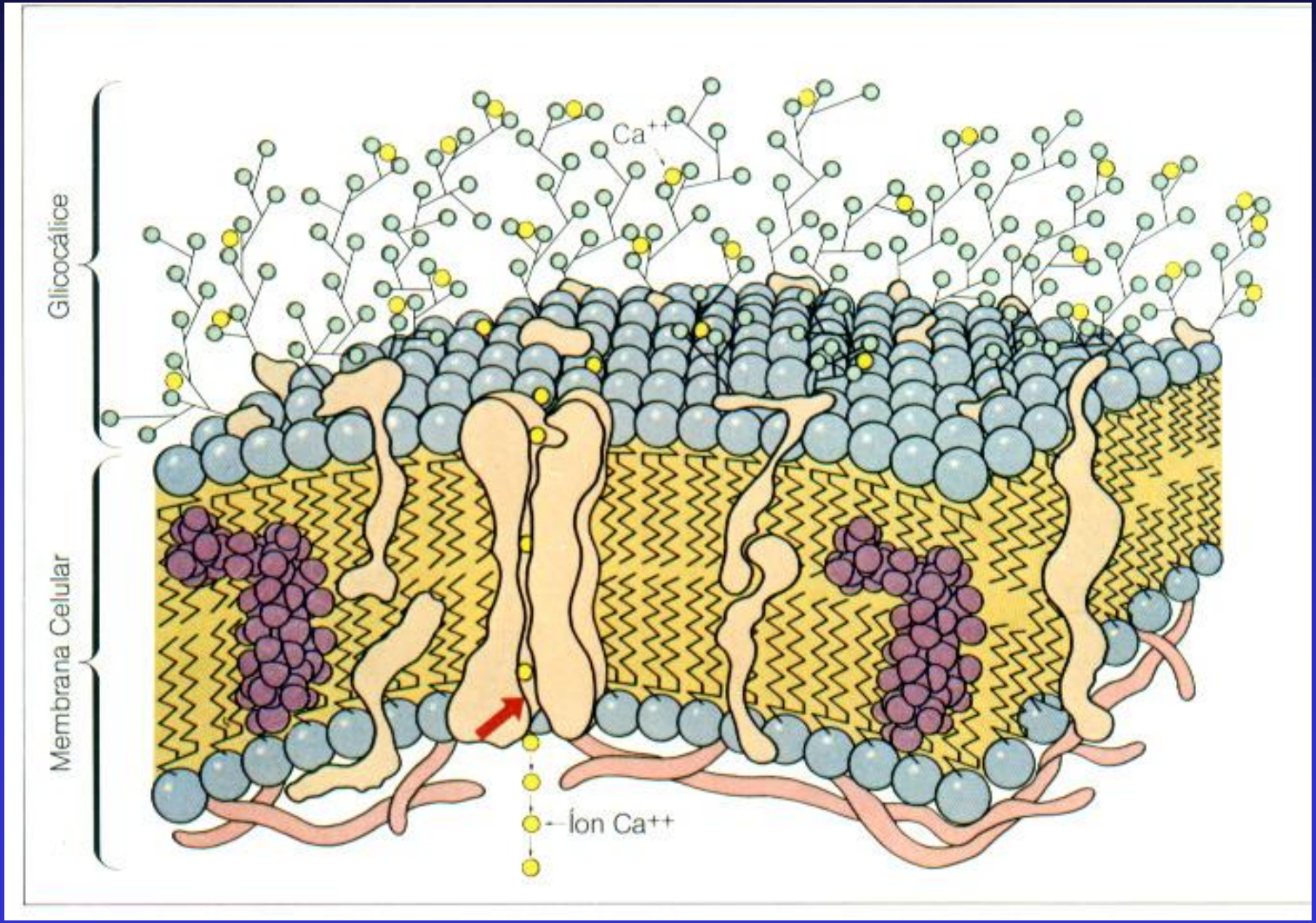
1. **Sarcolema.**
2. **Túbulos transversos (T).**
3. **Retículo Sarcoplasmático**
4. **Aparelho contrátil das miofibrilas.**
5. **Mitocôndrias.**

# Tecido Contrátil



# SARCOLEMA

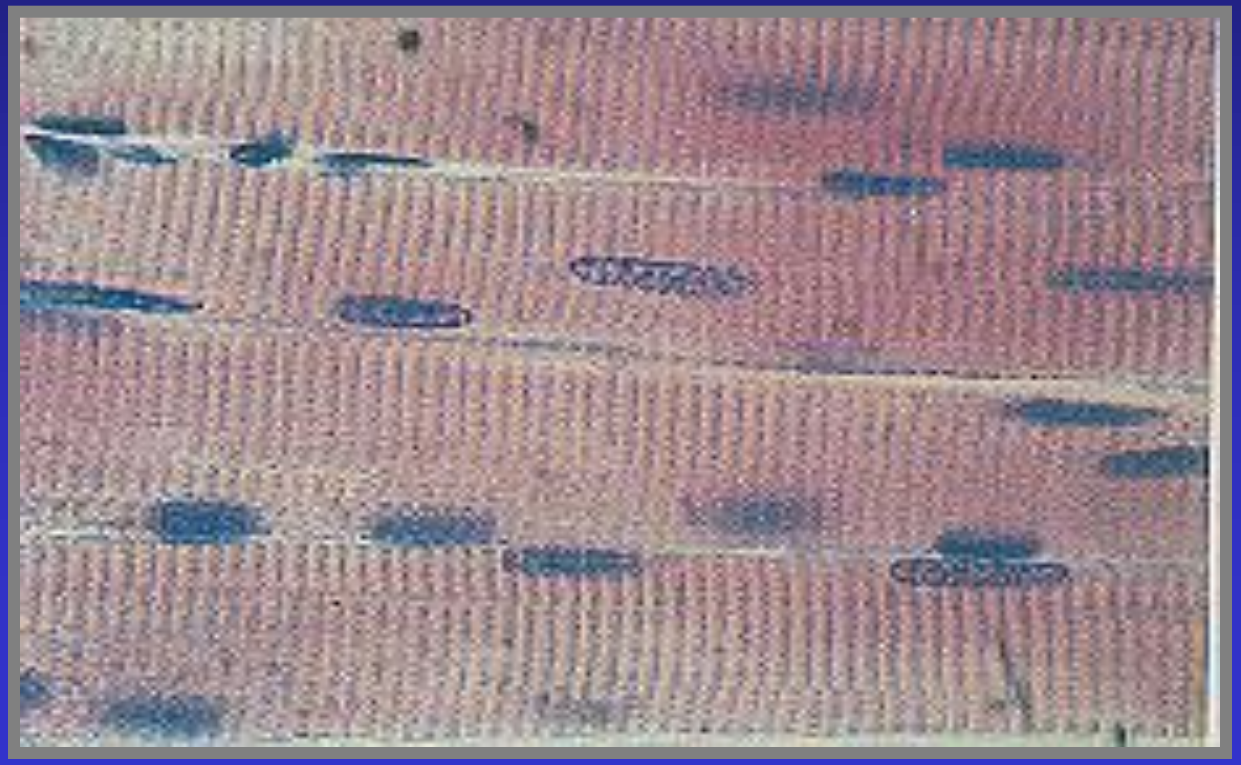
Envolvendo a célula cardíaca → Membrana Celular



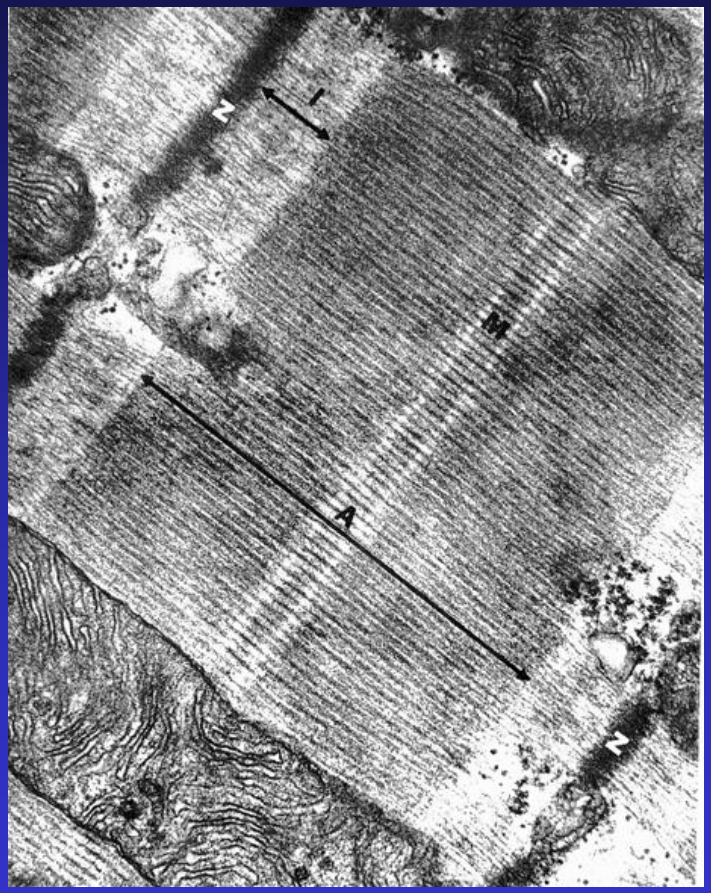
# ULTRA-ESTRUTURA DO MÚSCULO ESQUELÉTICO

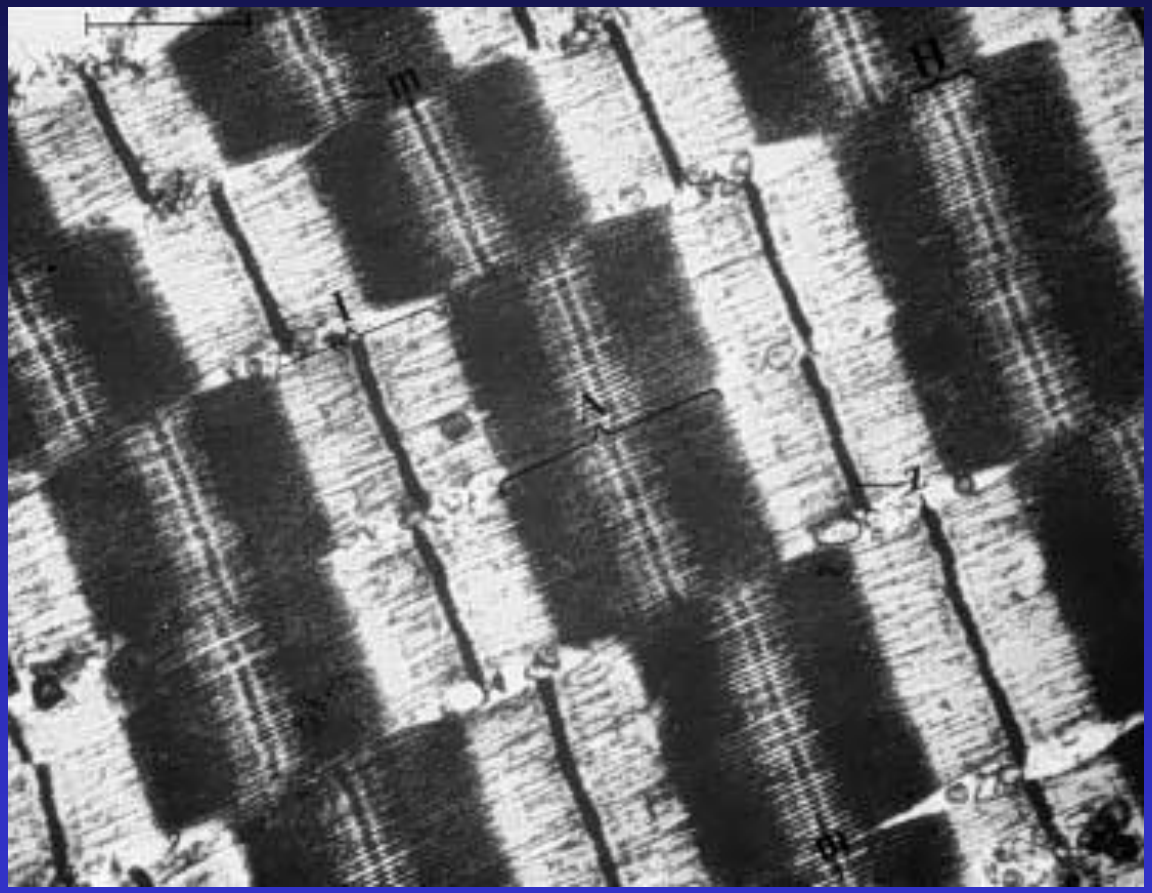
Determinada: - microscopia eletrônica
- técnicas de coloração histoquímica

**Padrão estriado**

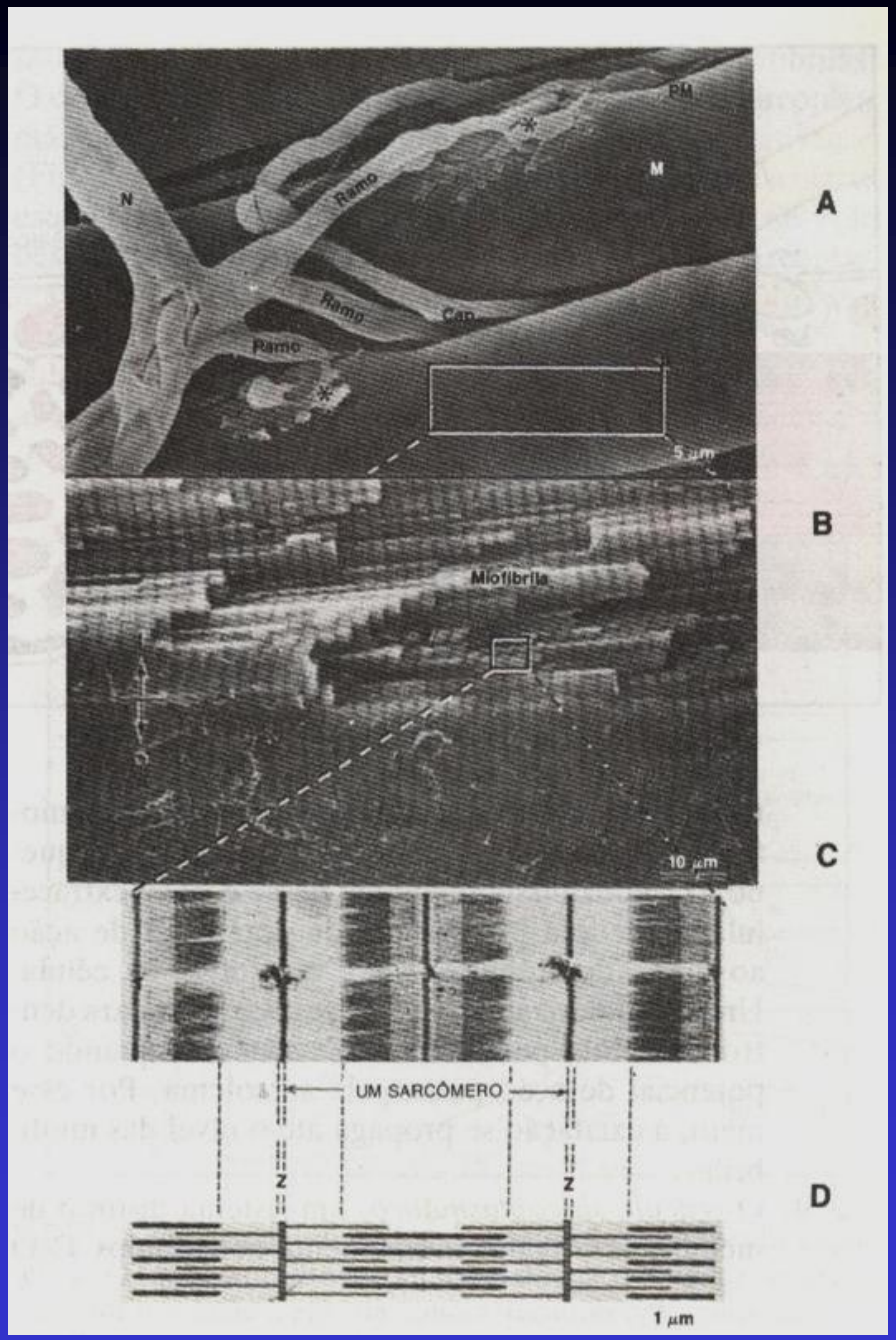


# Organização das proteínas contráteis

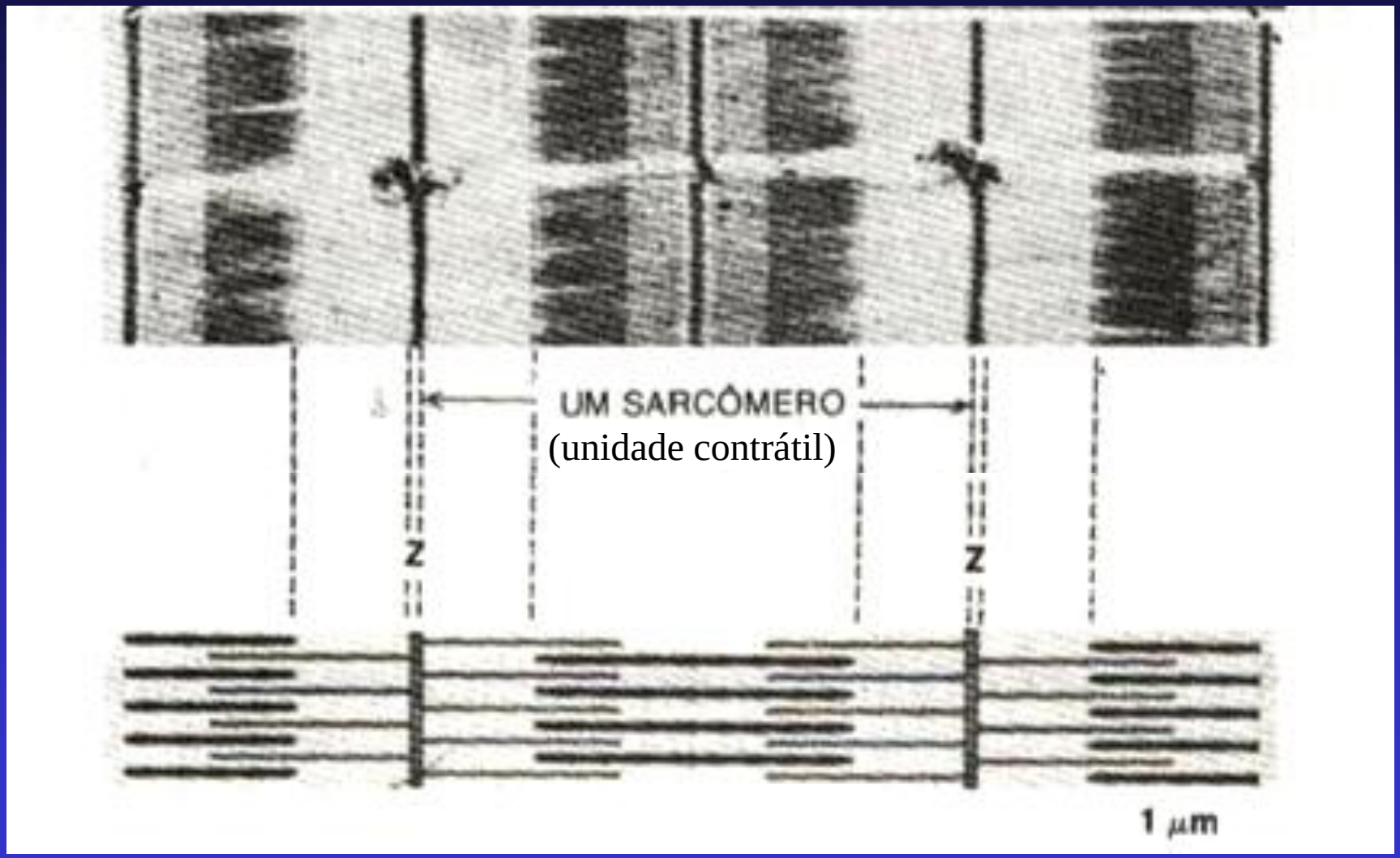


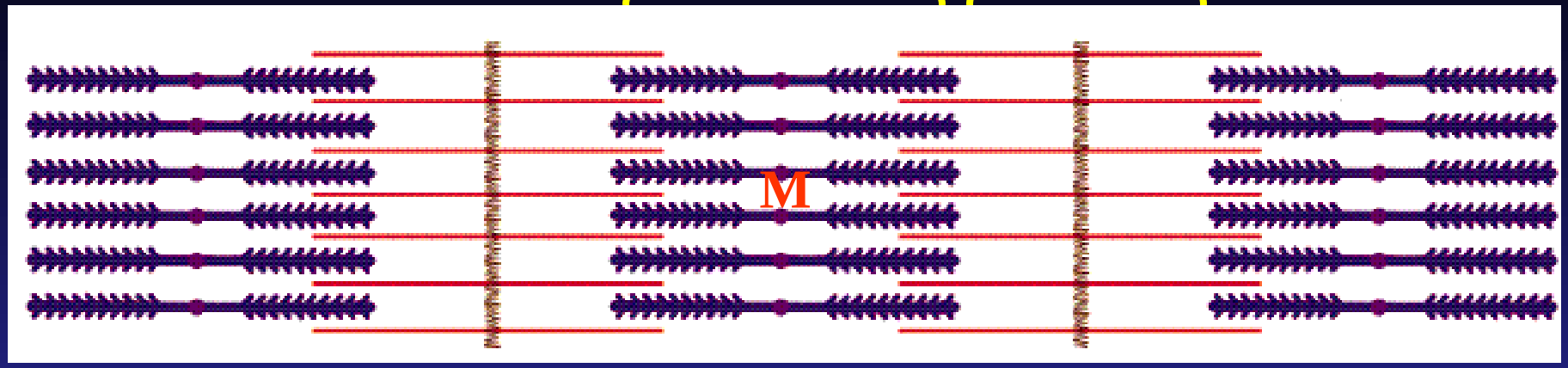
# Músculo Estriado



# Músculo Estriado



## Fibra Relaxada

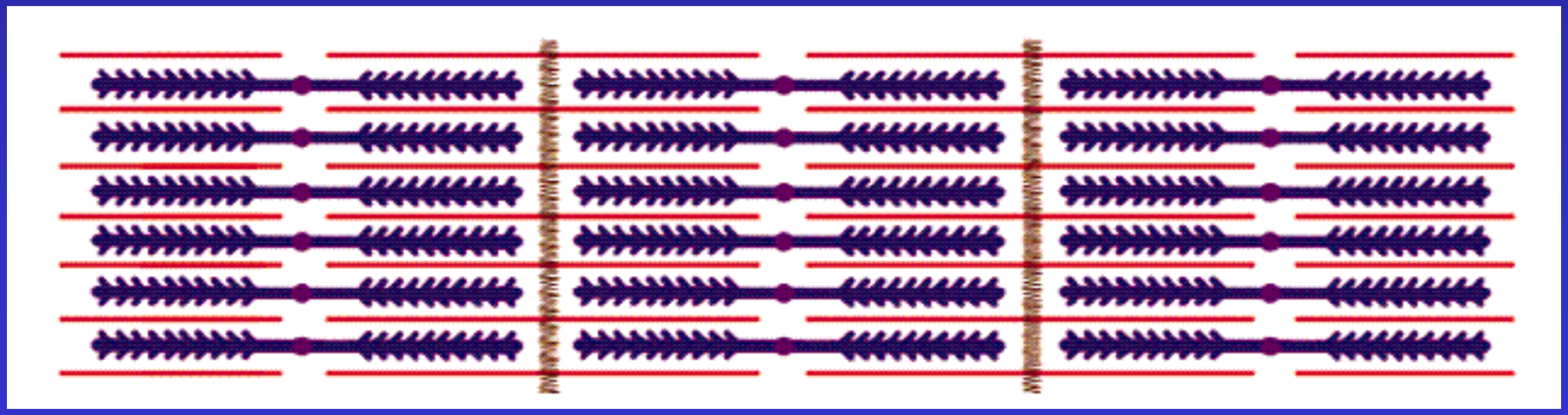



Z — SARCÔMEROS — Z

4.0 µm

Zwischen
“entre”

## Fibra Contraída

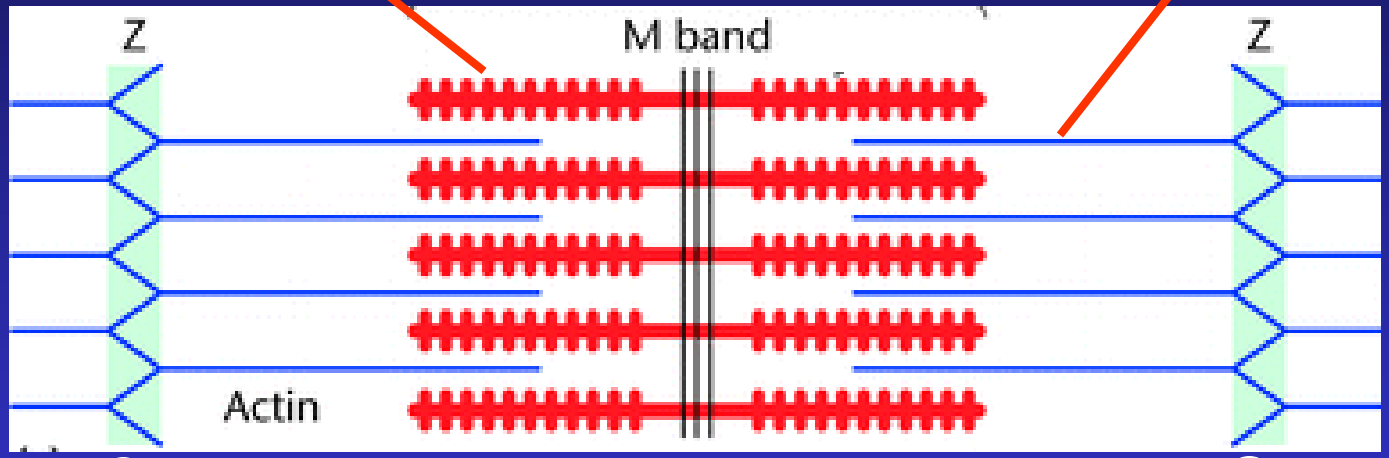


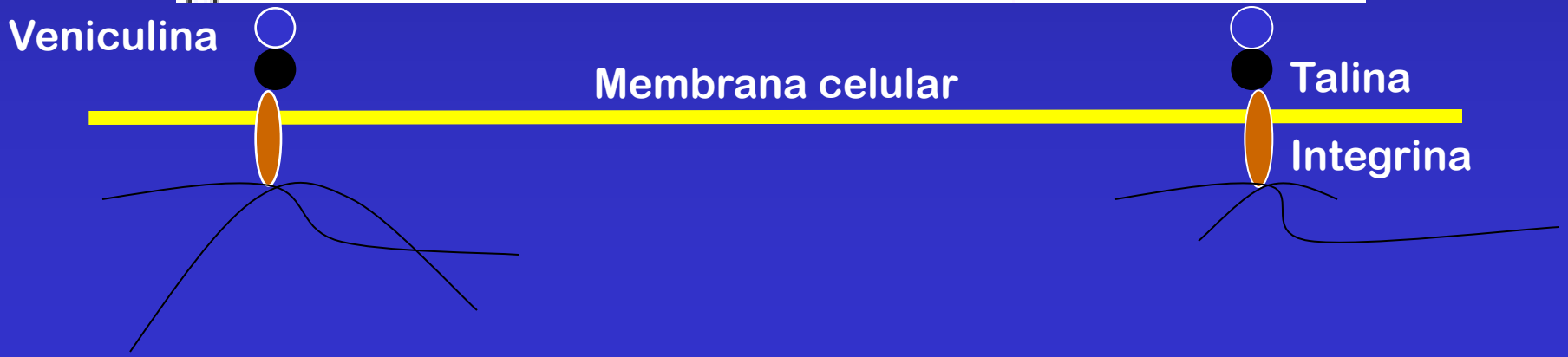
2.7 µm

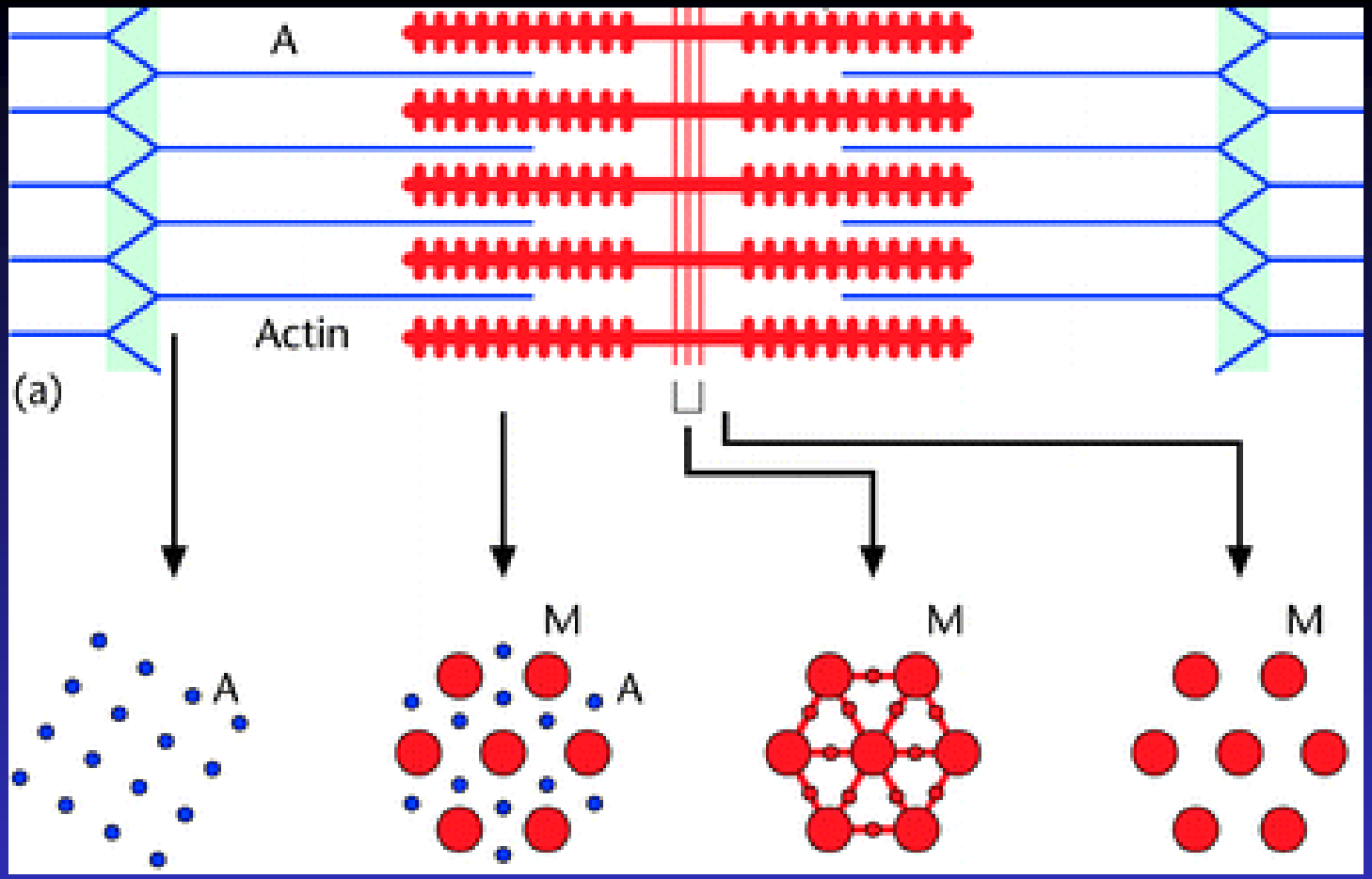
# Sarcômero e citoesqueleto

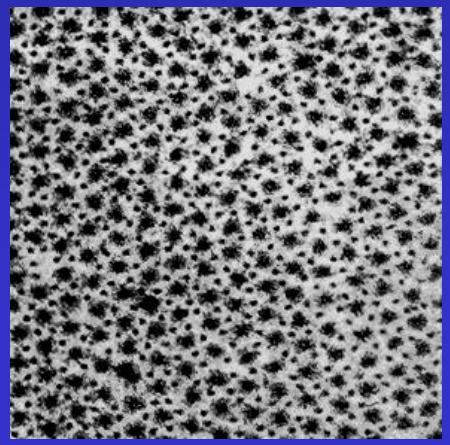
**Filamento Grosso**
**MIOSINA**

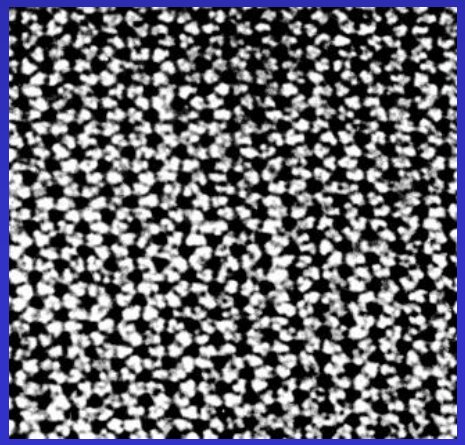
**Filamento Fino**
**ACTINA, TROPONINA, TROPOMIOSINA**




A
Actin
(a)
A
M
A
M
M



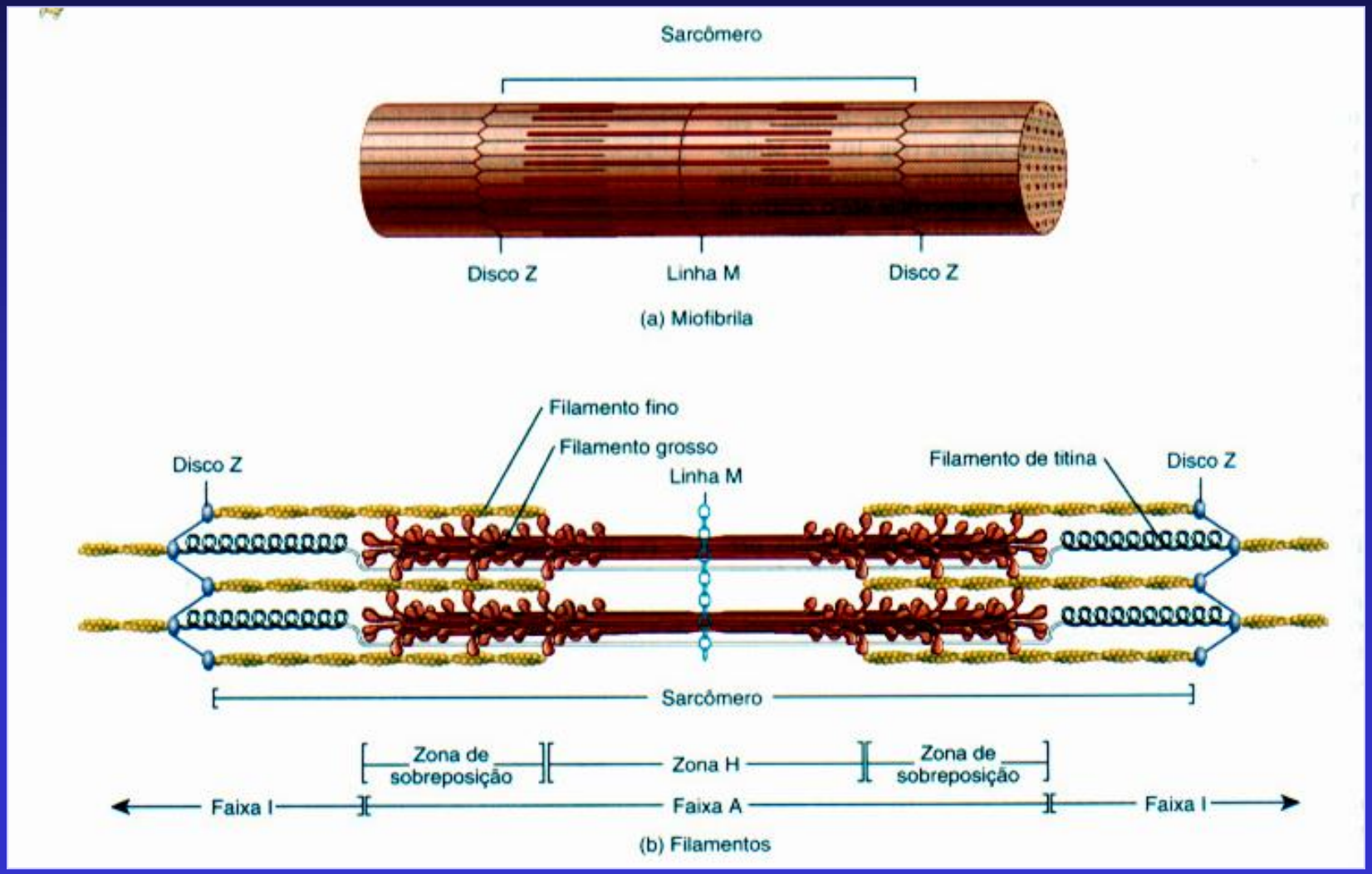


# Proteínas Contráteis

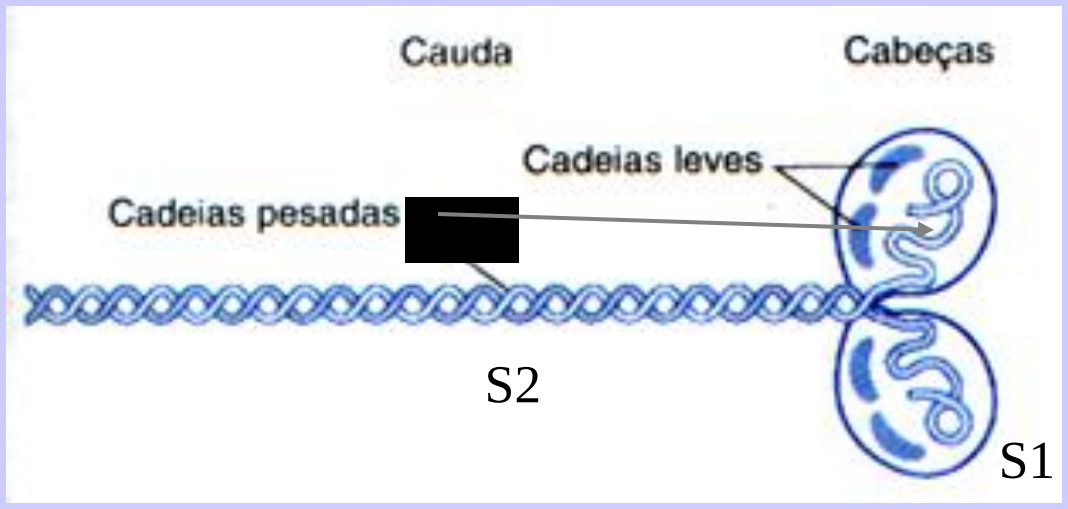
**As miofibrilas são formadas por três tipos de proteínas:**

1. **<u>Proteínas contráteis</u> → geram forças durante a contração**
2. **<u>Proteínas reguladoras</u> → ajudam a ligar, ou desligar, o processo contrátil.**
3. **<u>Proteínas estruturais</u> → mantêm os filamentos grossos e finos no seu alinhamento adequado, dão elasticidade e extensibilidade às miofibrilas e ligam as miofibrilas ao sarcolema e à matriz extracelular.**

# As miofibrilas contêm dois tipos de filamentos: grossos e finos

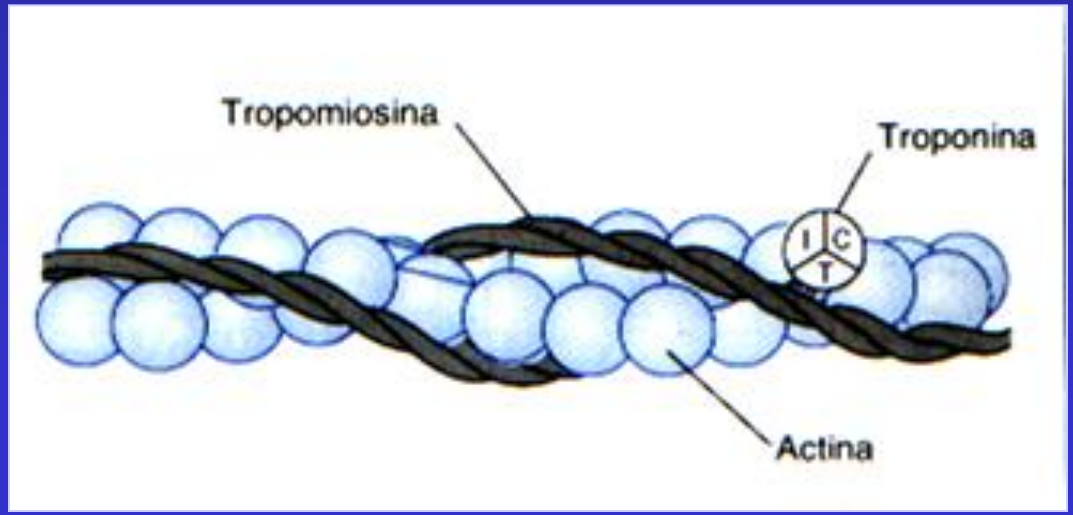


# Proteínas Contráteis




- **Filamentos Grossos**

Miosina




- **Filamentos Finos**

Actina, tropomiosina e troponina

# Filamento Grosso

**Miosina**: Meromiosina pesada (S1 e S2)

Meromiosina leve

• Fragmento S1: 2 cadeias pesadas (MHC) com atividade ATPásica.

• 2 pares de cadeias leves:

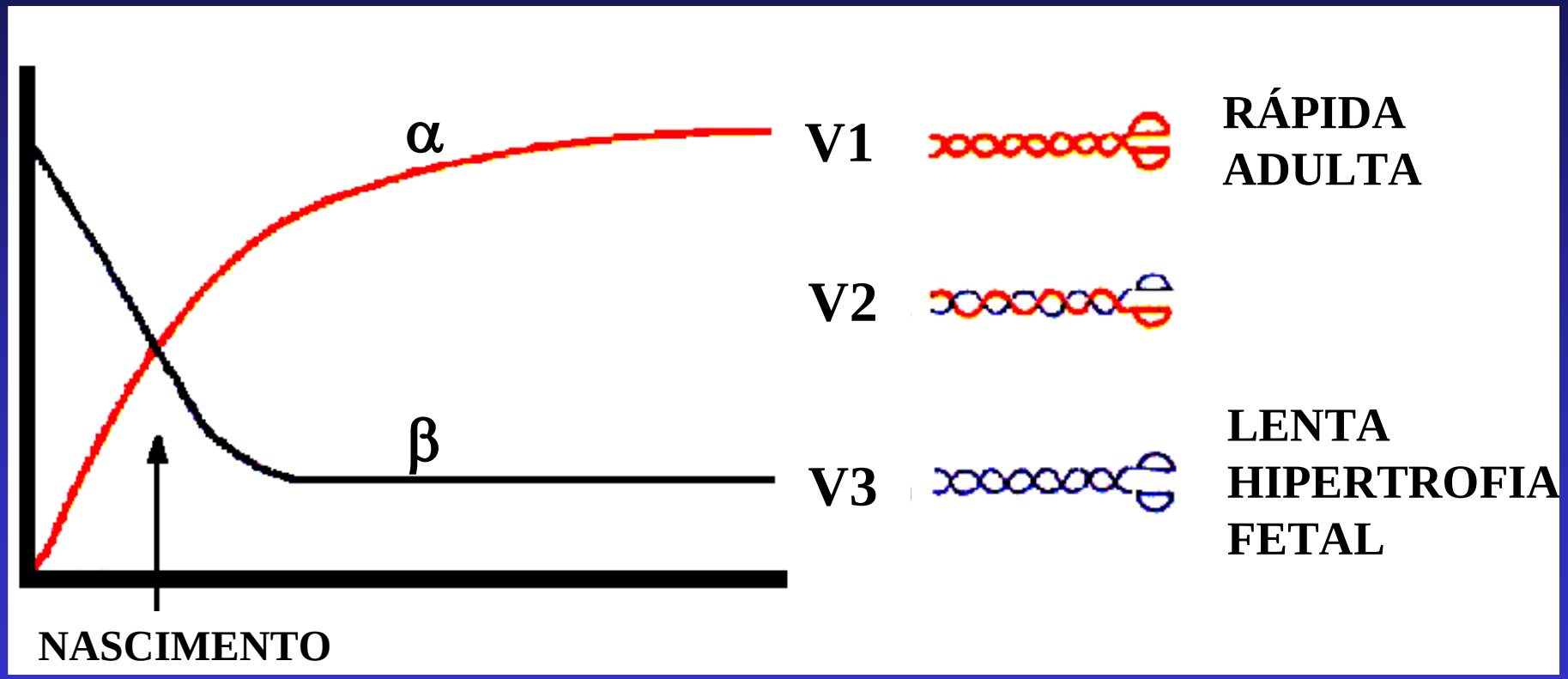
-essencial (ou álcali),

-regulatória (fosforilável)

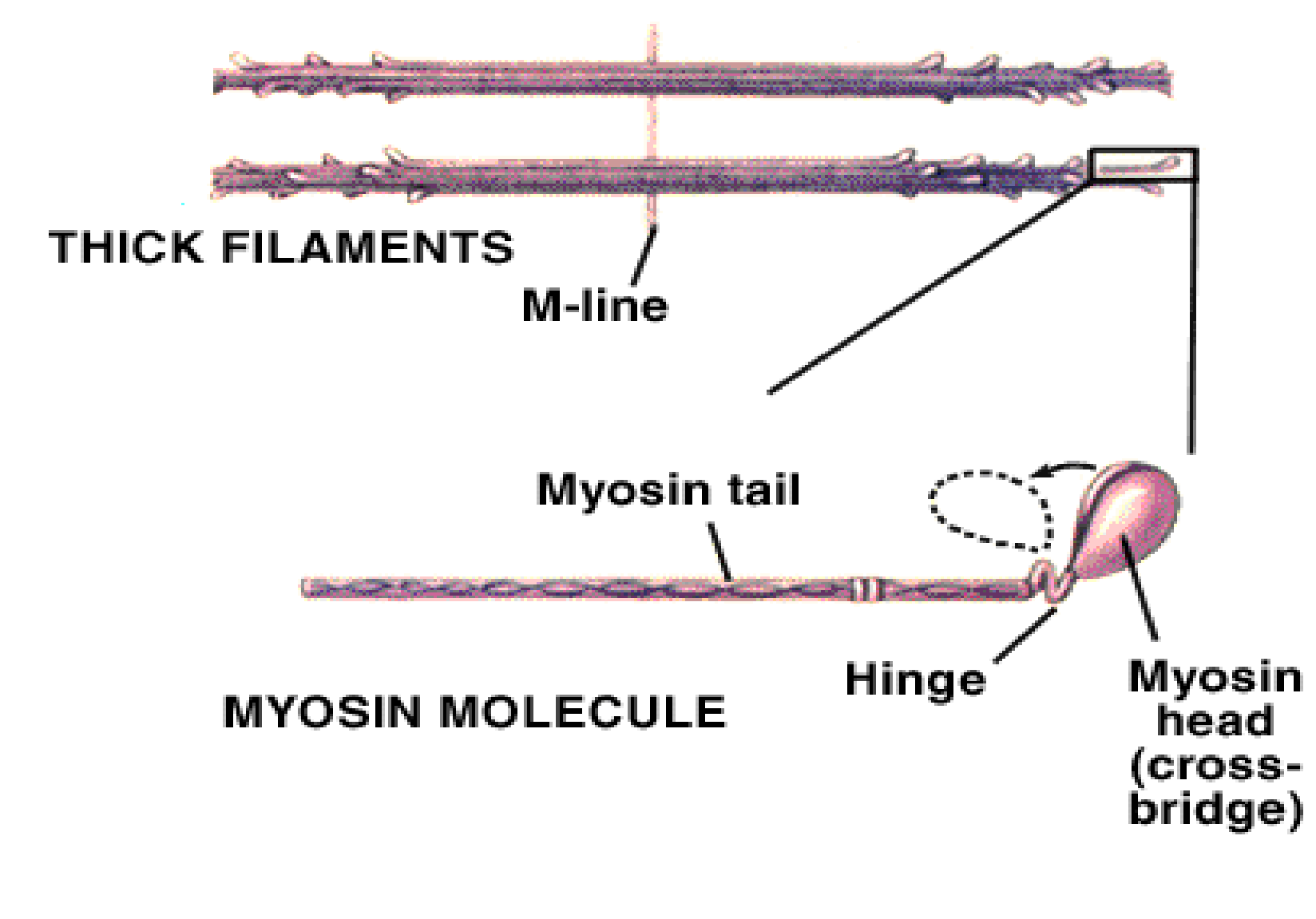
- sítio de ligação de ATP

Isoformas de cadeia pesada.

# Isoformas de cadeia pesada

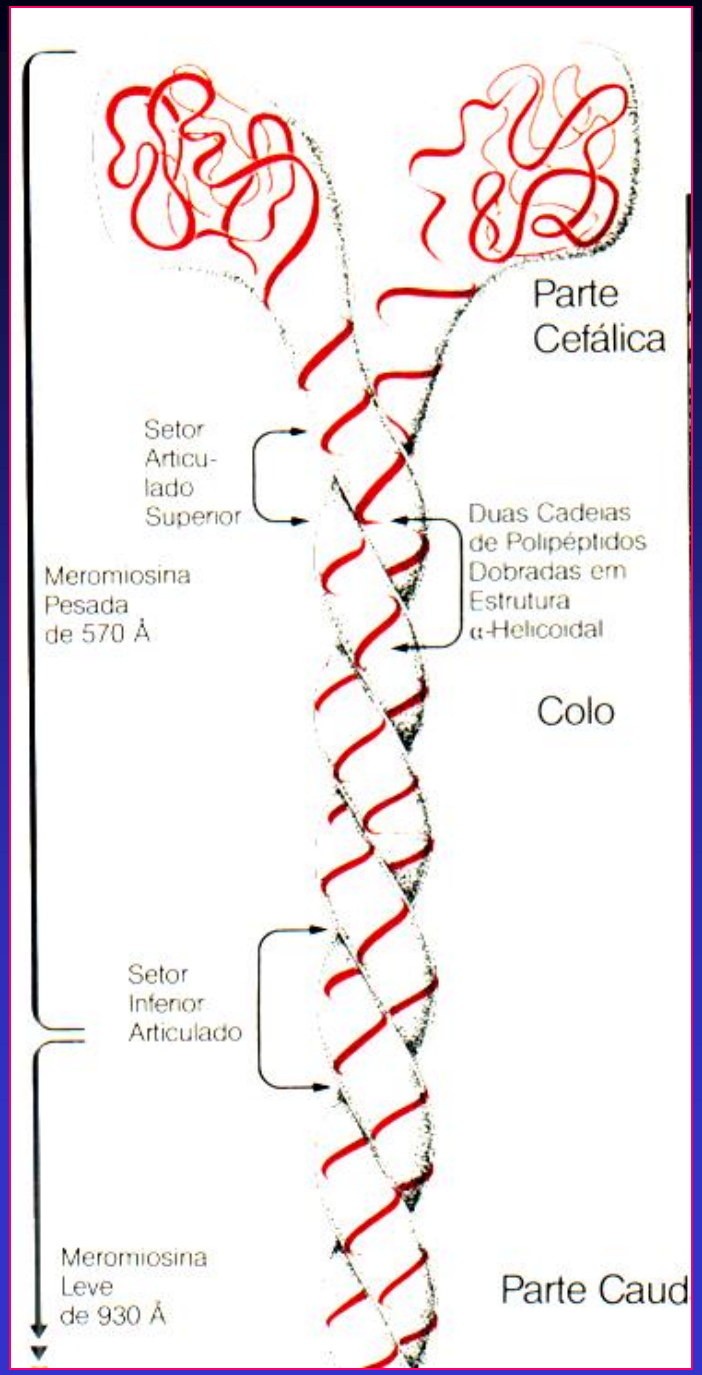


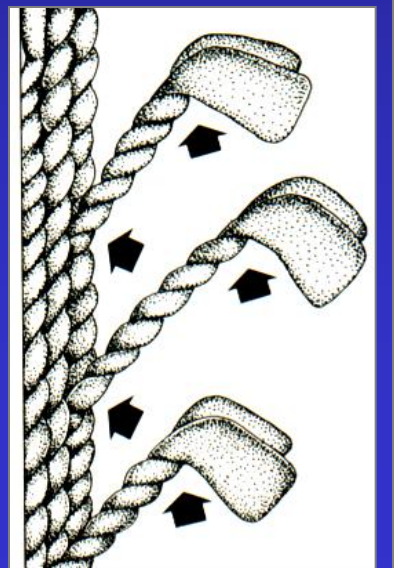
# Filamento de miosina

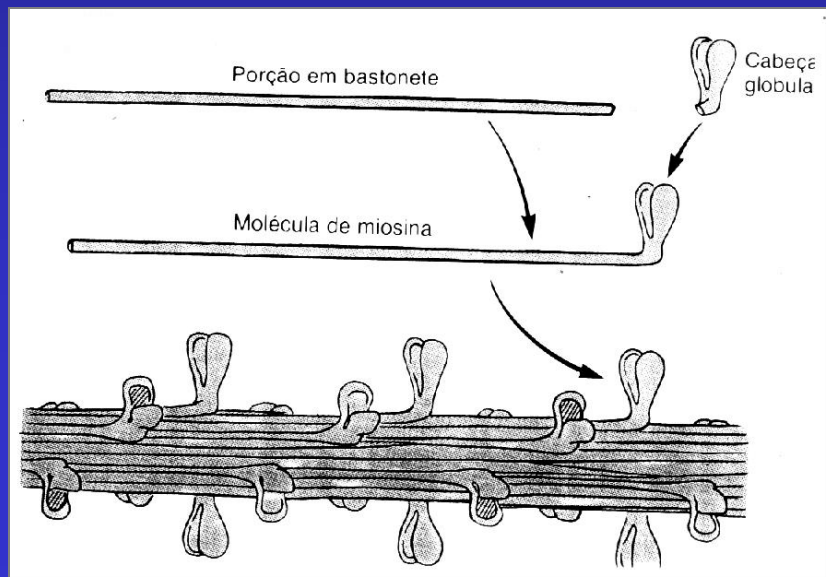


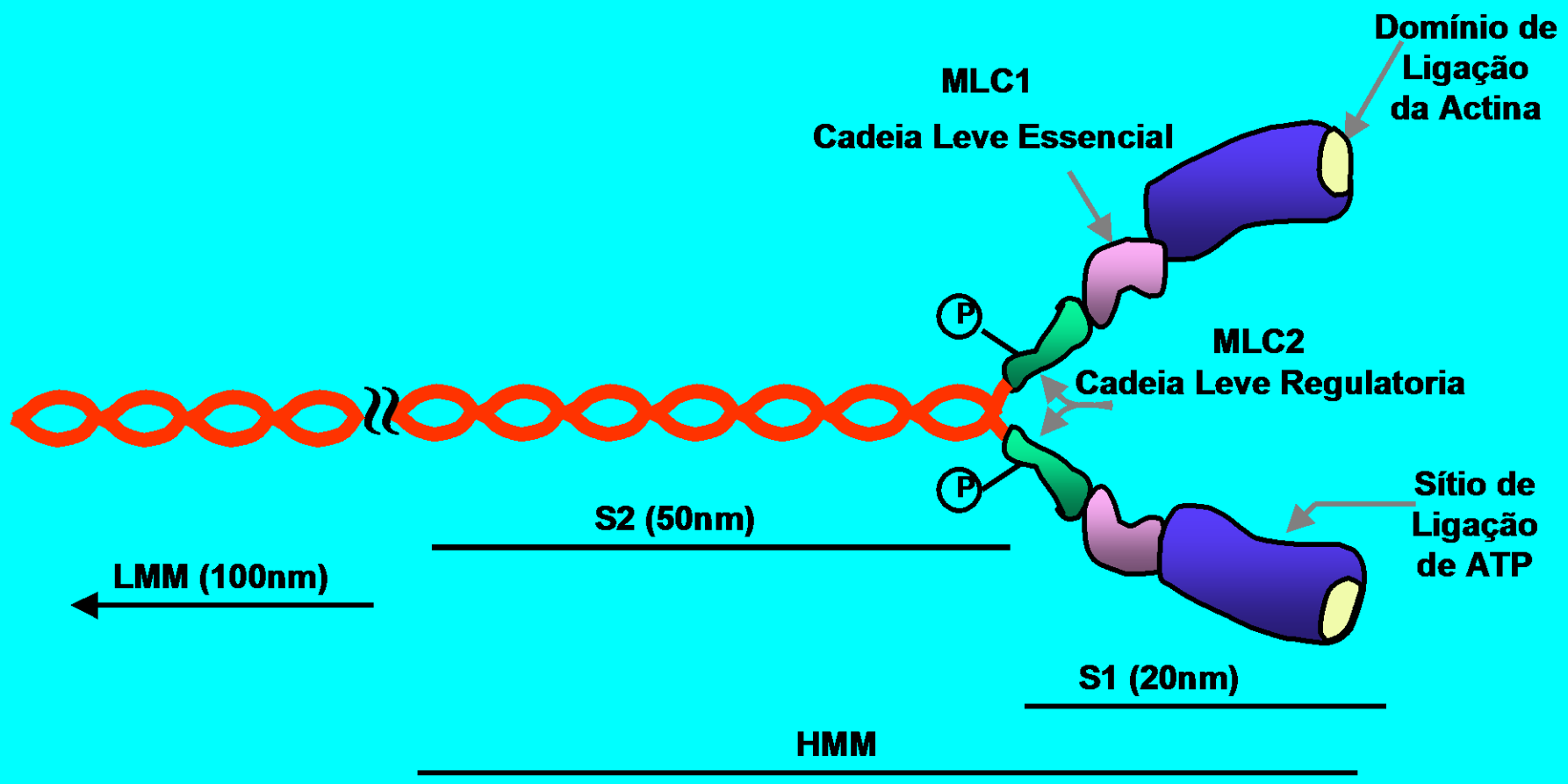
# Filamento Grosso

MIOSINA







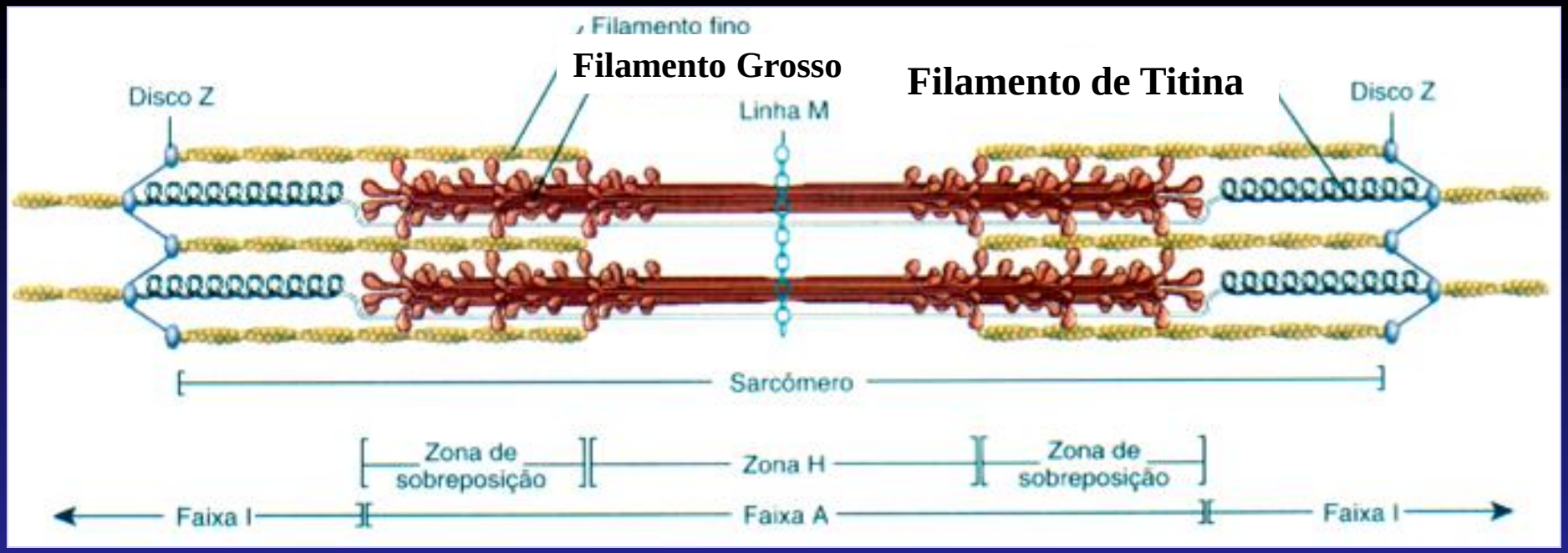

**<u>Miosina:</u> A molécula de miosina tem aproximadamente 170 nm de comprimento e apresenta duas cabeças globulares (S1) e caudas (incluindo a meromiosina leve LMM + S2), as quais se apresentam como uma cauda entrelaçada. As duas cadeias leves (MLC) estão indicadas na região do pescoço.**

**Adaptado de Warshaw, 1996**

- **Proteína C:** PM~ 140 Kda →Liga-se a miosina e a titina.
- 3 isoformas: Músculo esquelético rápido

  Músculo esquelético lento

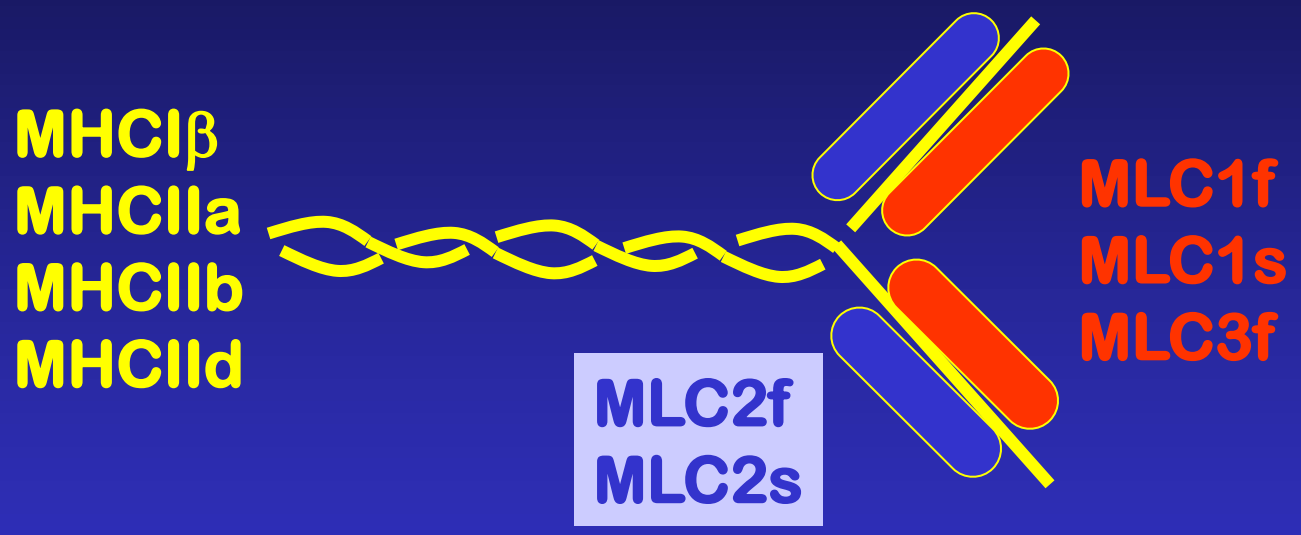
  Músculo cardíaco.
- Proteína H: PM~ 74 Kda →ligada à proteína C.
- Proteína M e miomesina: PM ~ 165 Kda→localizada na linha M do sarcômero.




**Titina:** PM ~ 3.000 Kda → estende-se da linha Z à linha M.

Compreende uma parte inextensível ao nível da banda A e extensível ao nível da banda I, parece ser uma régua para ajustar o tamanho da banda A e permitir a ligação da proteína C.

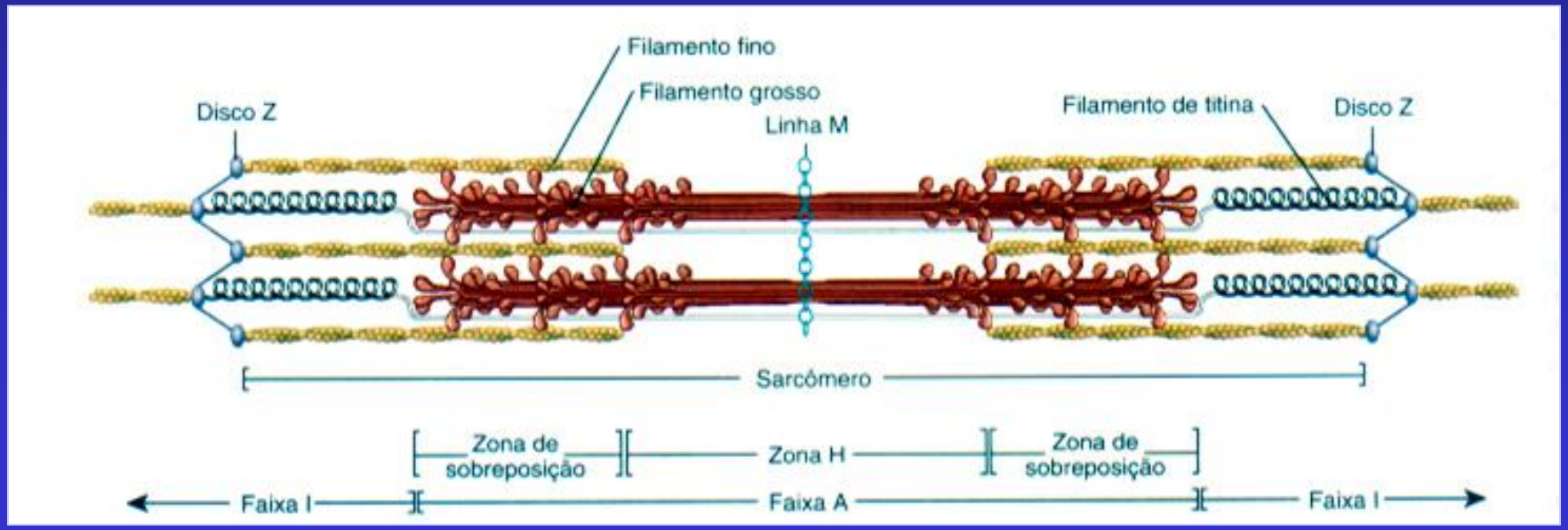
# Miosina



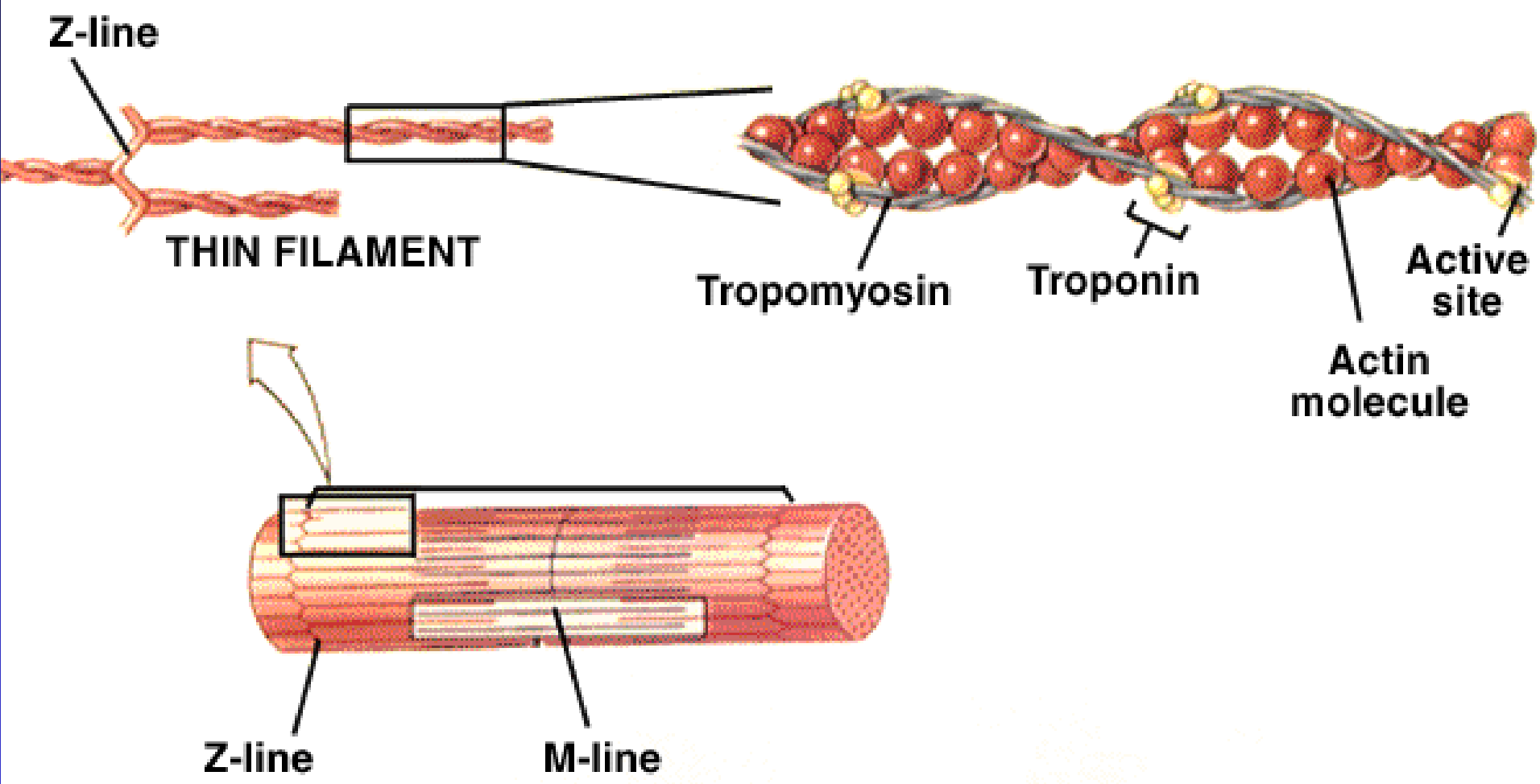
# Filamento Fino

- Actina: 2 isoformas: α-esquelética e β-cardíaca

- Tropomiosina: proteína alongada, dimérica 2 isoformas: α (PM~34 Kda) e β (PM~36 Kda) → combinações possíveis, αα, ββ e αβ.



# Filamento de actina



# Troponina pode ser separada em 3 componentes: I, C e T

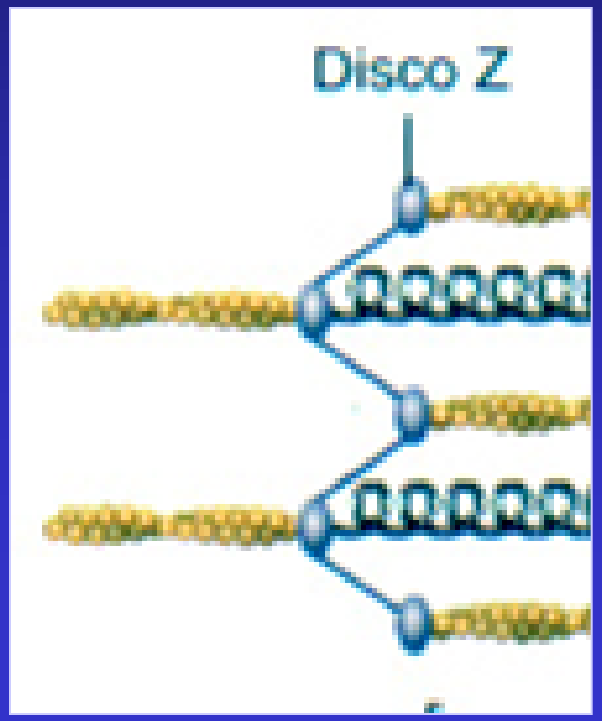
- Troponina C: “fator sensibilizante de $Ca^{2+}$” que acopla ao cálcio

- Troponina I: “fator inibitório” que inibe a ATPase estimulada por $Mg^{2+}$ da actina-miosina. Apresenta sítios de fosforilação para PKA

- Troponina T: necessária para o funcionamento do complexo Total, além de permitir a junção do complexo de troponina à actina e tropomiosina.

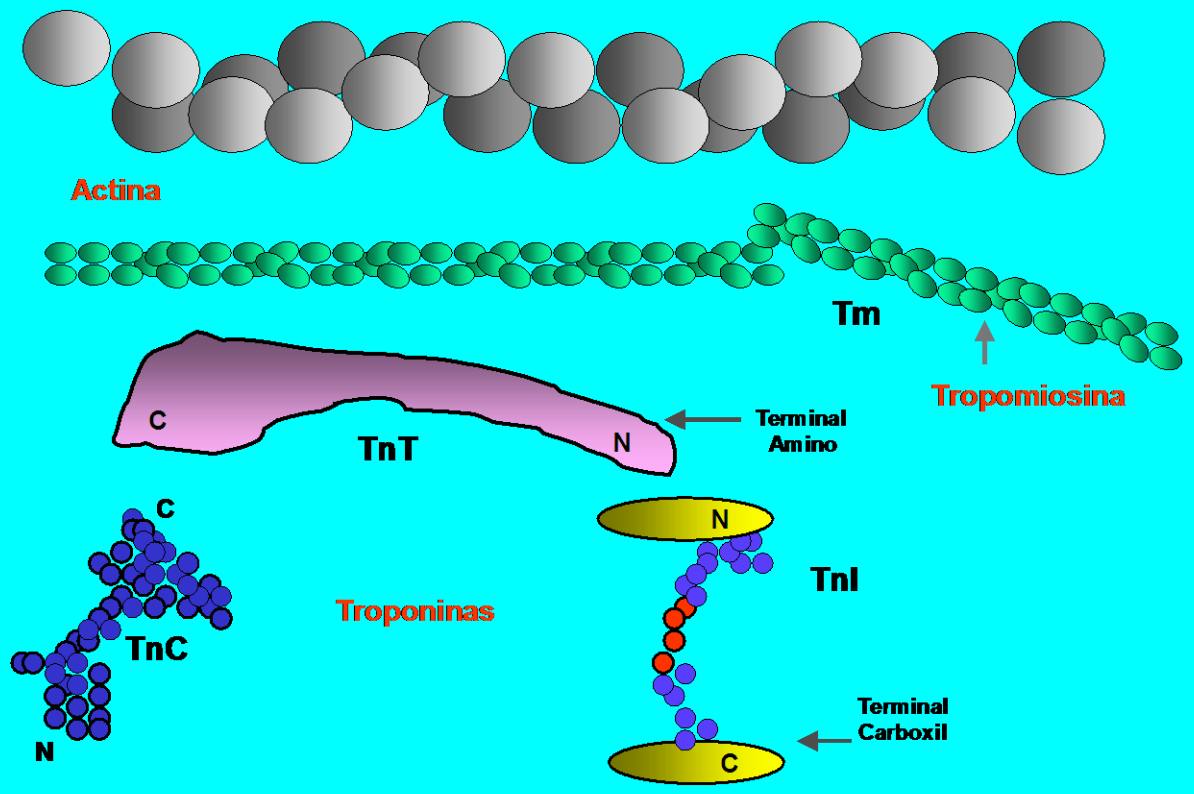
# Filamento fino

**Tropomodulina** (PM~43 Kda)→funciona como capa para a ponta livre do filamento fino e mantém o seu comprimento "in vivo".



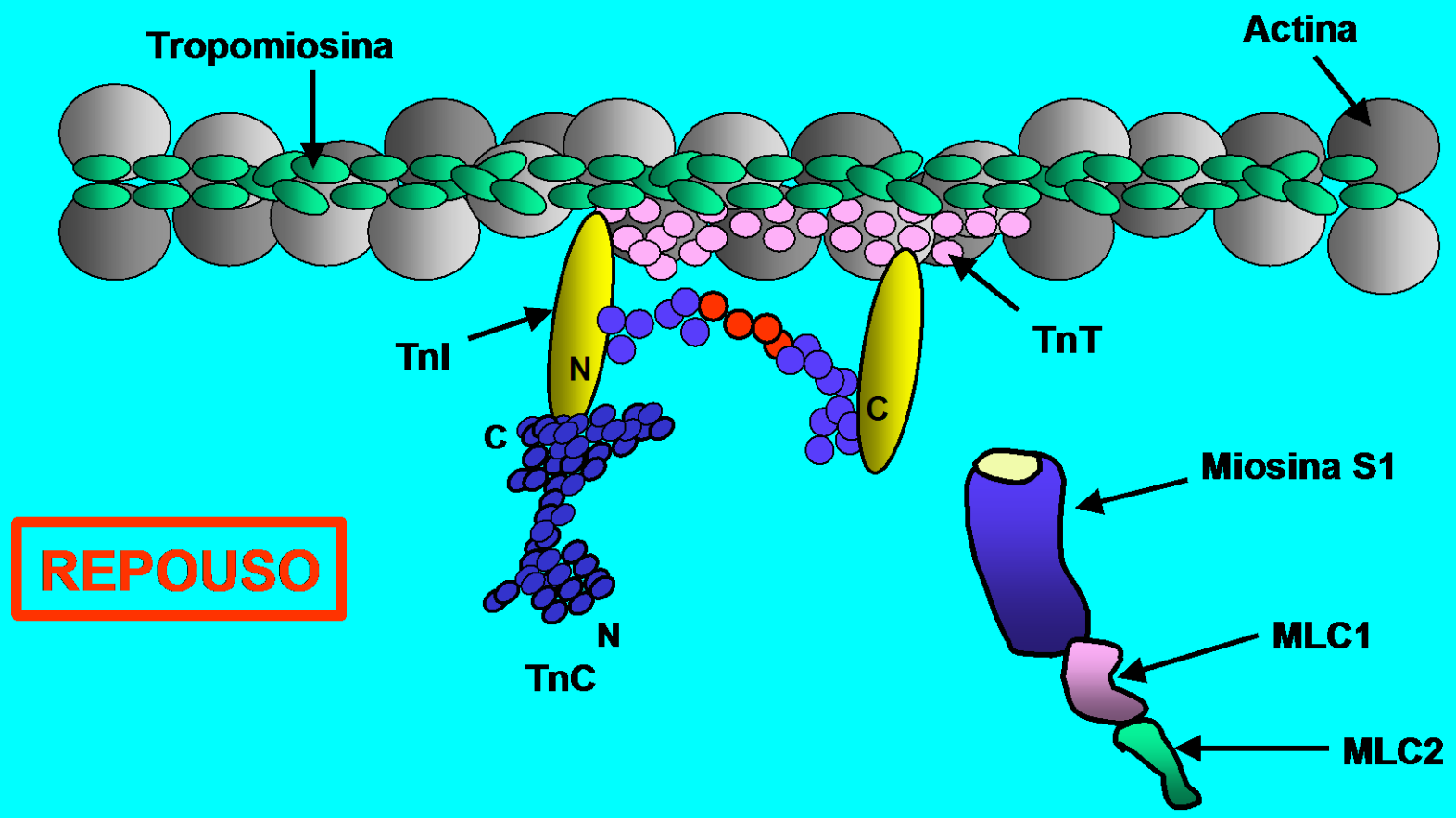

**Nebulina** (PM~700 a 900 Kda)

Ligada ao disco Z e interage com a actina. Parece funcionar como régua que determina o comprimento do filamento fino.



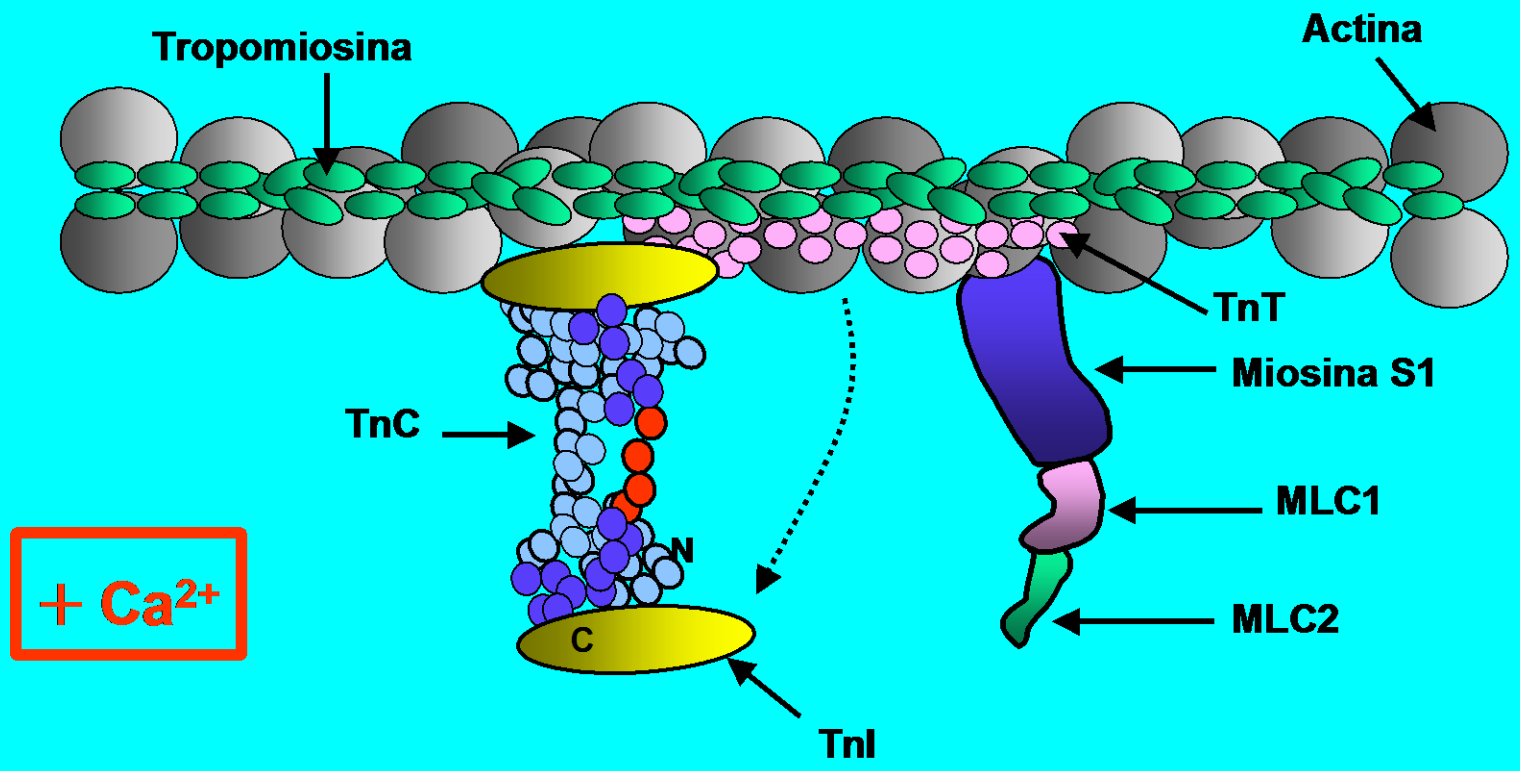

# Miofilamento: Actina.

Desenho representativo do complexo estrutural da actina (Adaptado de Solaro & Rarick, 1998).



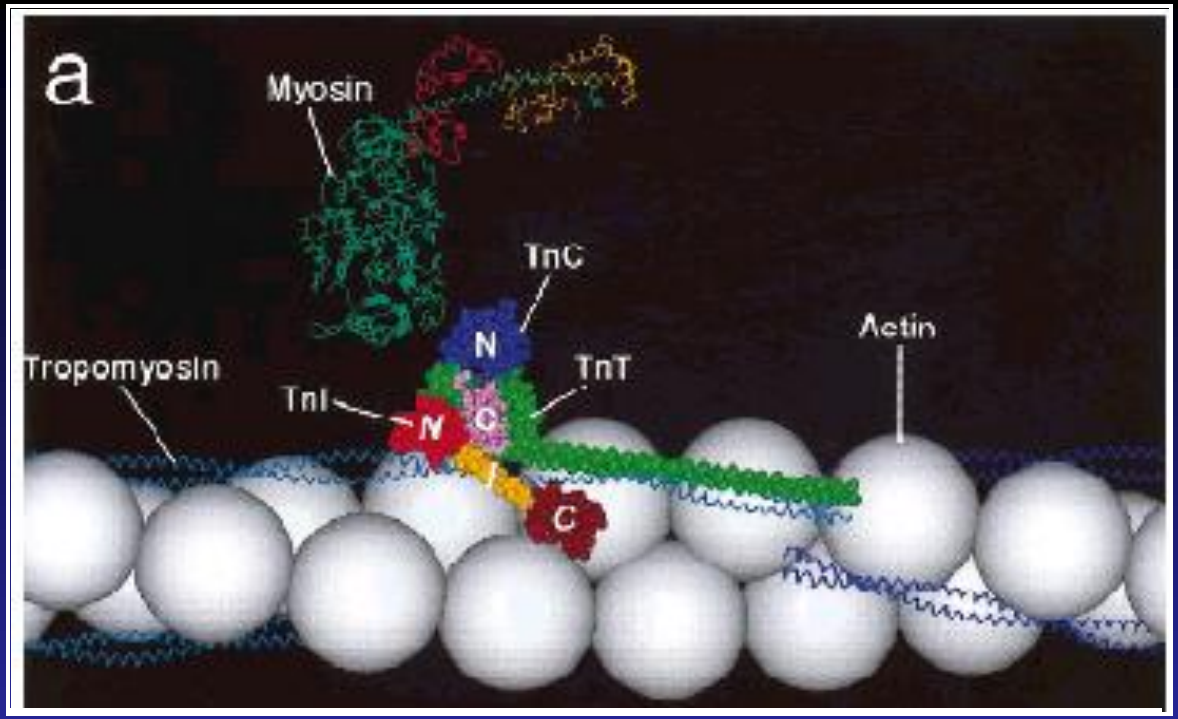

**No repouso:** o terminal C da TnI está ligado à actina, desta forma, ancorando o complexo TnT-tropomiosina (Tm) e, impedindo que a cabeça da miosina (S1) se ligue à actina.

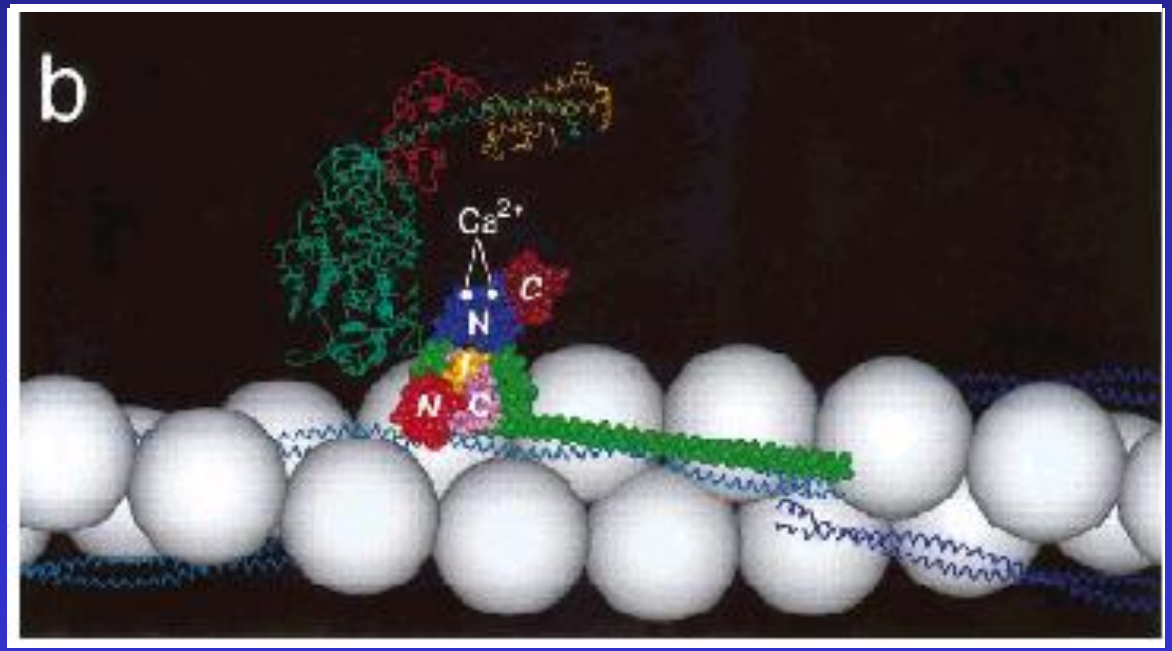
Adaptado de Solaro & Rarick, 1998.

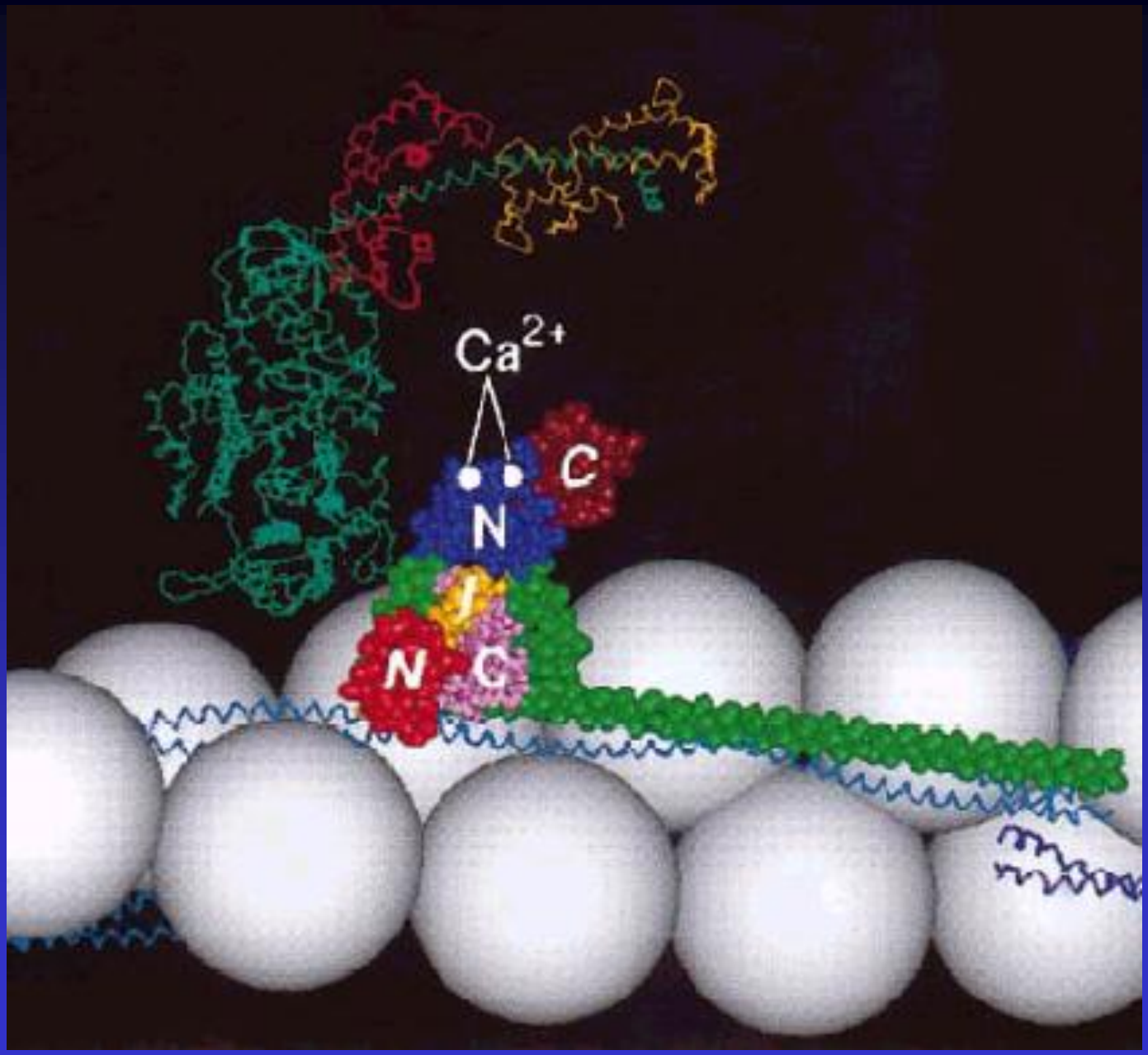



**Em presença de $Ca^{2+}$:** Quando o $Ca^{2+}$ se liga ao terminal amino da TnC, esta região se liga fortemente ao terminal carboxil da TnI, a qual se desloca da actina permitindo que o complexo TnT-Tm se desloque para o fundo da fenda formada pela actina e, conseqüentemente, exponha os sítios situados ao longo da actina aos quais irão interagir as cabeças S1 da miosina.

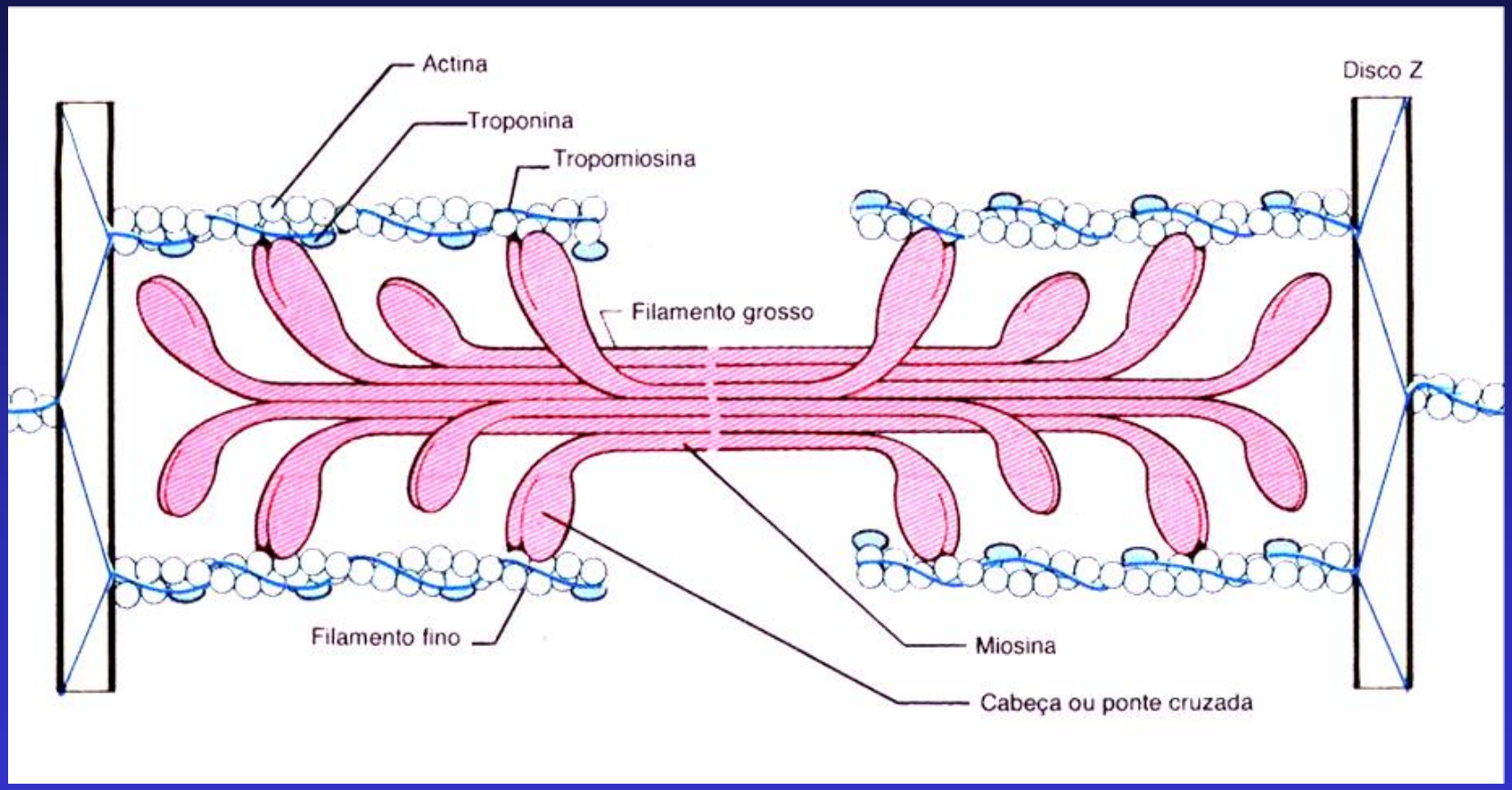
**Adaptado de Solaro & Rarick, 1998.**


a
Myosin
TnC
N
Actin
Tropomyosin
TnT
TnI
N
C
C

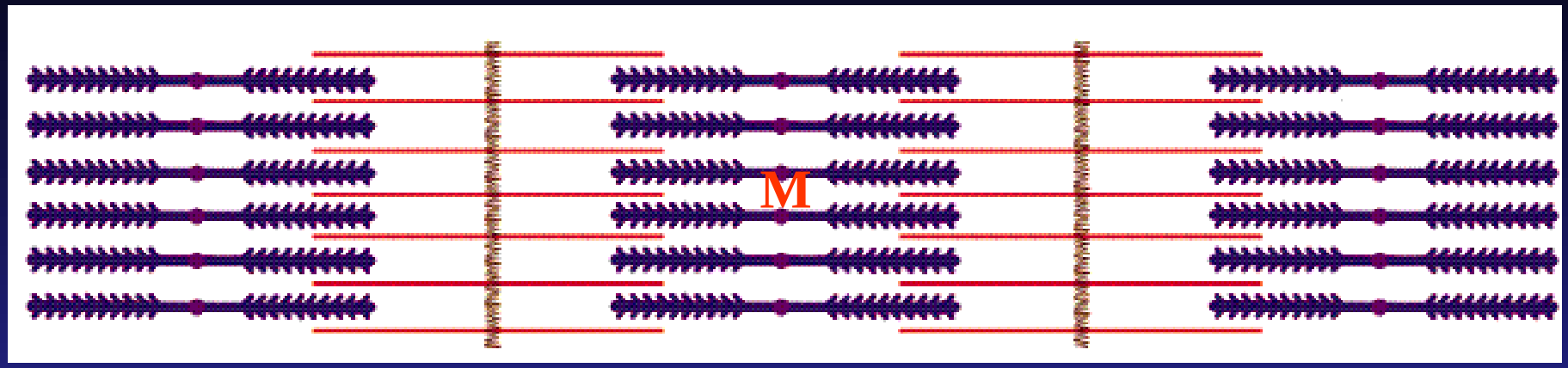

b
$Ca^{2+}$
C
N
N
C


Ca2+
C
N
J
N
C

# Contração Muscular



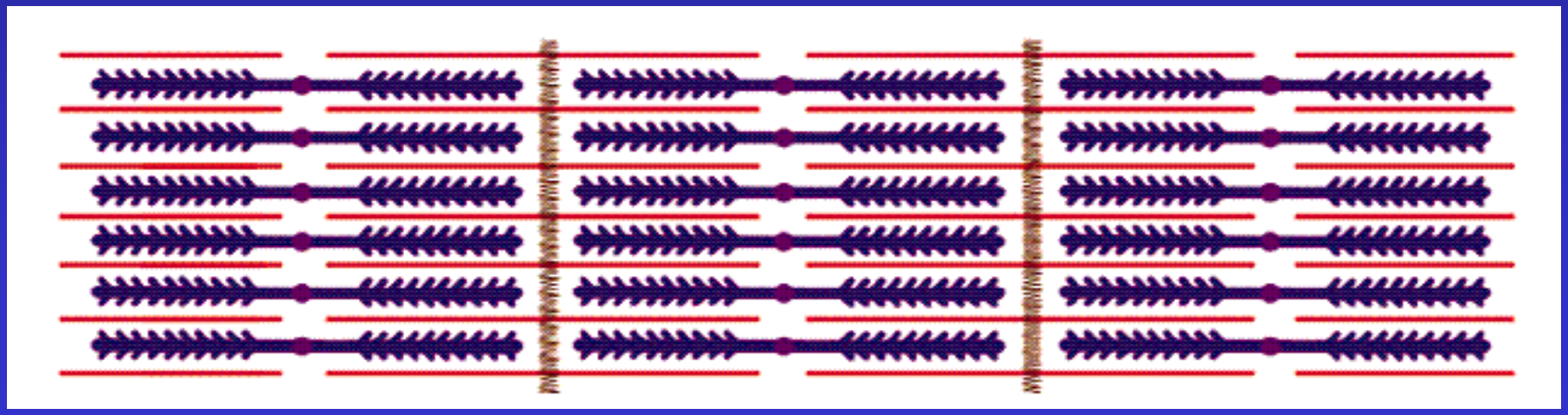
# Fibra Relaxada




Z — SARCÔMEROS — Z

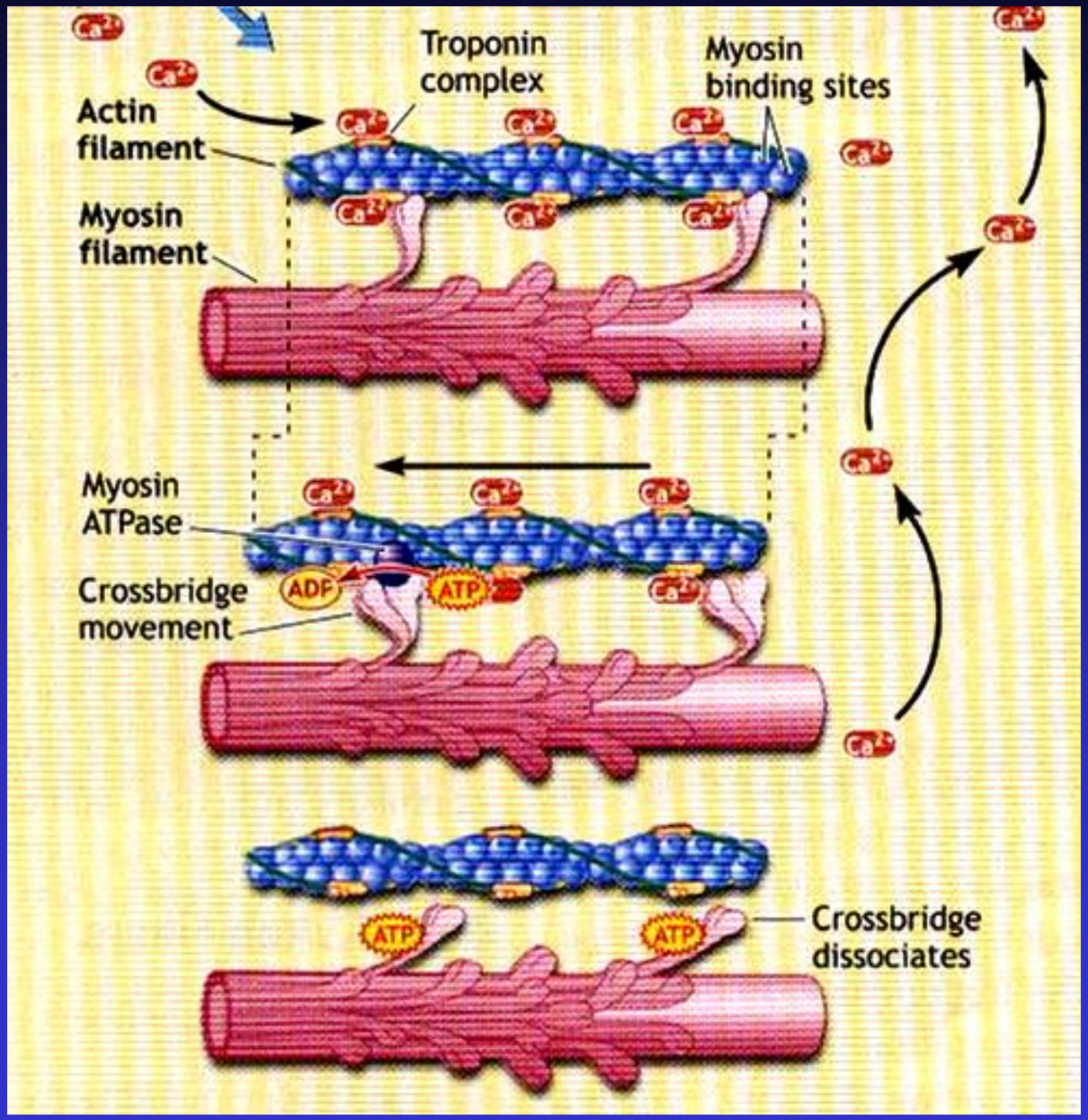
4.0 µm

# Fibra Contraída

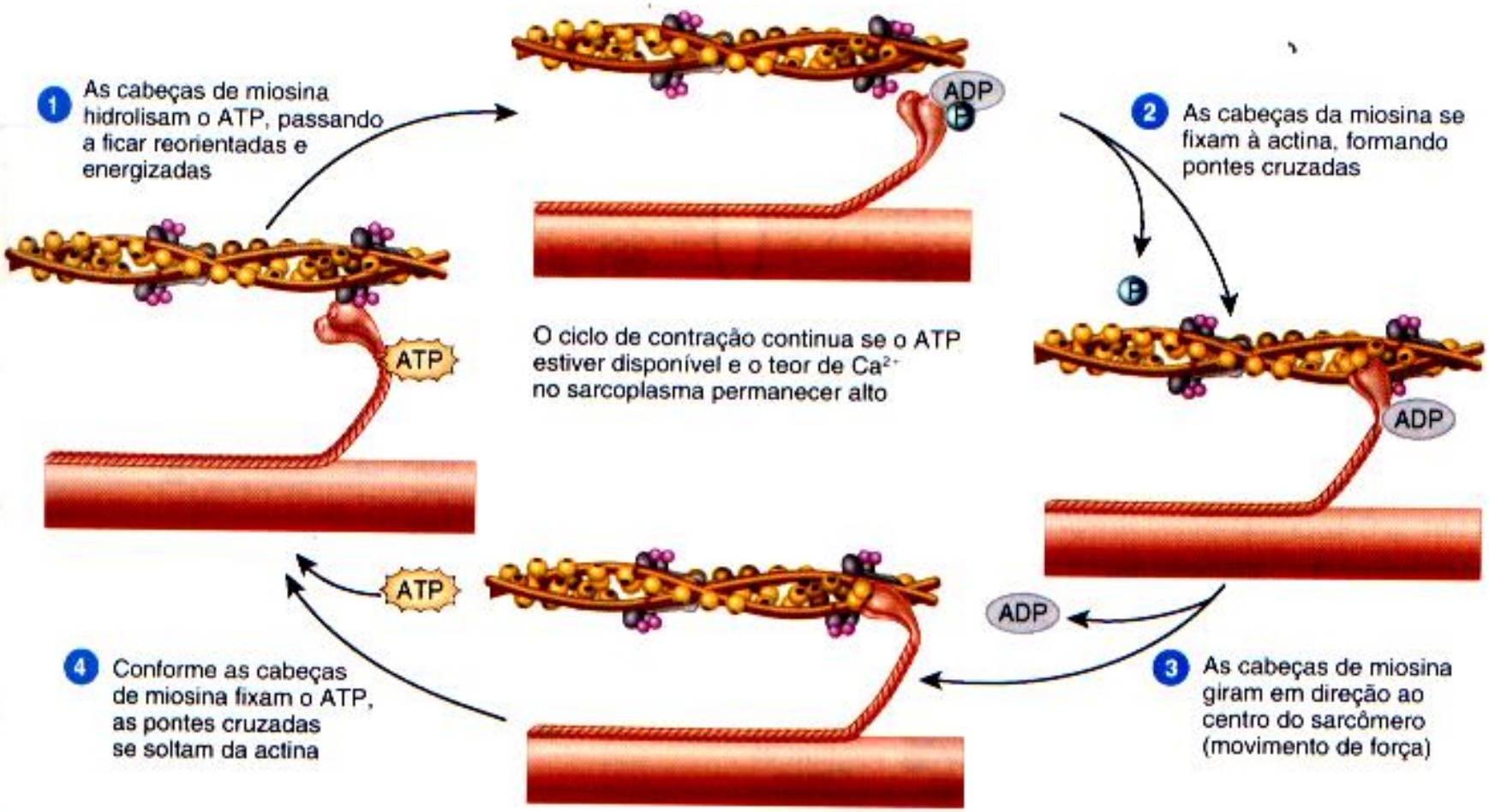


2.7 µm

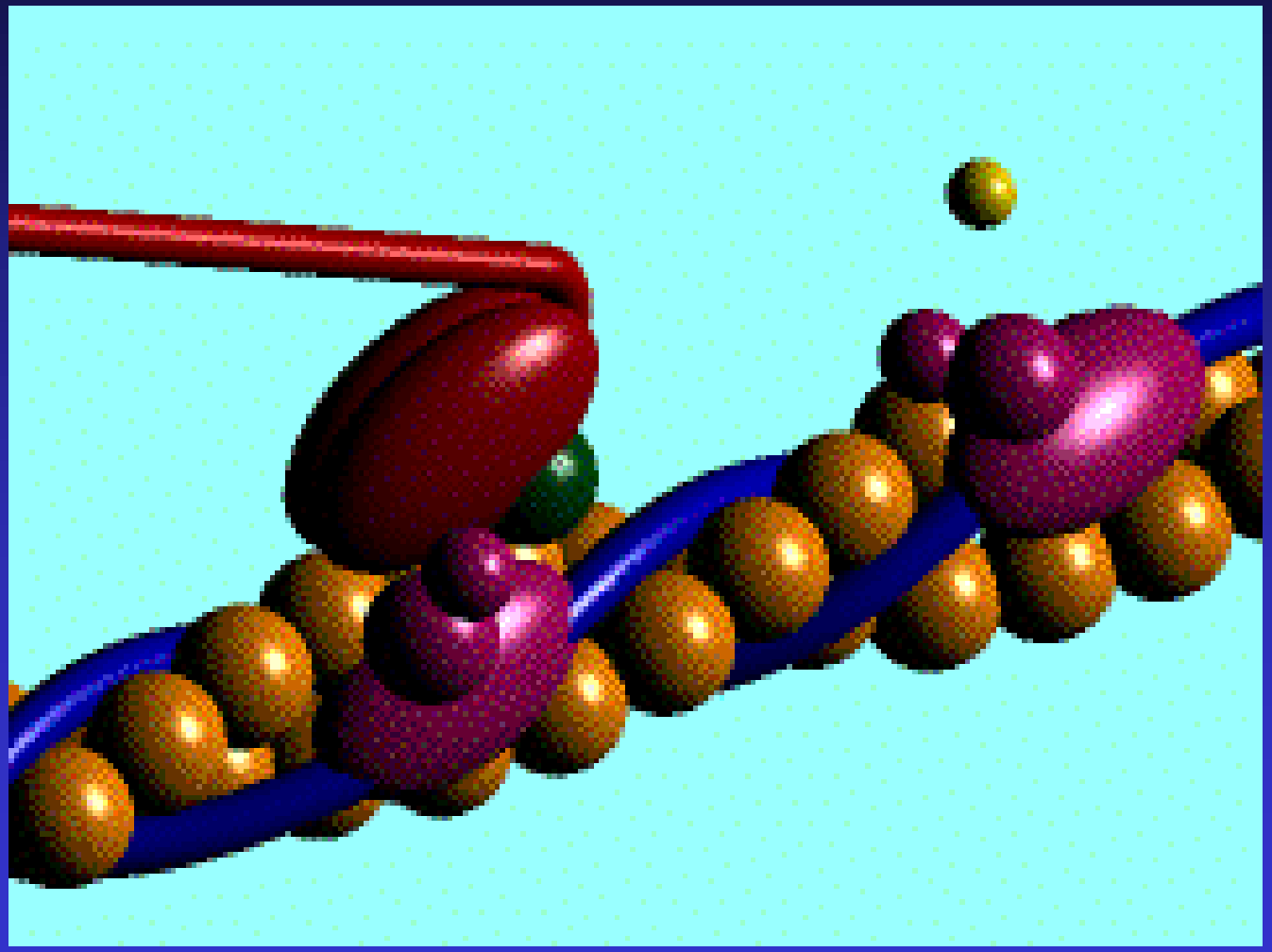
# Contração Muscular

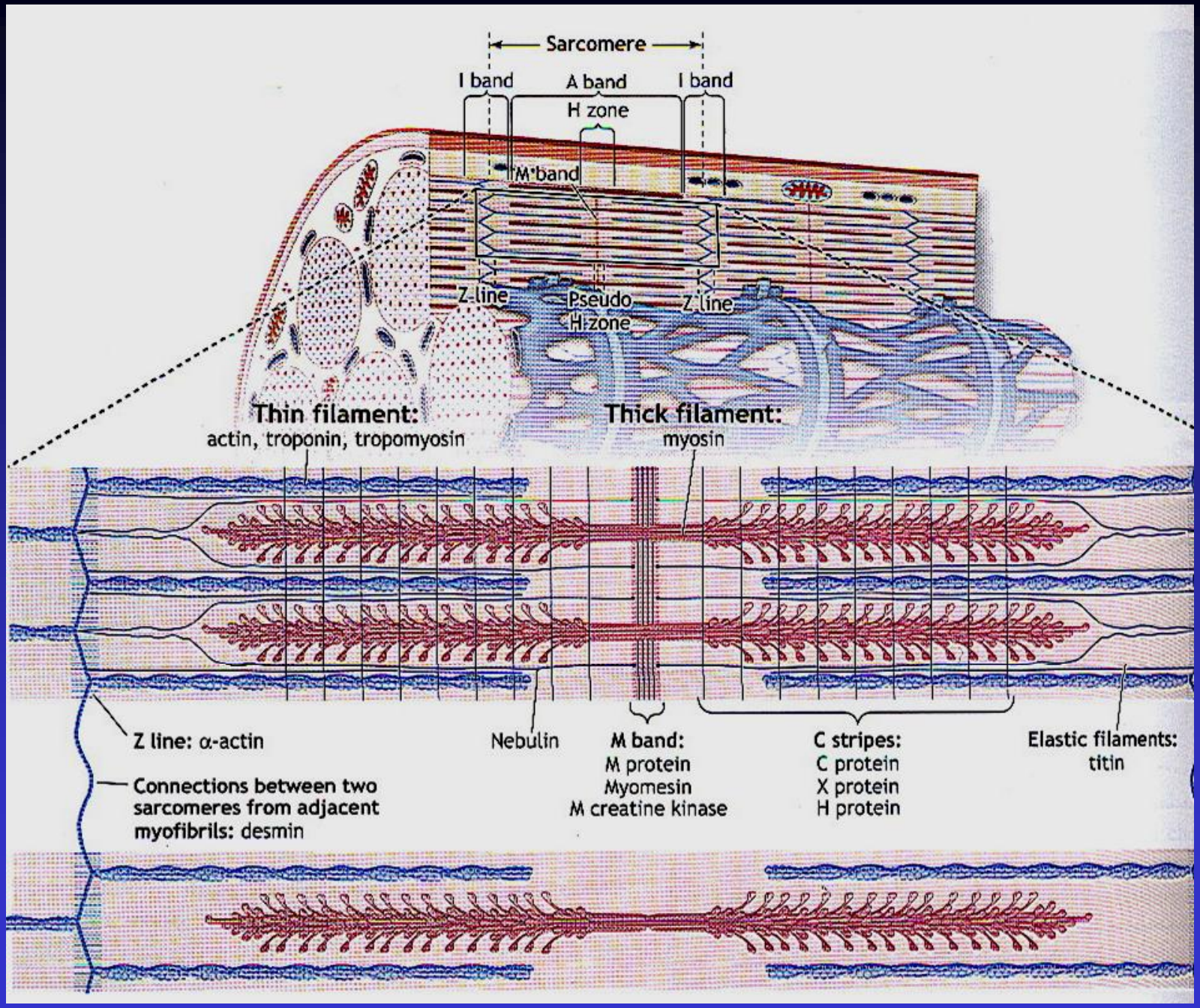


# Ciclo da Contração

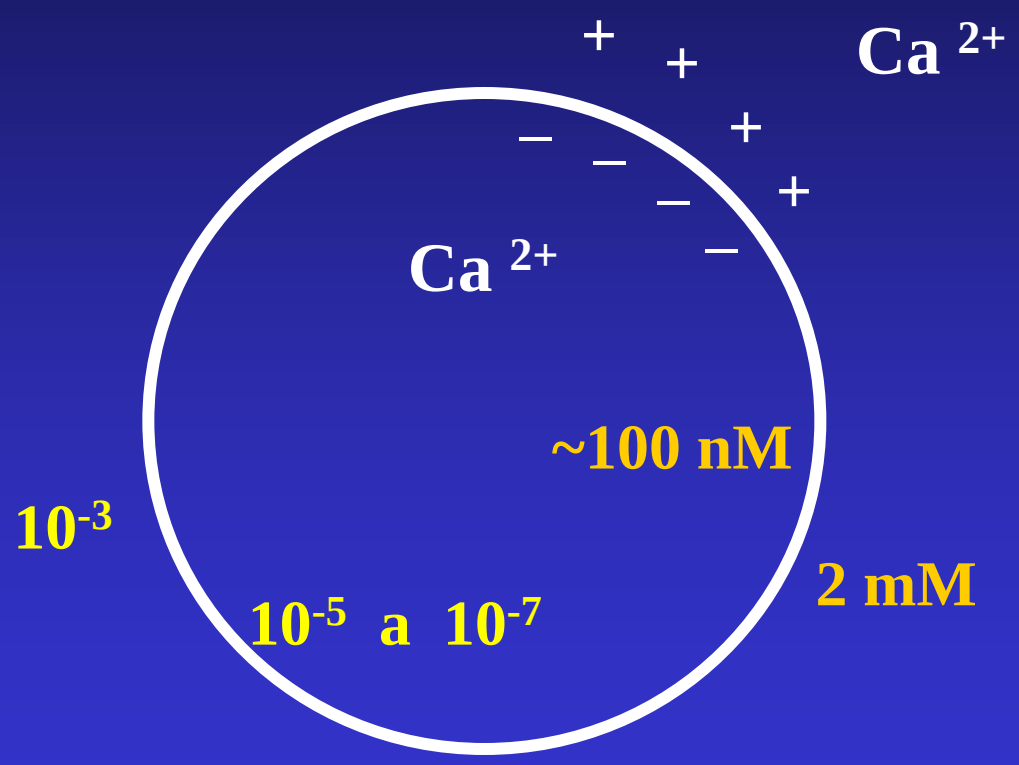


# Contração muscular




Sarcomere
I band
A band
I band
H zone
M band
Z line
Pseudo H zone
Z line
Thin filament:
actin, troponin, tropomyosin
Thick filament:
myosin
Z line: α-actin
Connections between two sarcomeres from adjacent myofibrils: desmin
Nebulin
M band:
M protein
Myomesin
M creatine kinase
C stripes:
C protein
X protein
H protein
Elastic filaments:
titin

# A CONCENTRAÇÃO DE $Ca^{2+}$ DENTRO DA CÉLULA É CRÍTICA PARA A CONTRAÇÃO

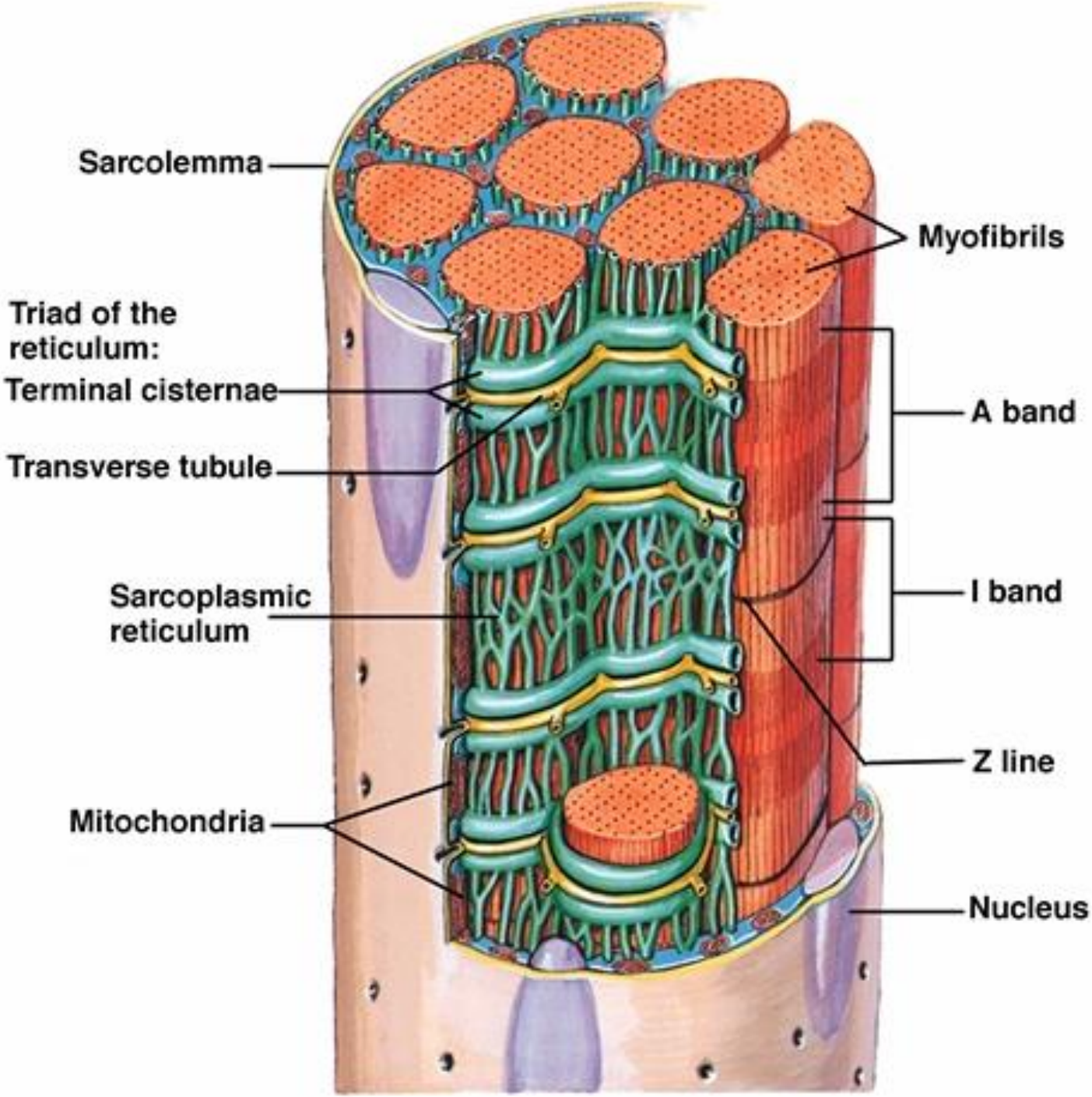


# Qual a importância das Tríades?

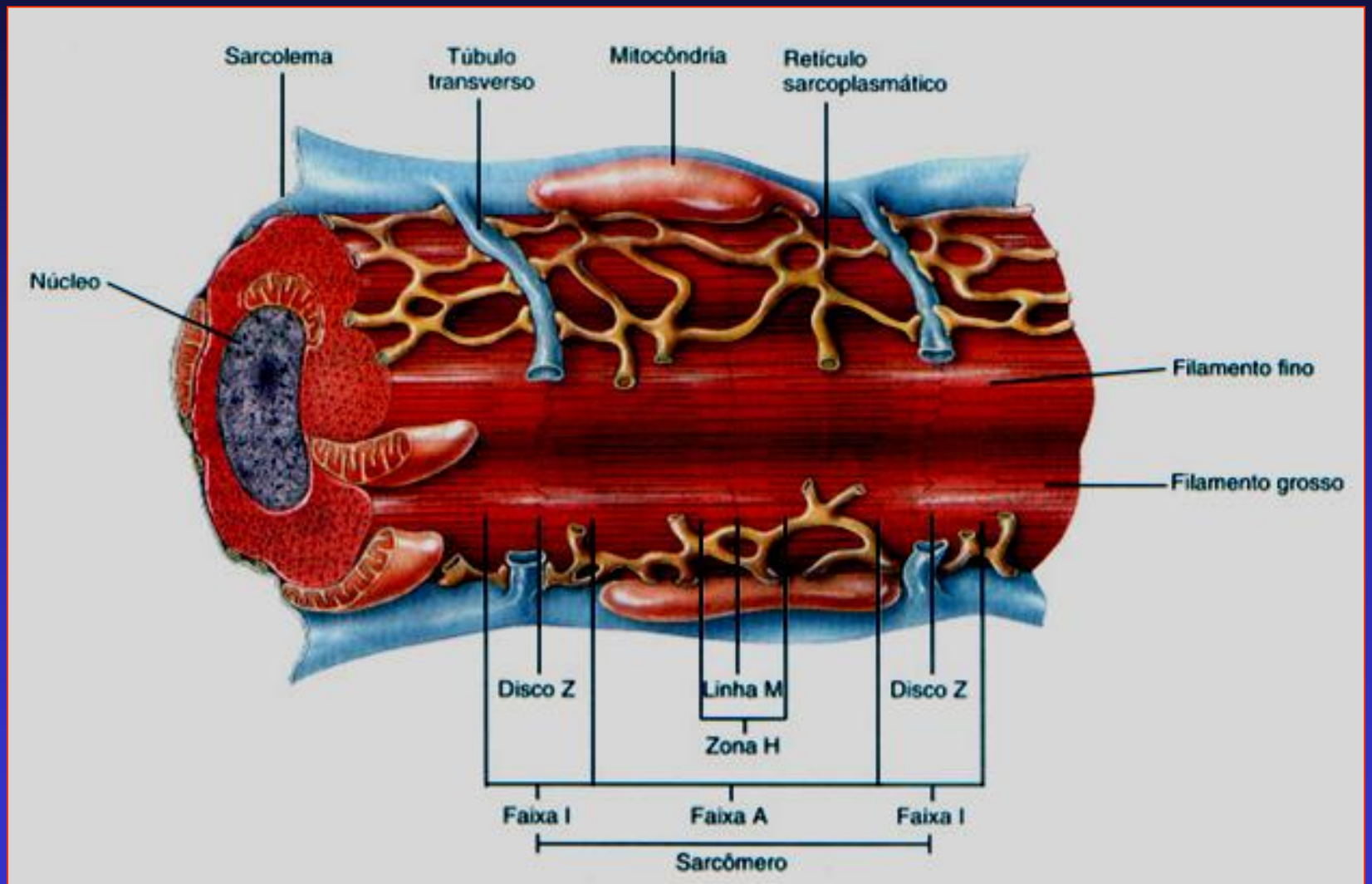
# Qual a importância das Tríades?

1 Túbulo T
2 Retículos Sarcoplasmático

# Fibra muscular



# Retículo Sarcoplasmático

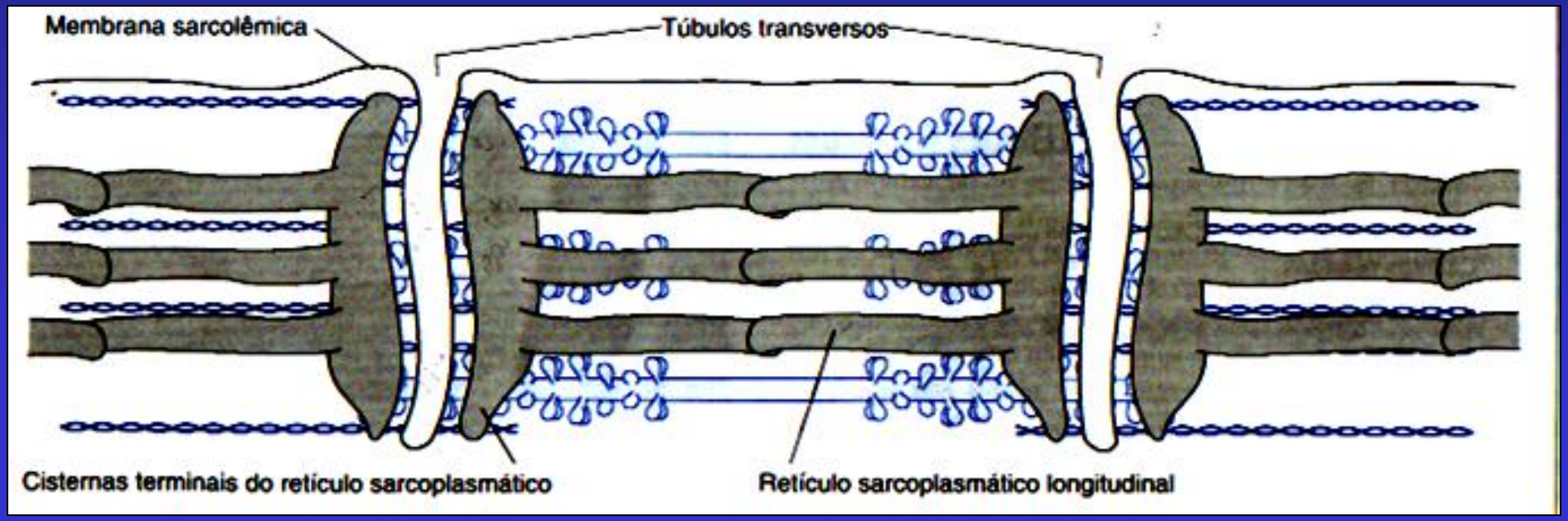


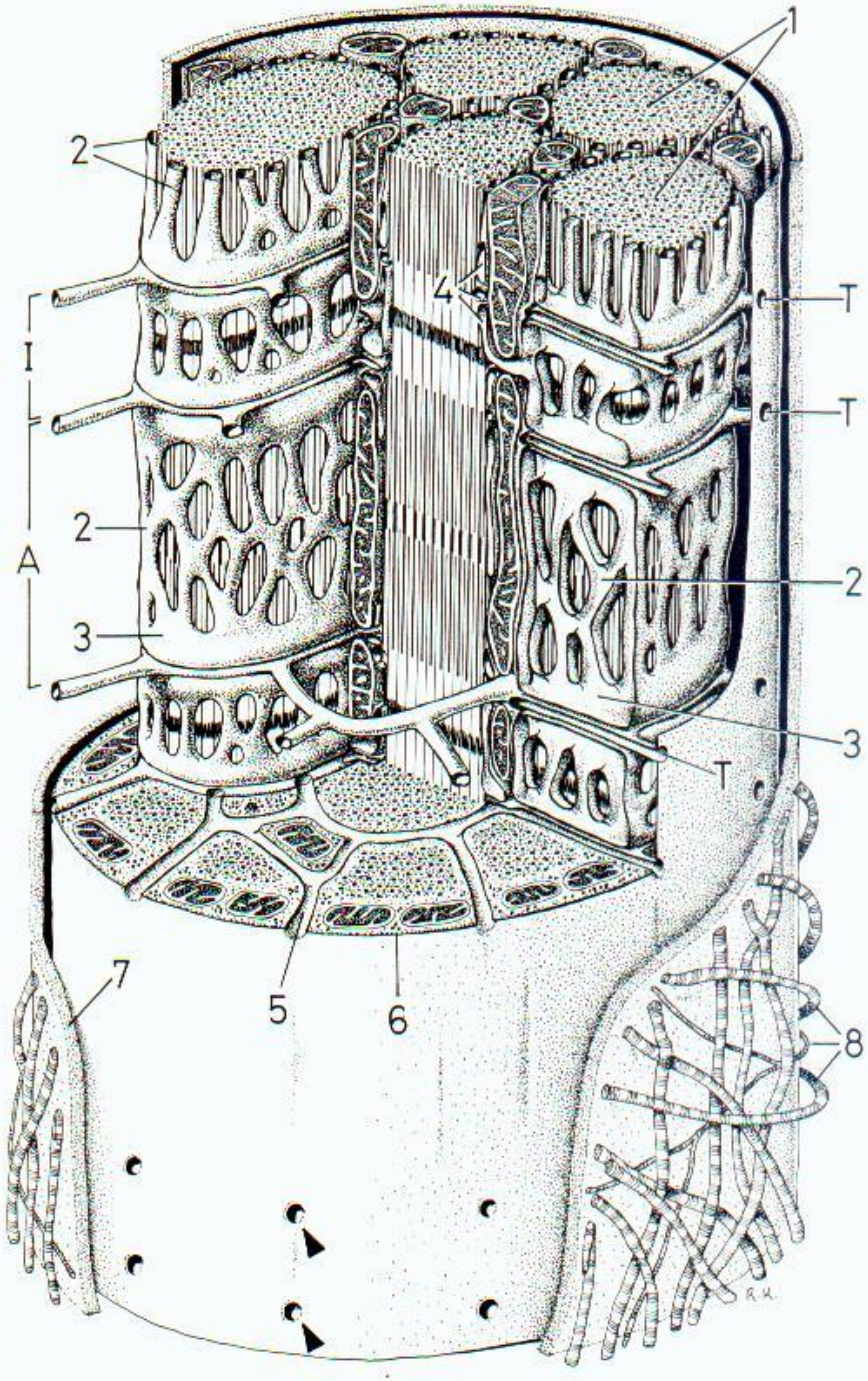

(b) Miofibrilas cardíacas, com base em micrografias eletrônicas

# Retículo Sarcoplasmático e Túbulo Transverso

**Cisternas laterais e túbulo T**

**→ TRÍADE**





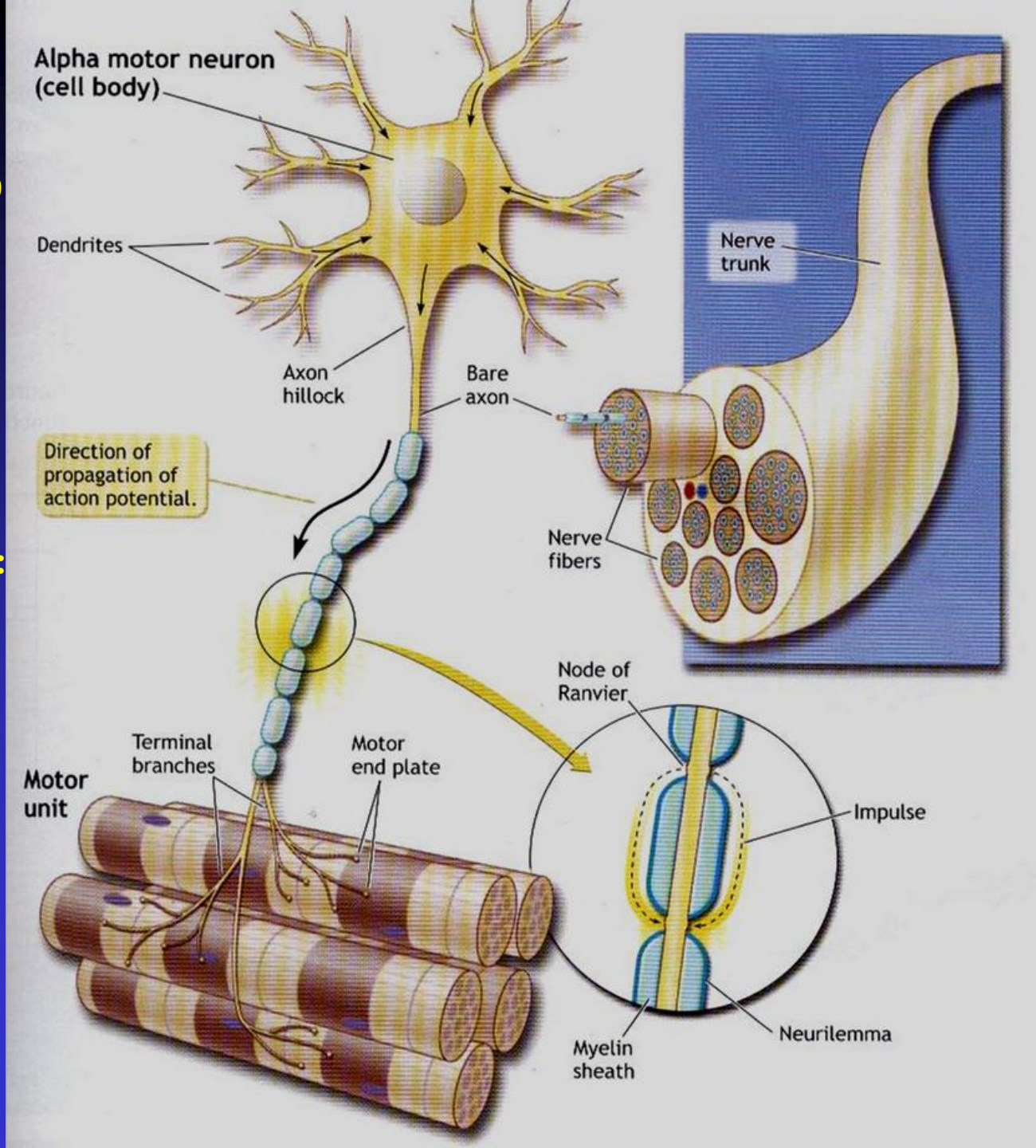

# Estrutura da fibra muscular

- Miofibrilas
- Retículo sarcoplasmático
- Cisternas terminais
- Tríada
- Túbulos T
- Sarcolema

# Transmissão da Informação

**Neurônio do Tipo I de Golgi:**
-Axônio curto
- Fibra branca

**Neurônio do Tipo II de Golgi:**
- Axônio longo
- Fibra vermelha

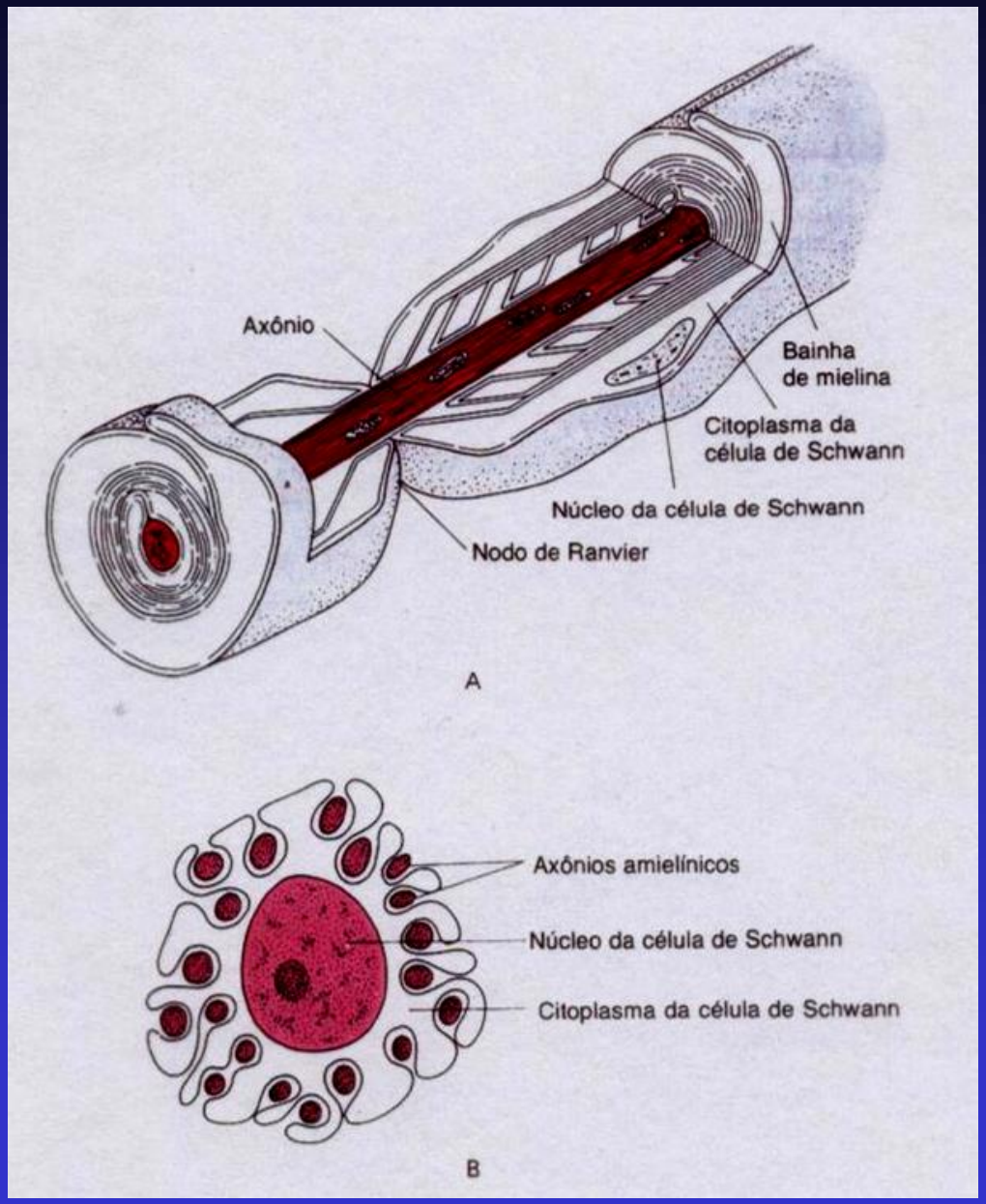


# Velocidade de Condução da Informação depende:

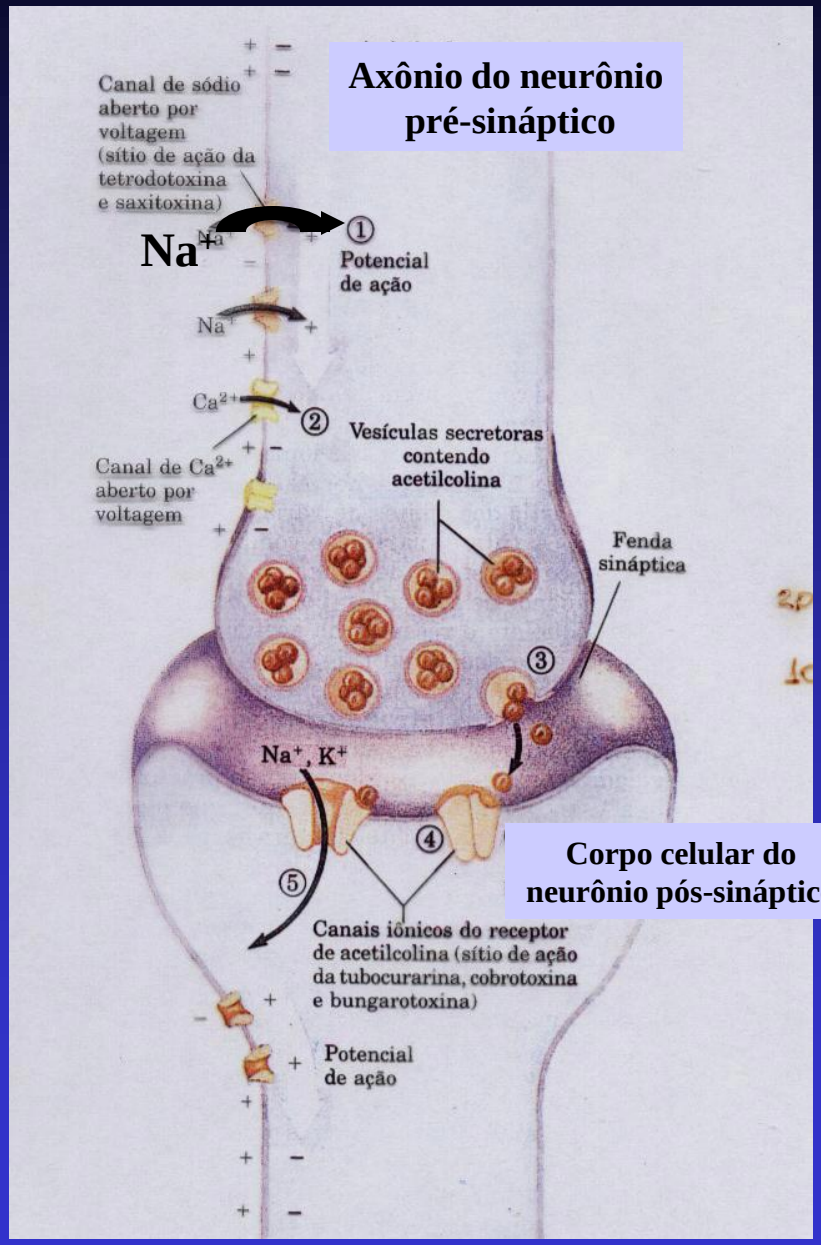
- **diâmetro do axônio**
- **bainha de mielina**

**<u>Amielínico</u>**:
diam < 1 µM
veloc < 2,5 m/s

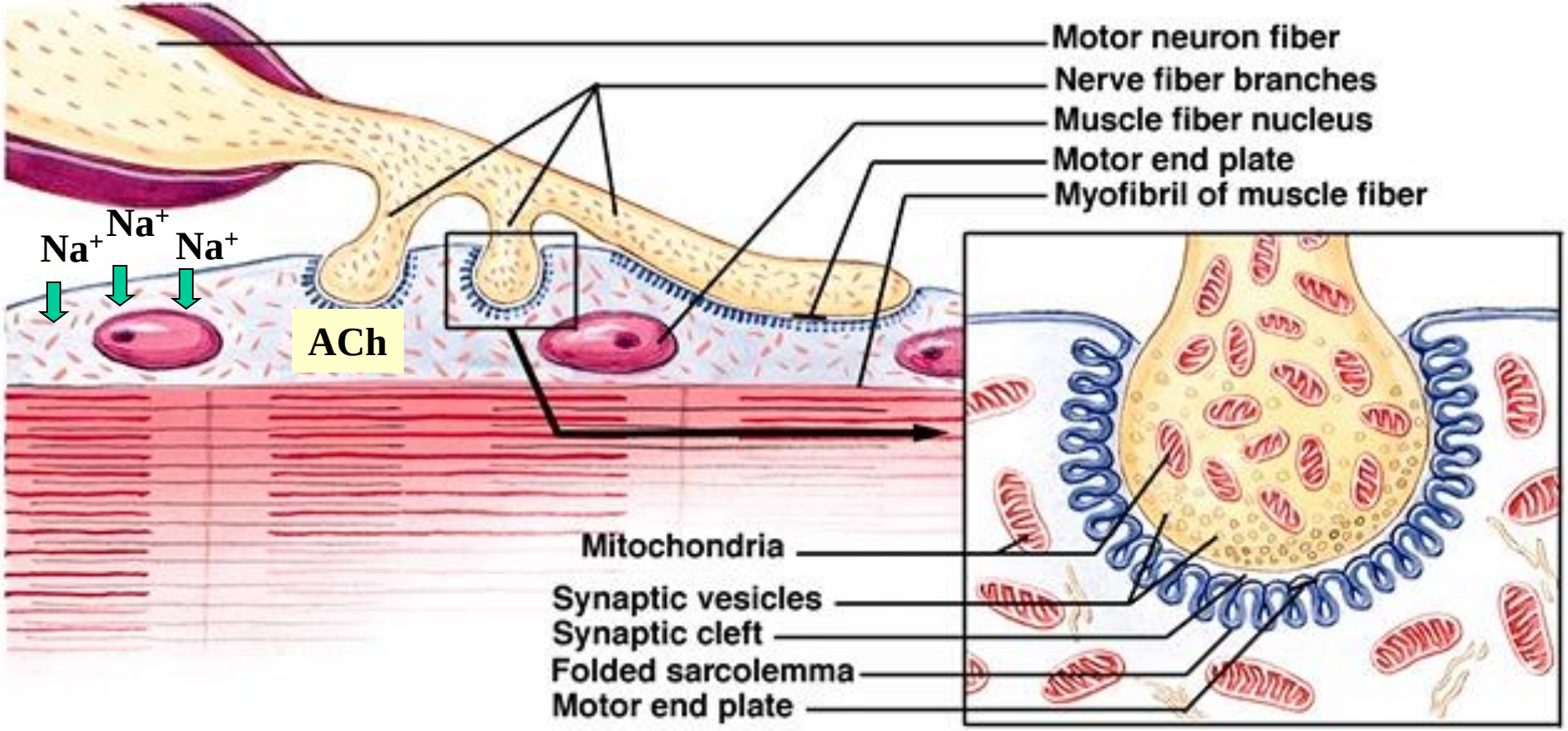
**<u>Mielinizados</u>**:
diam 1 a 20 µM
veloc 3 a 120 m/s



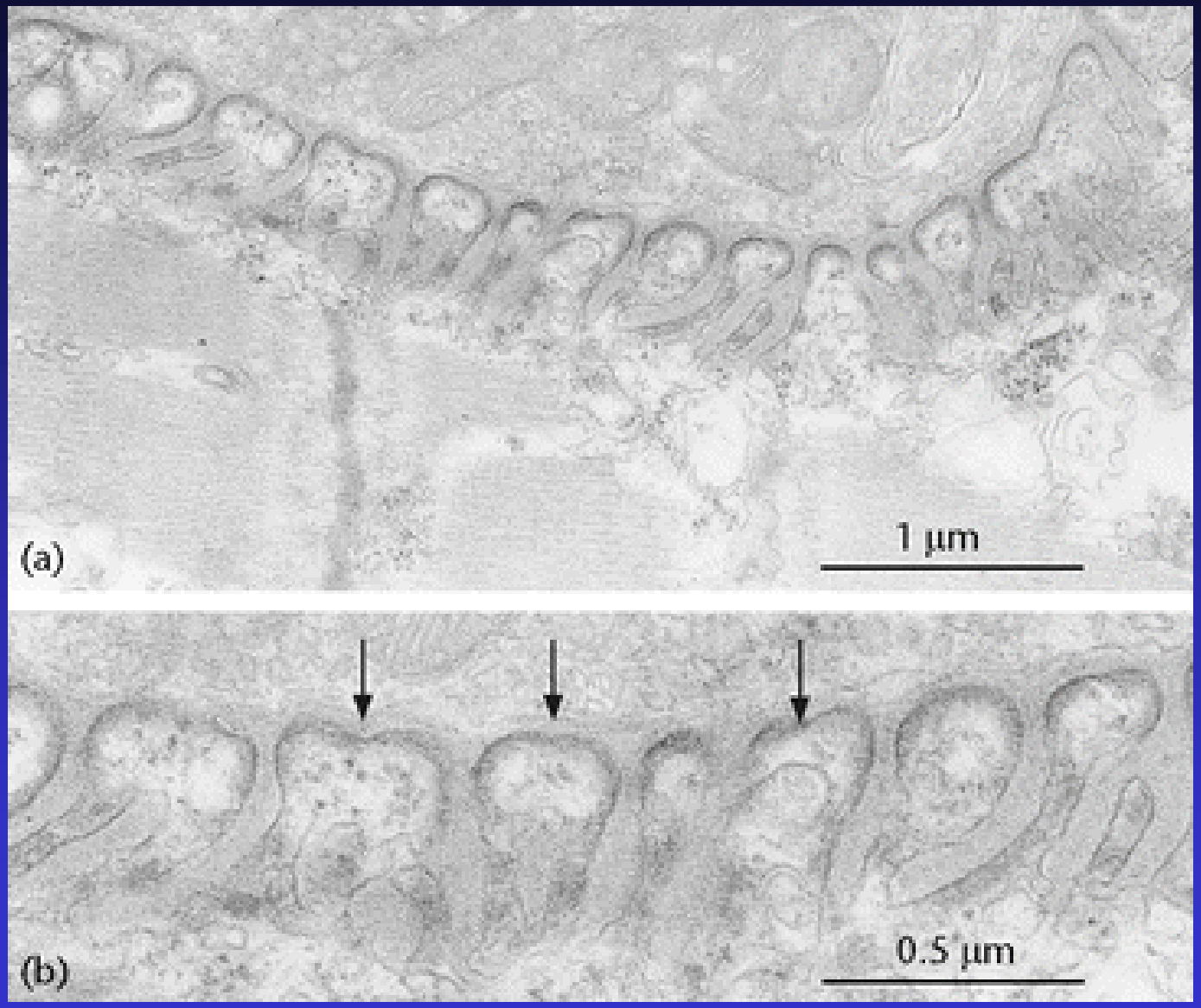
# SINÁPSE ENTRE DOIS NEURÔNIOS



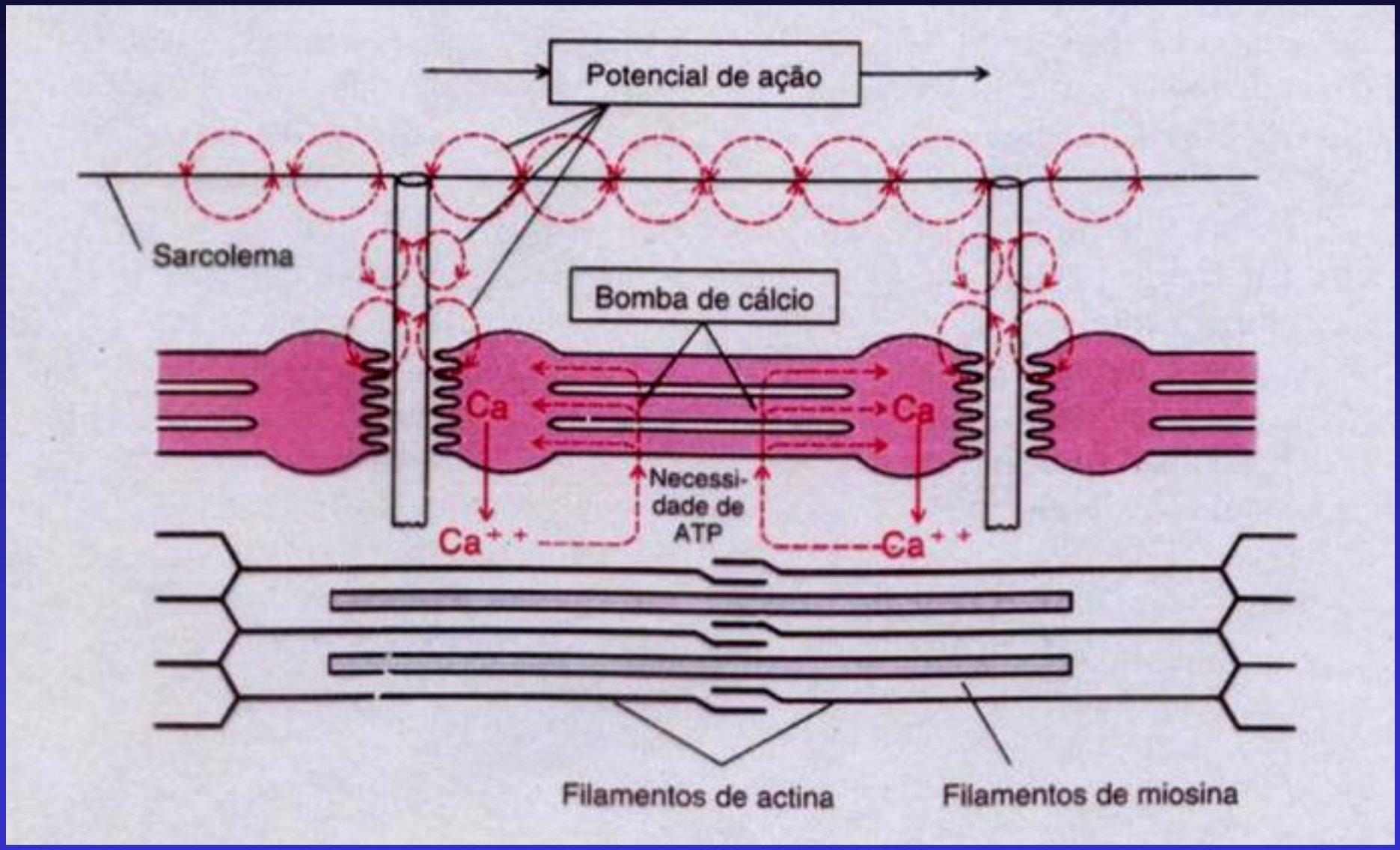
# Junção neuro-muscular



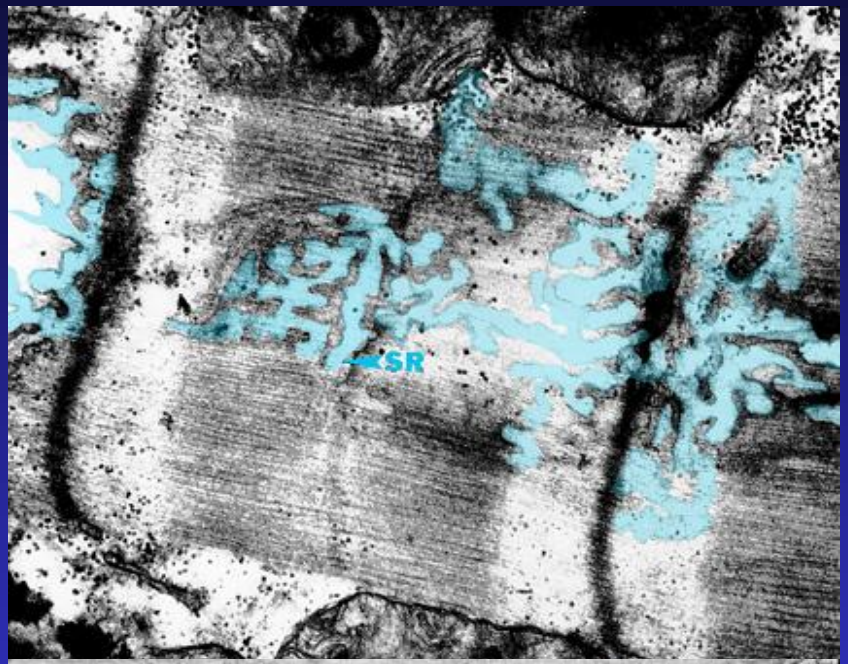
# Junção neuro-muscular

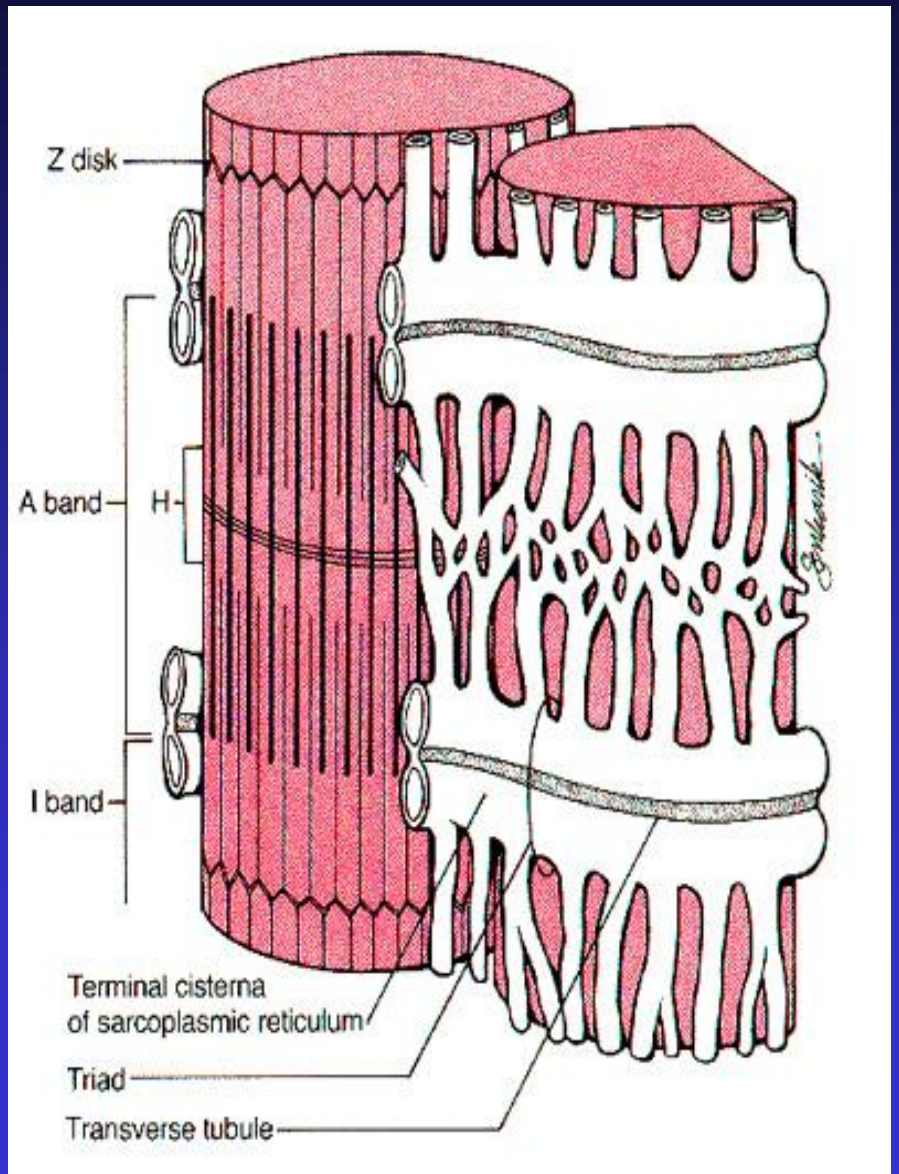


# Potencial de Ação



# Interação RS – proteínas contráteis



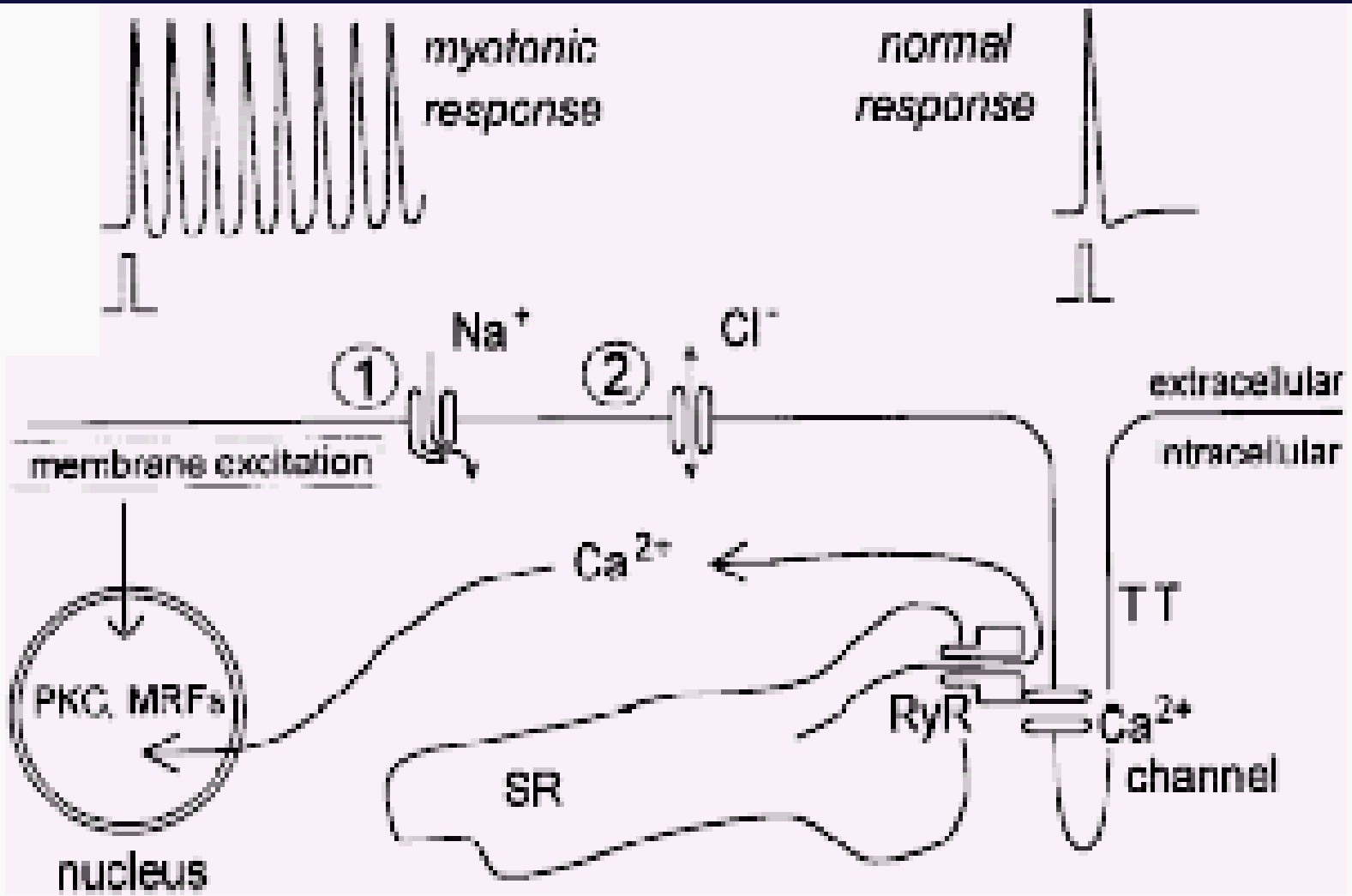


# Potencial de Ação Muscular pode:

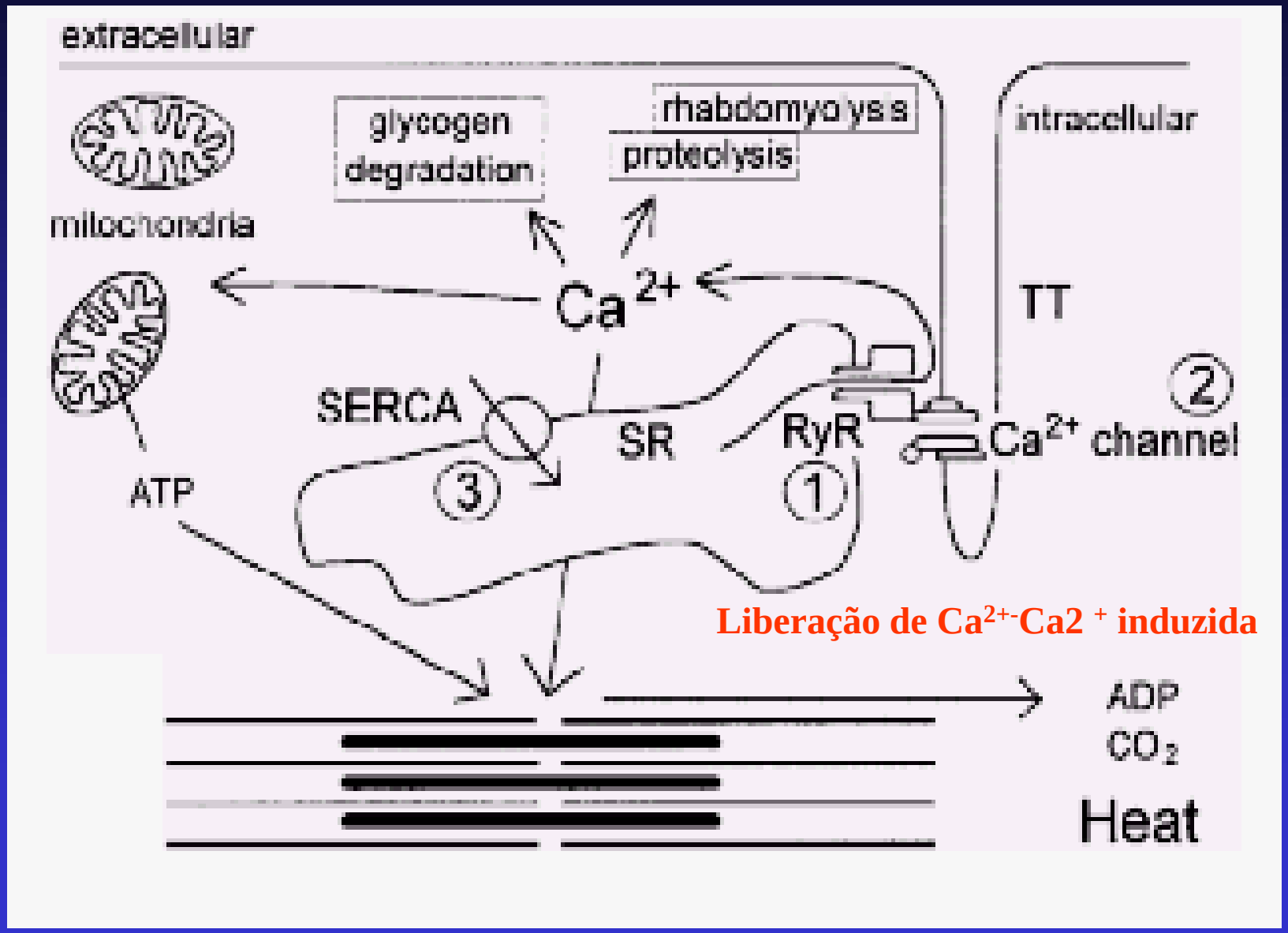
- Excitar canais de cálcio dependentes de voltagem, favorecendo o aumento da concentração de $Ca^{2+}$ intracelular (+ rápidos)

- Ativar sensores de voltagem DHP (diidropiridina)

# Receptores de diidropiridina (DHP) e Canais de Rianodina



# Receptores de diidropiridina (DHP) e Canais de Rianodina



# Receptores de diidropiridina (DHP) e Canais de Rianodina

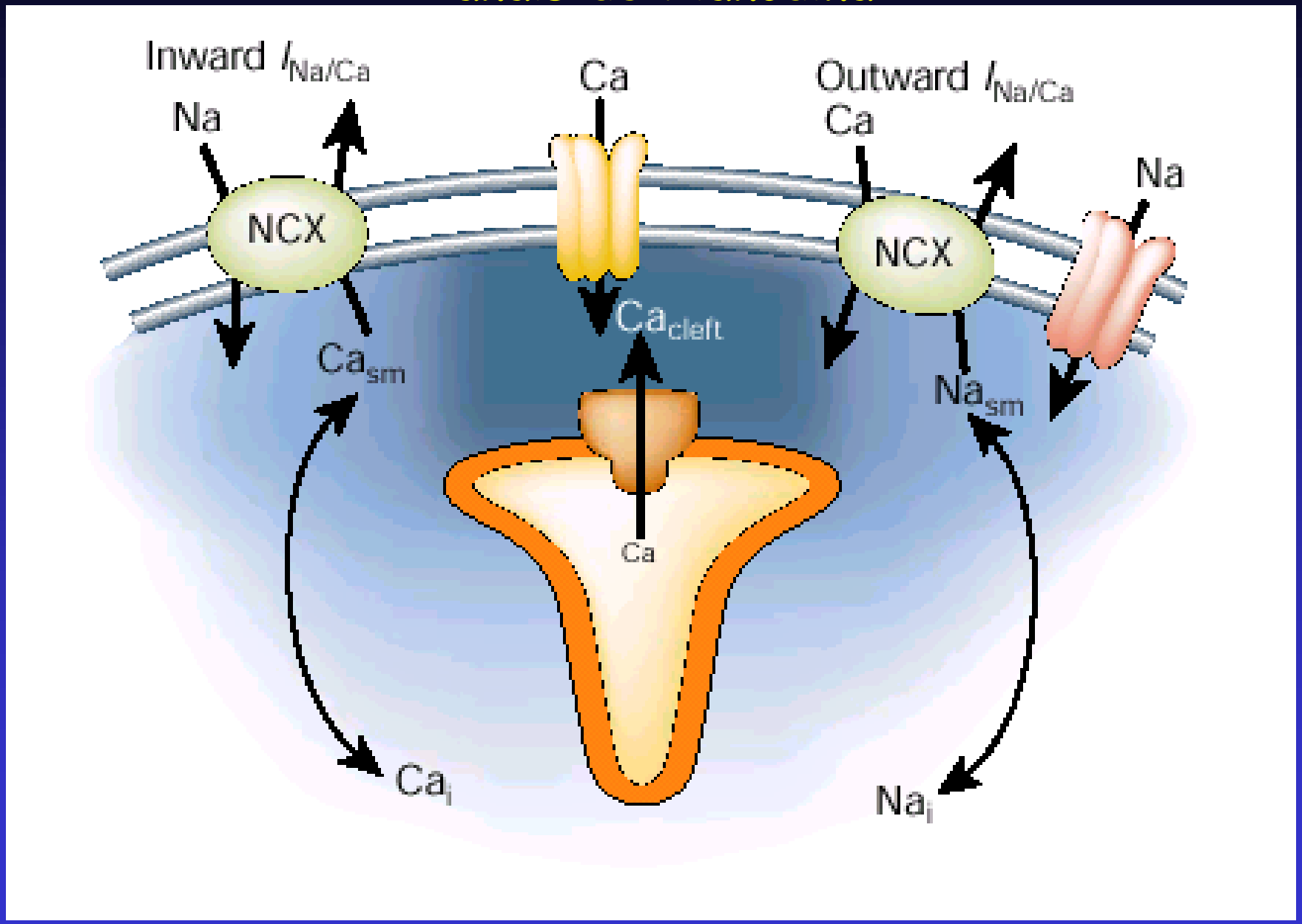
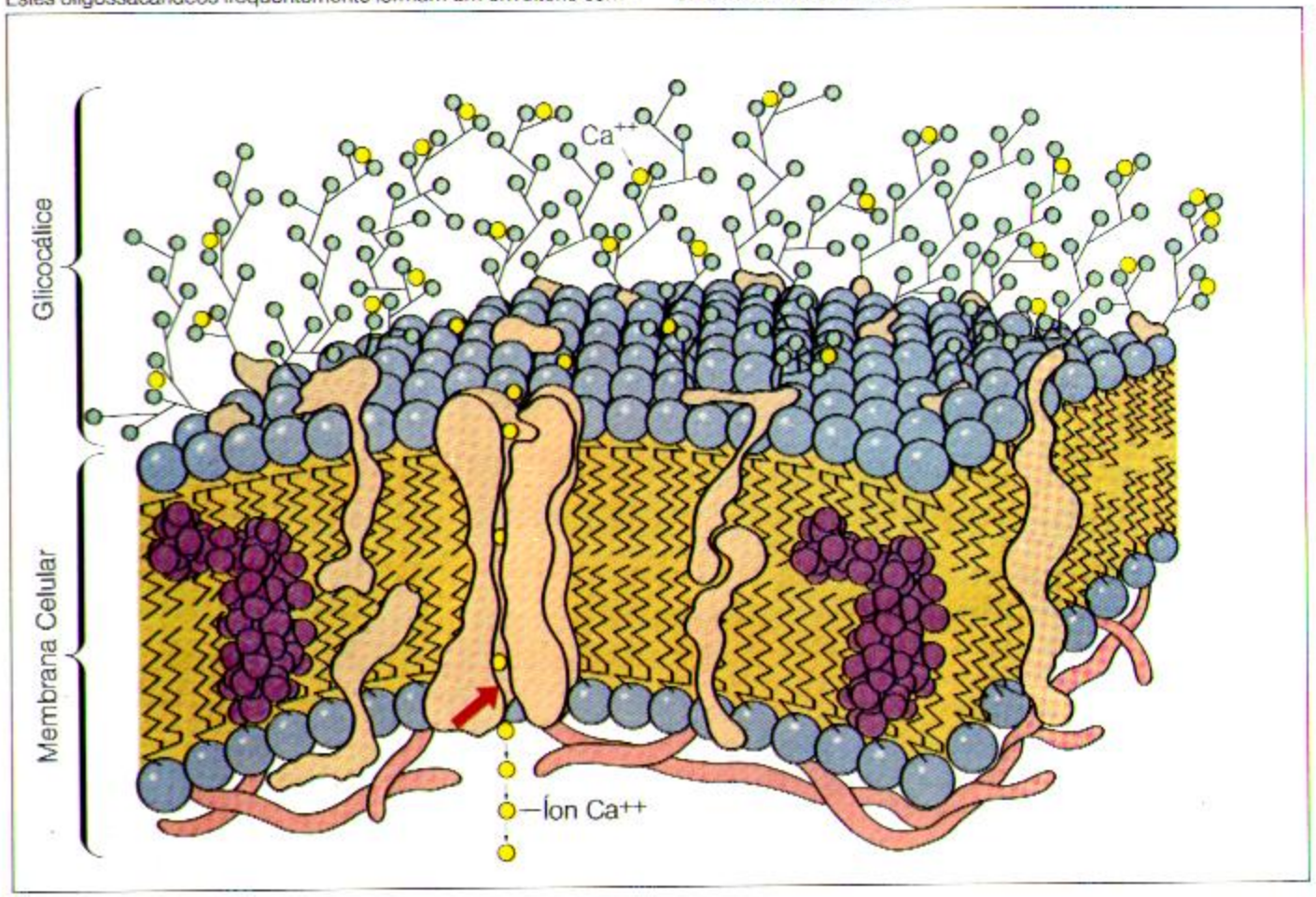


Fig. 18 O glicocálice constitui o envoltório exterior da membrana celular. Ele consta principalmente de cadeias laterais hidrófilas oligossacarídeas de determinadas proteínas da membrana e de grupos de oligossacarídeos esterificados com lipídeos da membrana. Estes oligossacarídeos freqüentemente formam um envoltório compacto sobre a membrana celular que determina o meio externo da parede celular e, para a célula muscular cardíaca, funciona como «pool» externo de cálcio. Determinadas proteínas de membrana funcionam como poros iônicos. As estruturas em violeta representam o colesterol de membrana.




2

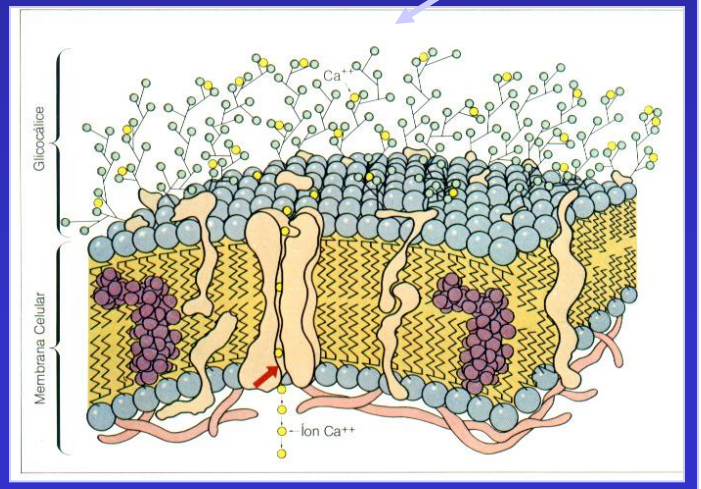
# Acoplamento Excitação-Contração

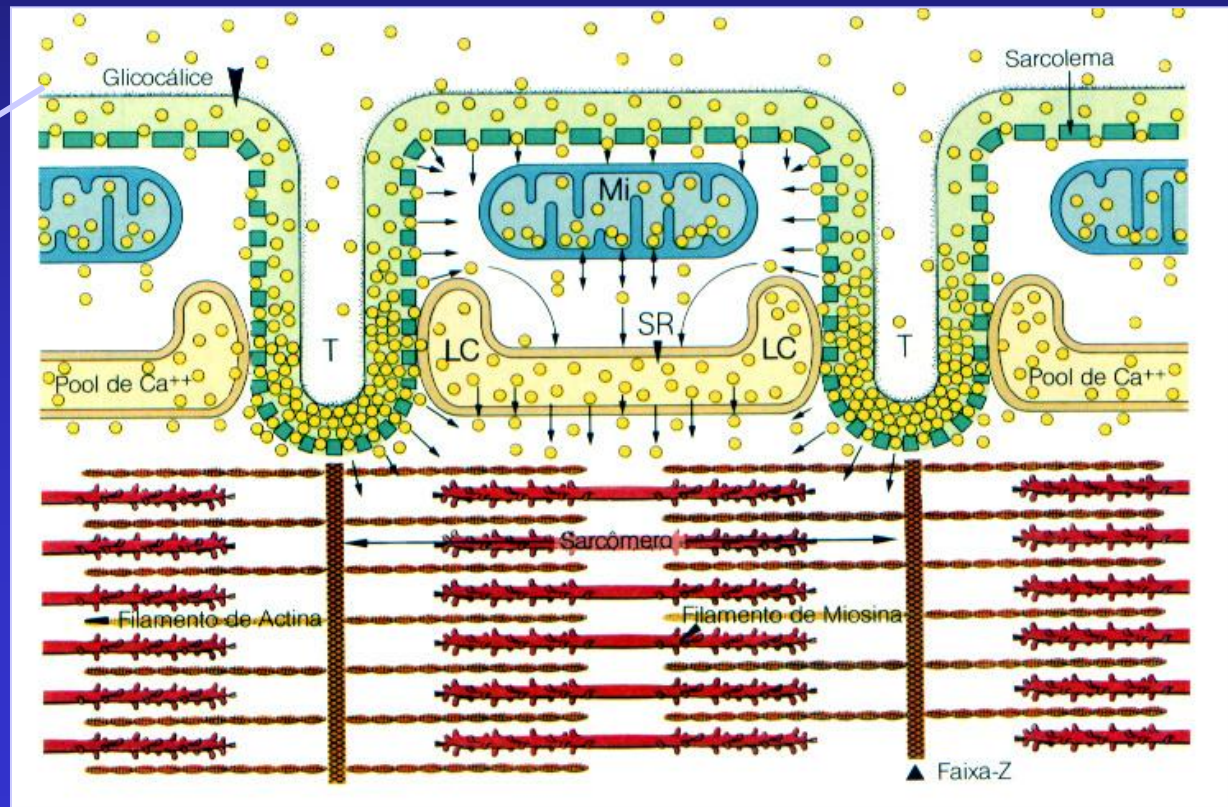
**Entrada de cálcio para célula miocárdica produz aumento da concentração intracelular de cálcio.**

**- Canais de cálcio tipo L – corrente lenta de cálcio**

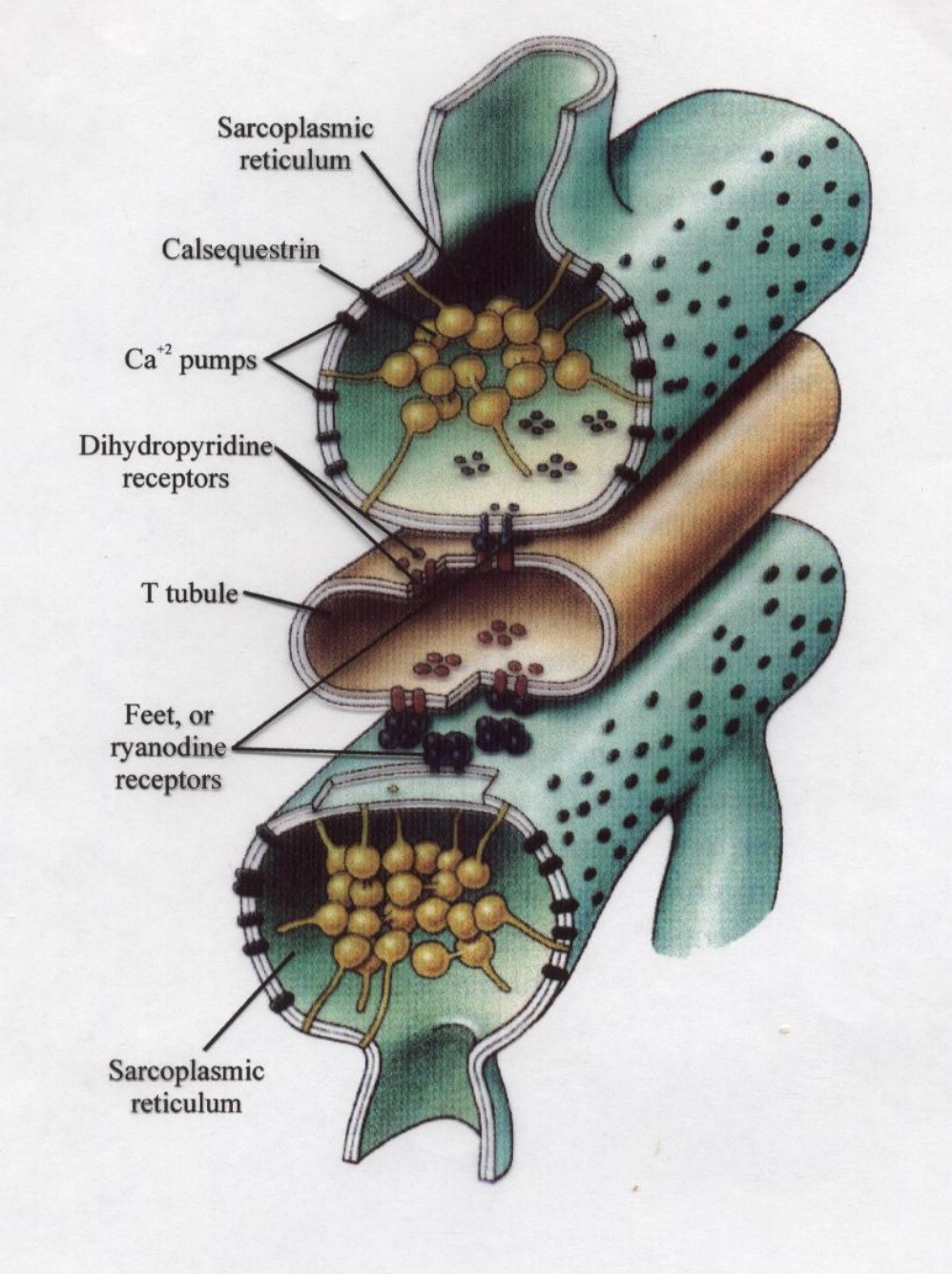
**- mecanismo liberação de cálcio provocada por cálcio.**

**- cálcio ativador**

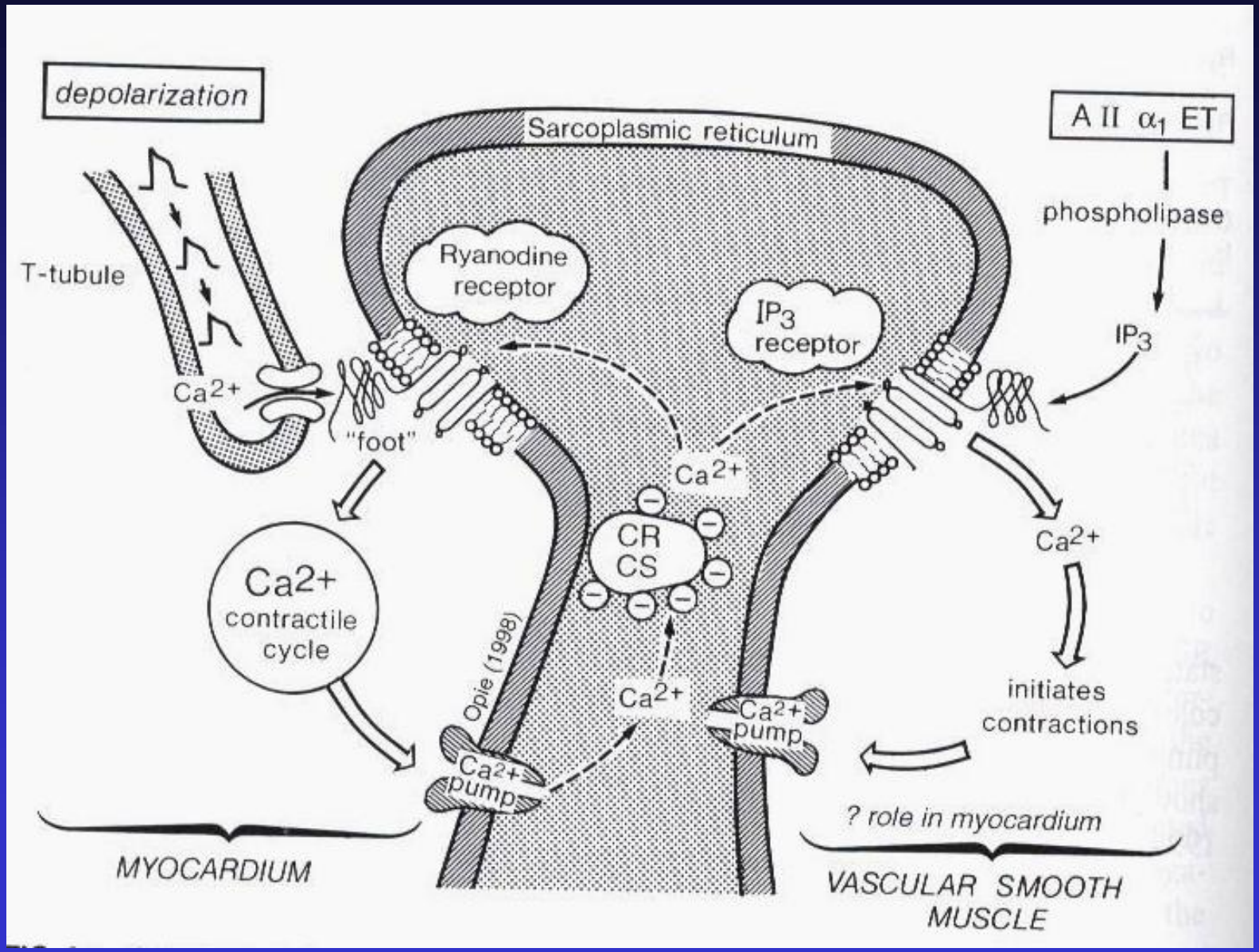


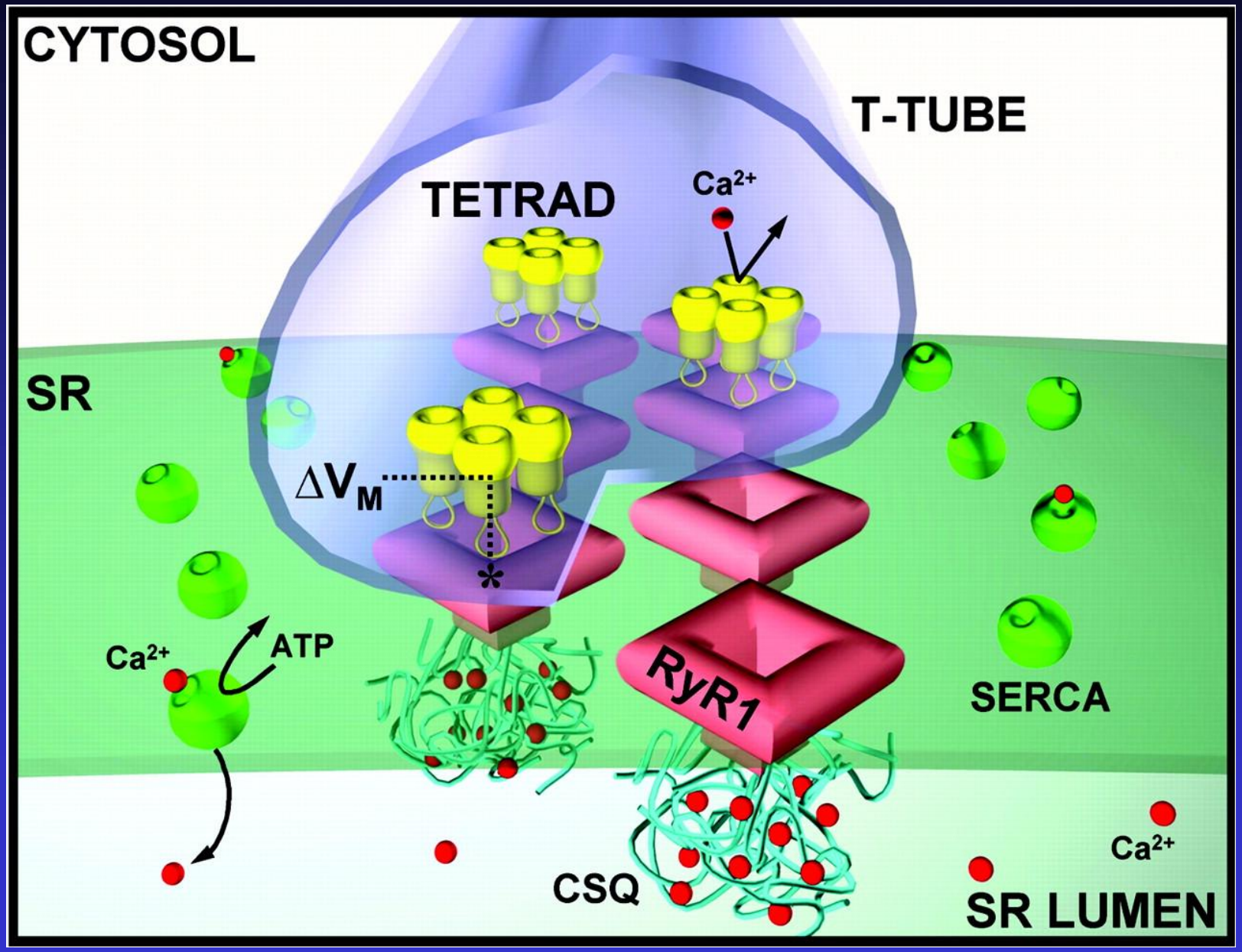
# Tríade


Sarcoplasmic reticulum
Calsequestrin
$Ca^{+2}$ pumps
Dihydropyridine receptors
T tubule
Feet, or ryanodine receptors
Sarcoplasmic reticulum

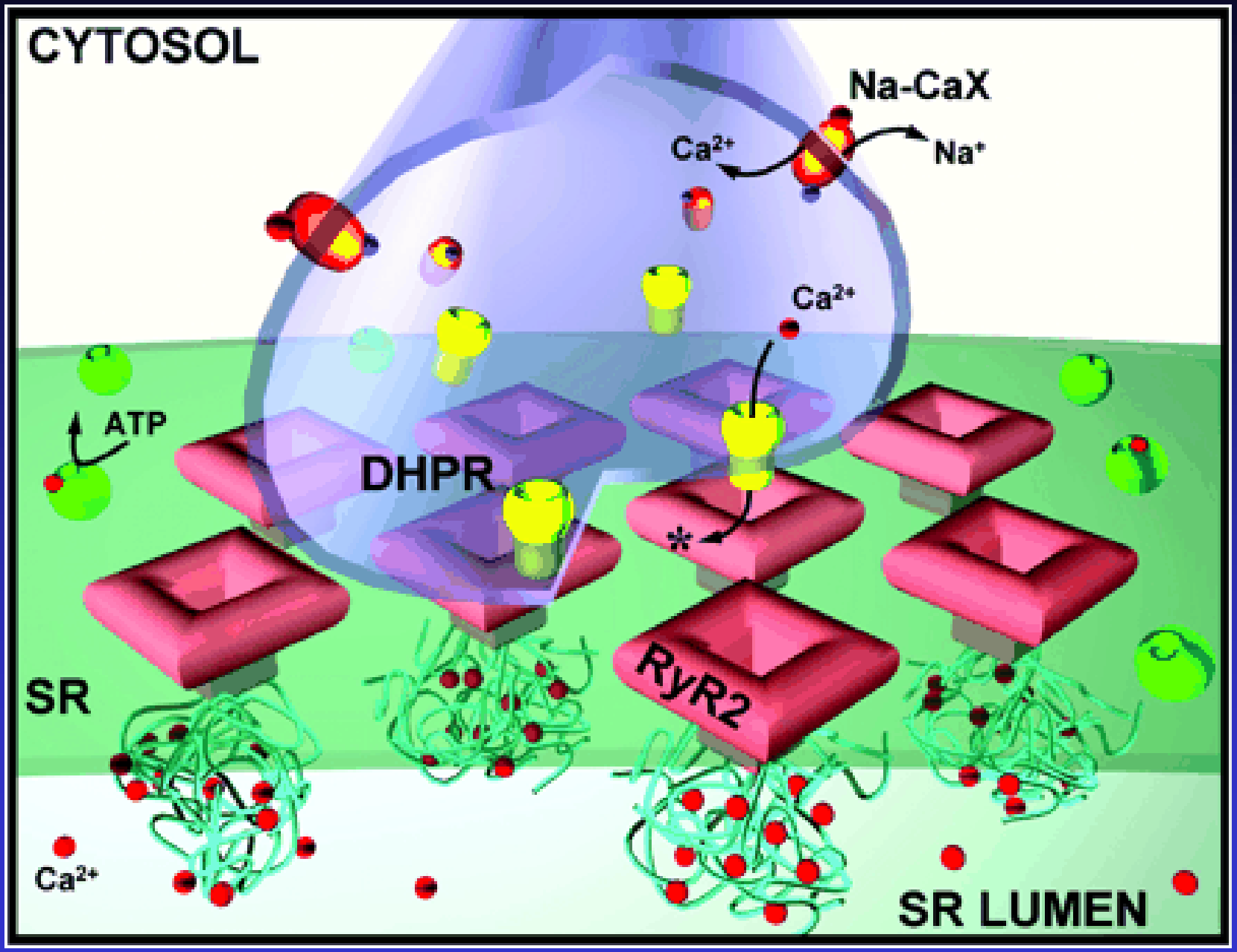
# Receptores de diidropiridina (DHP) no Túbulo T e Canais de Rianodina no retículo sarcoplasmático



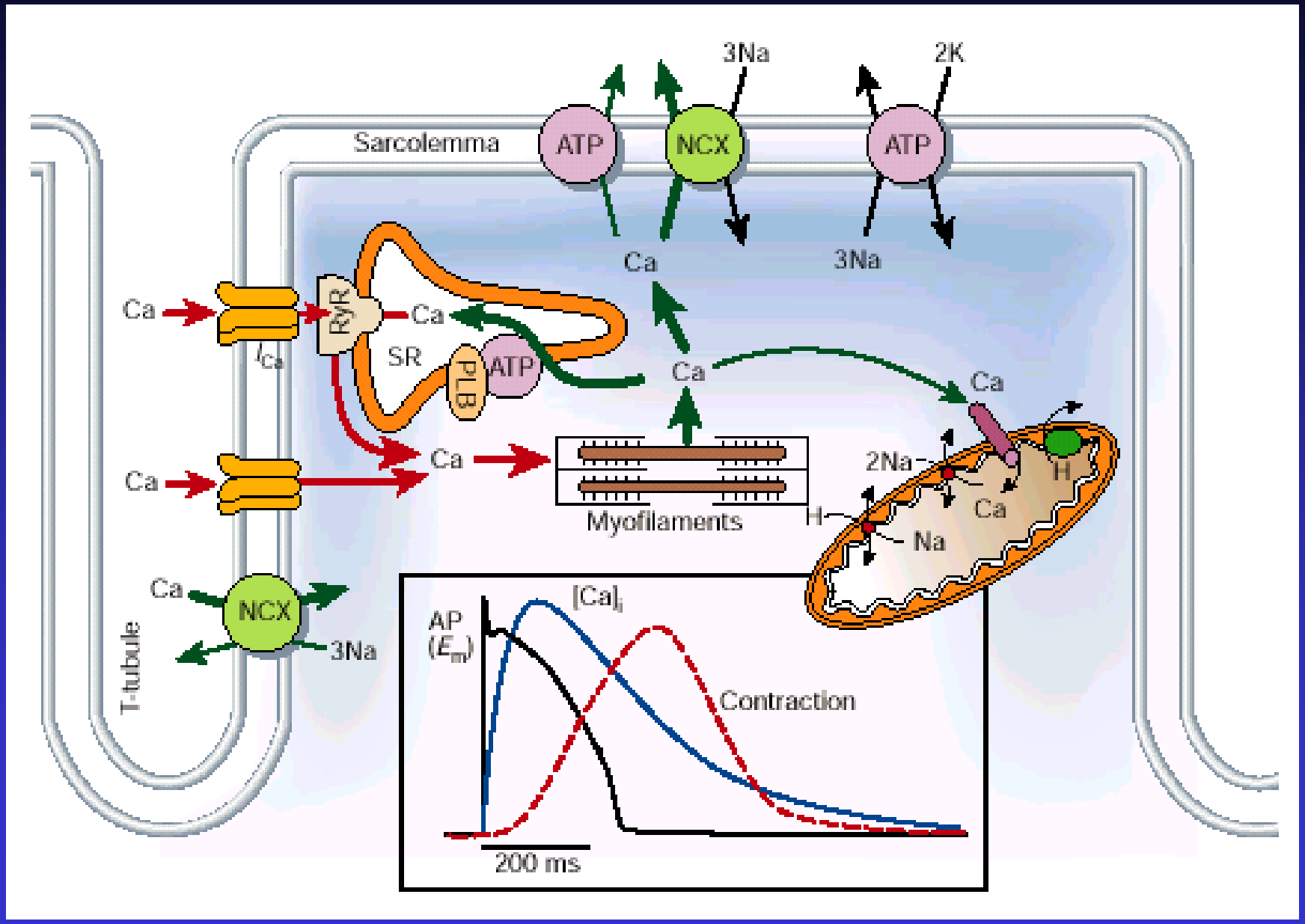
# Músculo Esquelético



# Músculo Cardíaco



# Receptores de diidropiridina (DHP) e Canais de Rianodina



## Músculo Esquelético

Despolarização ativa, mas não abre o canal de Ca.

Potencial de Ação – ativa RDHP

**4 RDHP : 1 canal de Ca (RyR1)**
São ativos, mas não entra Ca

O músculo esquelético não depende de Ca externo.

No Músculo Esquelético o sensor elétrico (RDHP) é ativado com o potencial de ação

Ocorre modificação da alça do RDHP e libera Ca do RS, mas não entra Ca pelo canal de Ca
É o mecanismo mais rápido de liberação de Ca no ME, apesar de não entrar Ca pelo canal de Ca da membrana.

## Músculo Cardíaco

Despolarização ativa e abre abre o canal de Ca

Liberação Ca:
**-liberação por despolarização**
**-Ca-Ca induzida**
-IP3

Potencial de Ação – ativa RDHP

**1 RDHP : 10 canal de Ca (RyR2)**
São ativos e deixam passar Ca

O músculo cardíaco depende de Ca externo – Entra Ca – Libera Ca
Liberação de Ca-Ca induzida

## Músculo Esquelético

ME tem mais RS que o cardíaco, porque independe de Ca externo.

O RS é uma barra contínua.

Como o ME só usa Ca intracelular, não usa externo a velocidade de contração é muito mais rápida

## Músculo Cardíaco

MC tem menos RS que o ME. Depende de 30% do Ca extracelular e 70% do RS.

No MC o RS são pontos onde tem o RS junto com Túbulo T.

# Vias de Transdução de Sinal

Dependem de que?

Ativam segundos mensageiros intracelulares.

Quais?

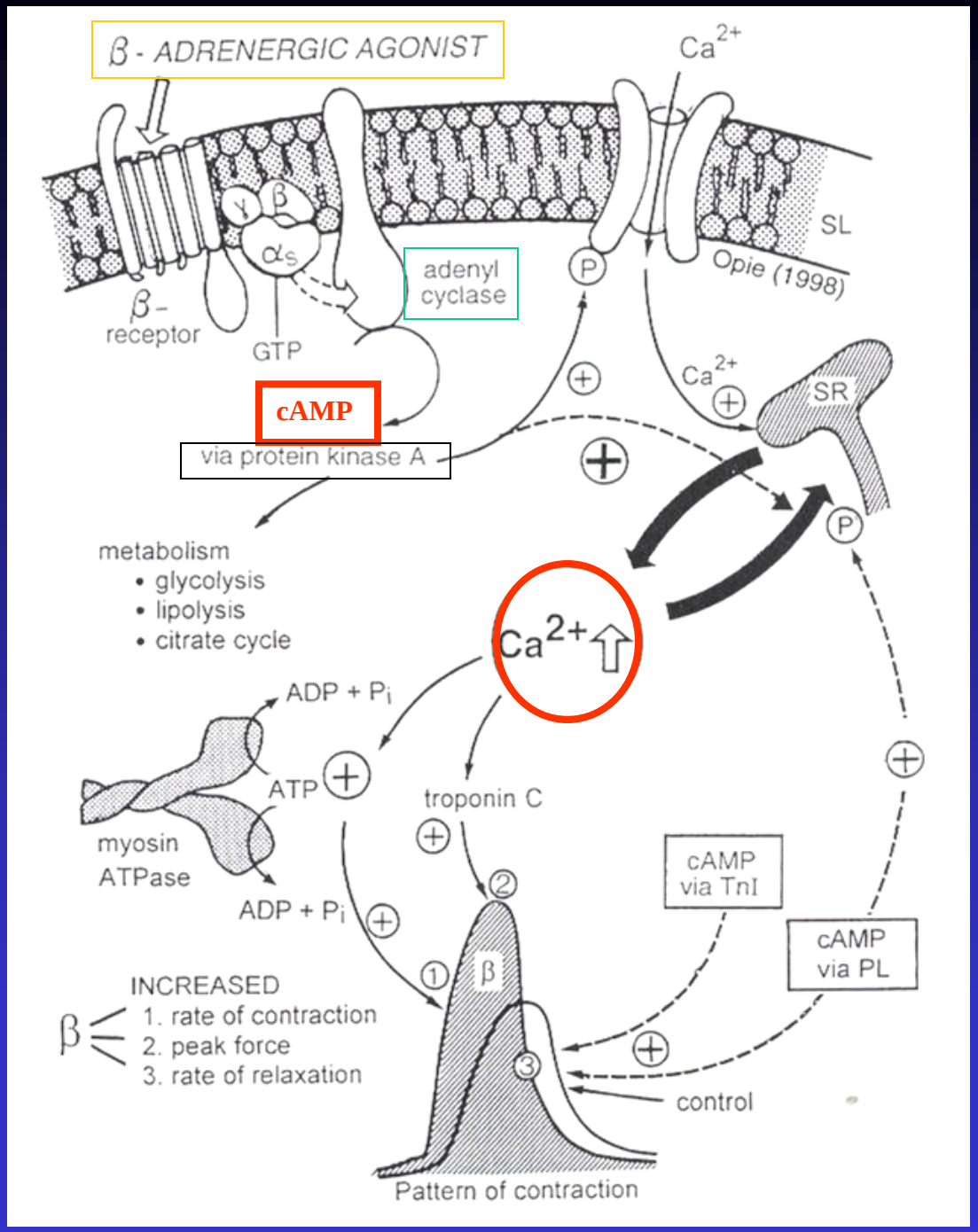
# Estímulo β-adrenérgico

- **NE(catecolaminas)**

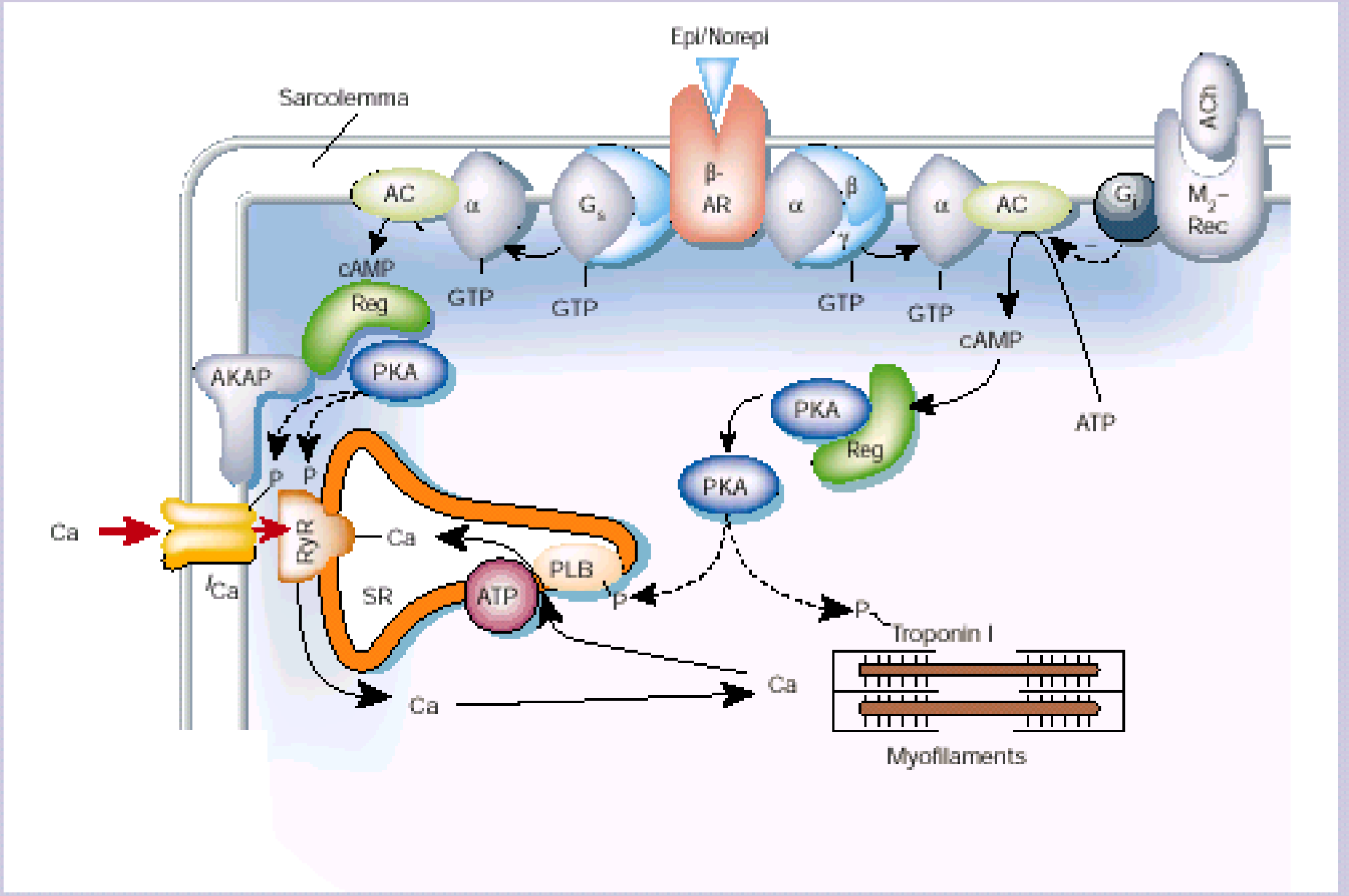
## Metabolismo

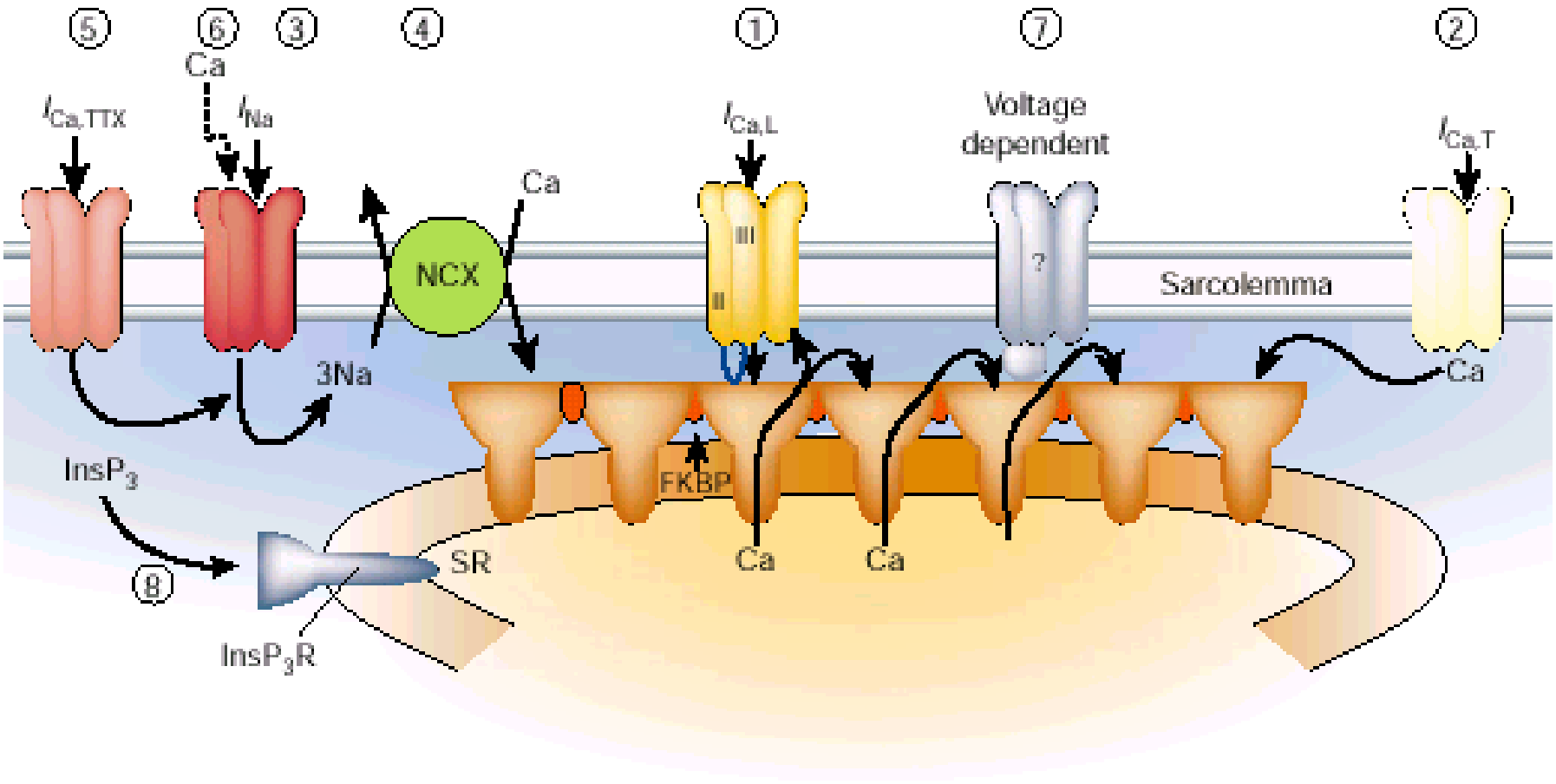
β1- ativa lipólise

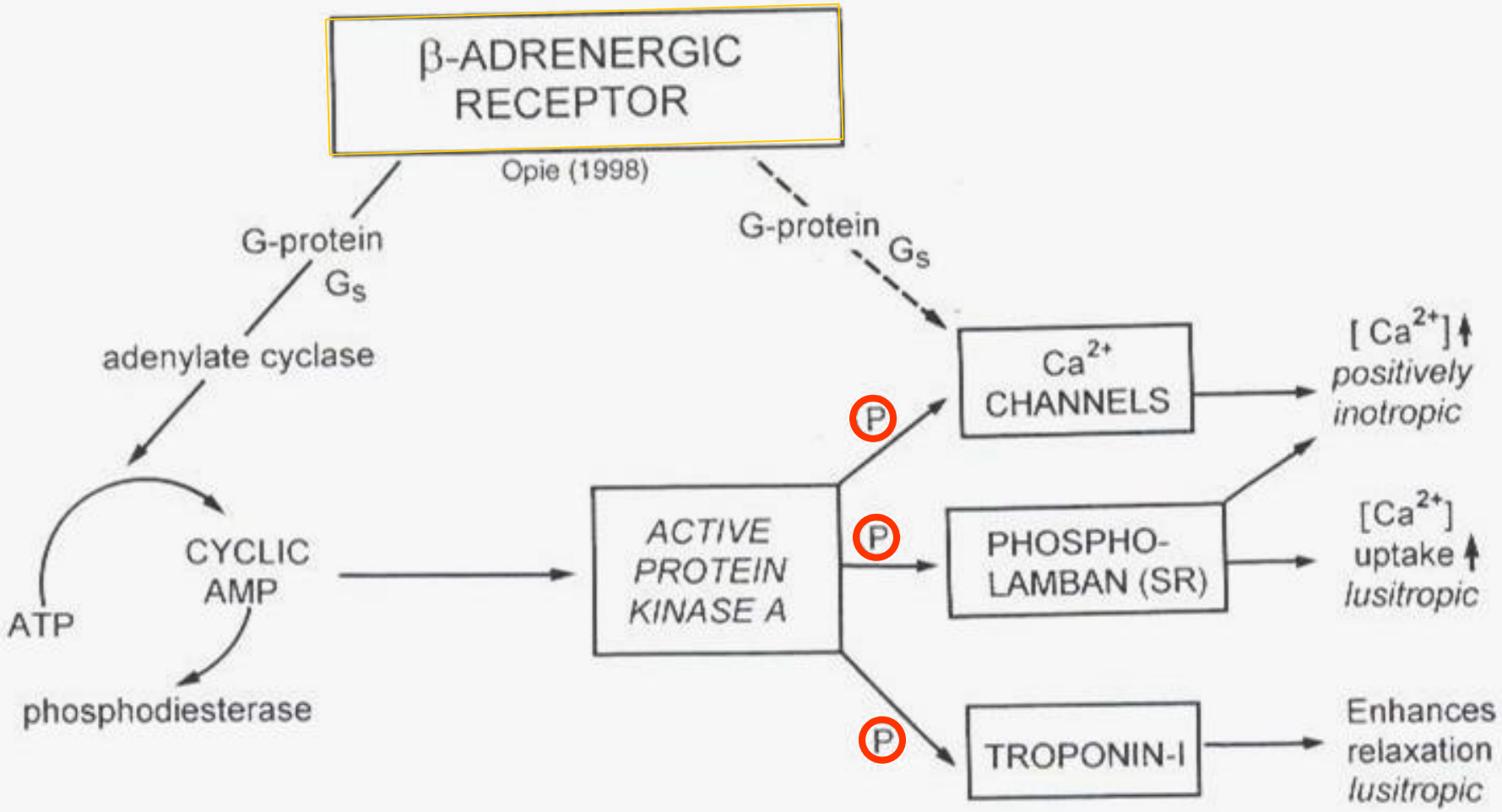
β2- ativa glicogenólise

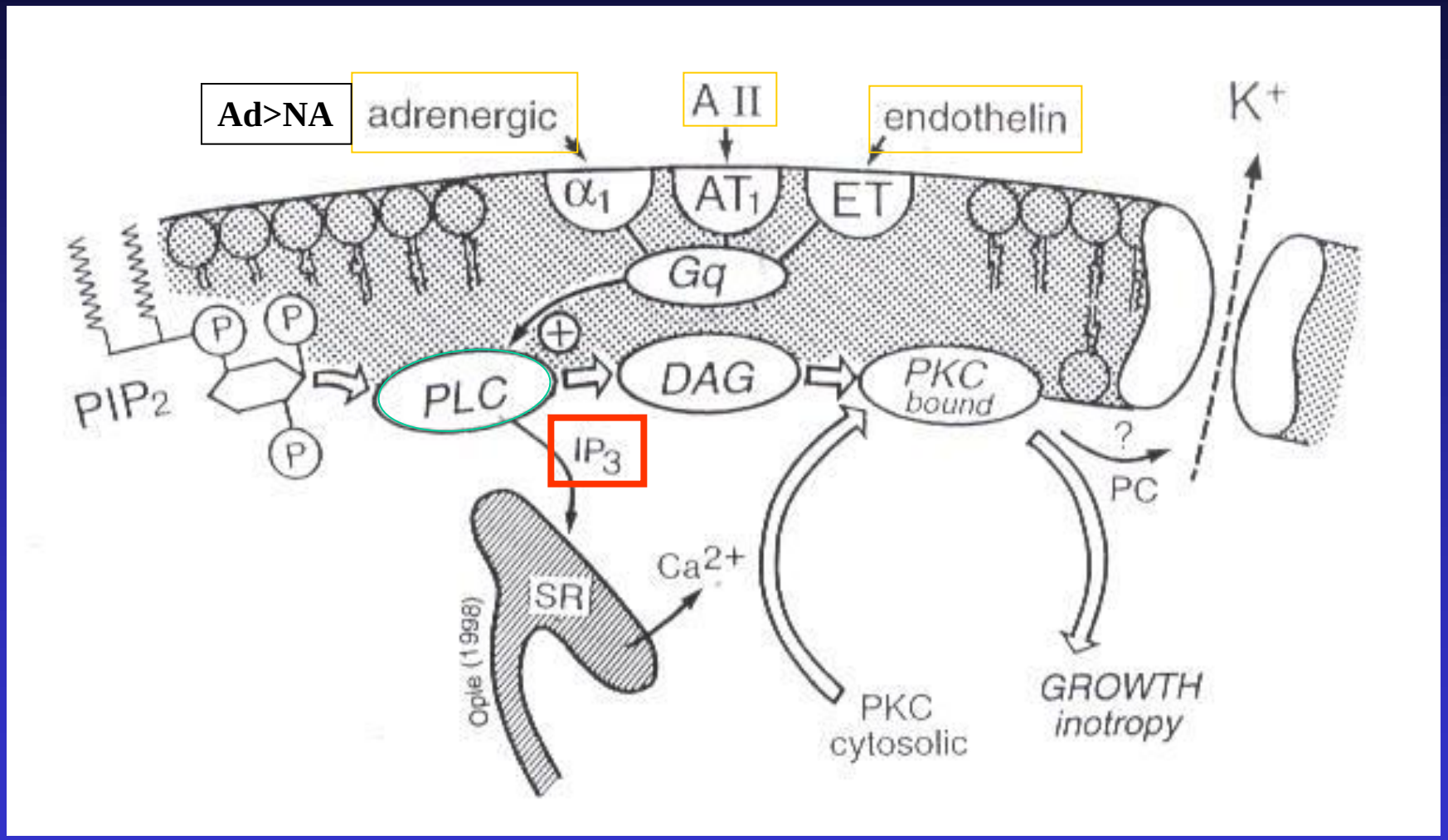


# Estímulo β-adrenérgico

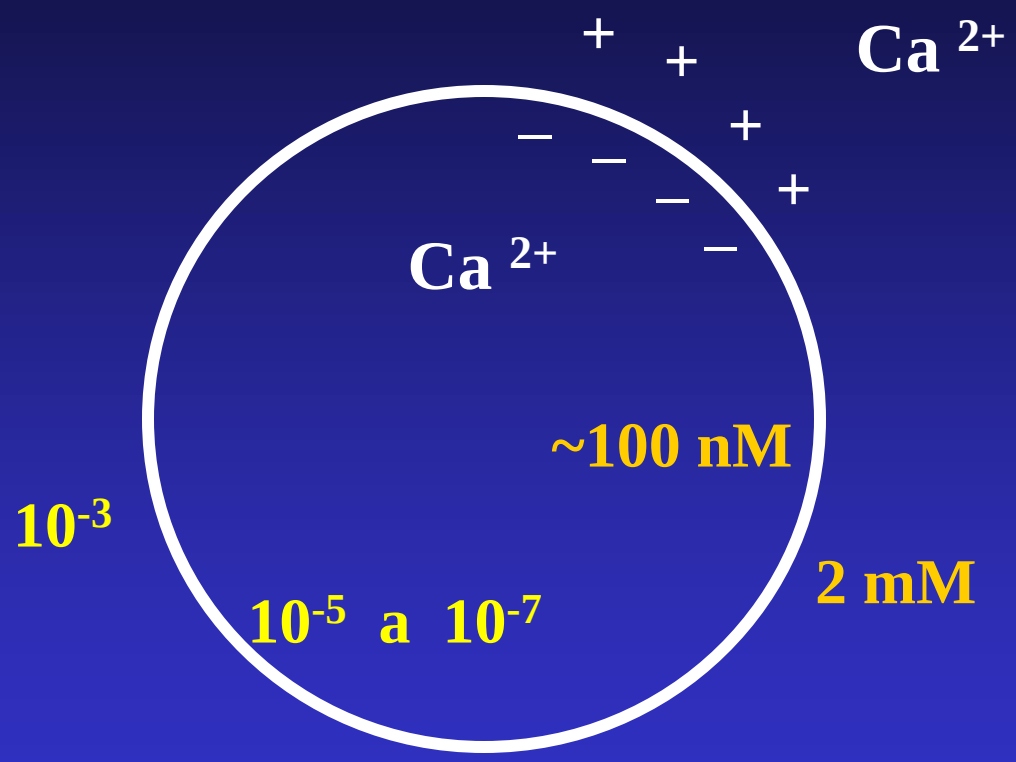



5
6
3
4
1
7
2
Ca
$I_{Ca,TTX}$
$I_{Na}$
$I_{Ca,L}$
Voltage
dependent
$I_{Ca,T}$
Ca
NCX
III
II
?
Sarcolemma
3Na
Ca
FKBP
$InsP_3$
8
SR
Ca
Ca
$InsP_3R$

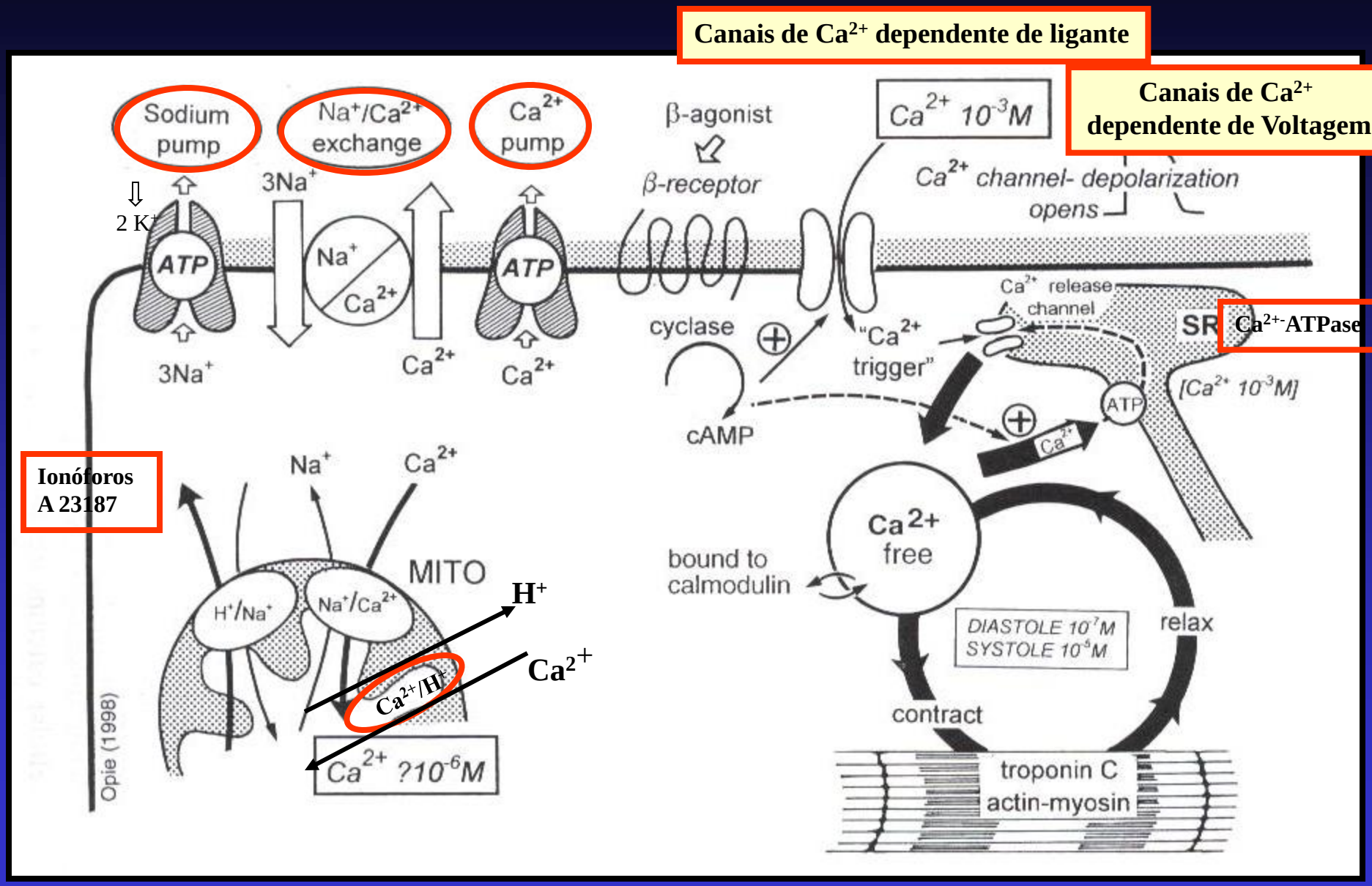

β-ADRENERGIC RECEPTOR
Opie (1998)
G-protein
Gs
adenylate cyclase
G-protein
Gs
ATP
CYCLIC AMP
phosphodiesterase
ACTIVE PROTEIN KINASE A
P
P
P
Ca2+ CHANNELS
PHOSPHO-LAMBAN (SR)
TROPONIN-I
[Ca2+]↑
positively inotropic
[Ca2+] uptake ↑
lusitropic
Enhances relaxation
lusitropic


Ad>NA
adrenergic
A II
endothelin
K+
α1
AT1
ET
Gq
PIP2
P
P
P
PLC
DAG
PKC
bound
IP3
?
PC
SR
Ca2+
Opie (1998)
PKC
cytosolic
GROWTH
inotropy

# Regulação do $Ca^{2+}$ intracelular



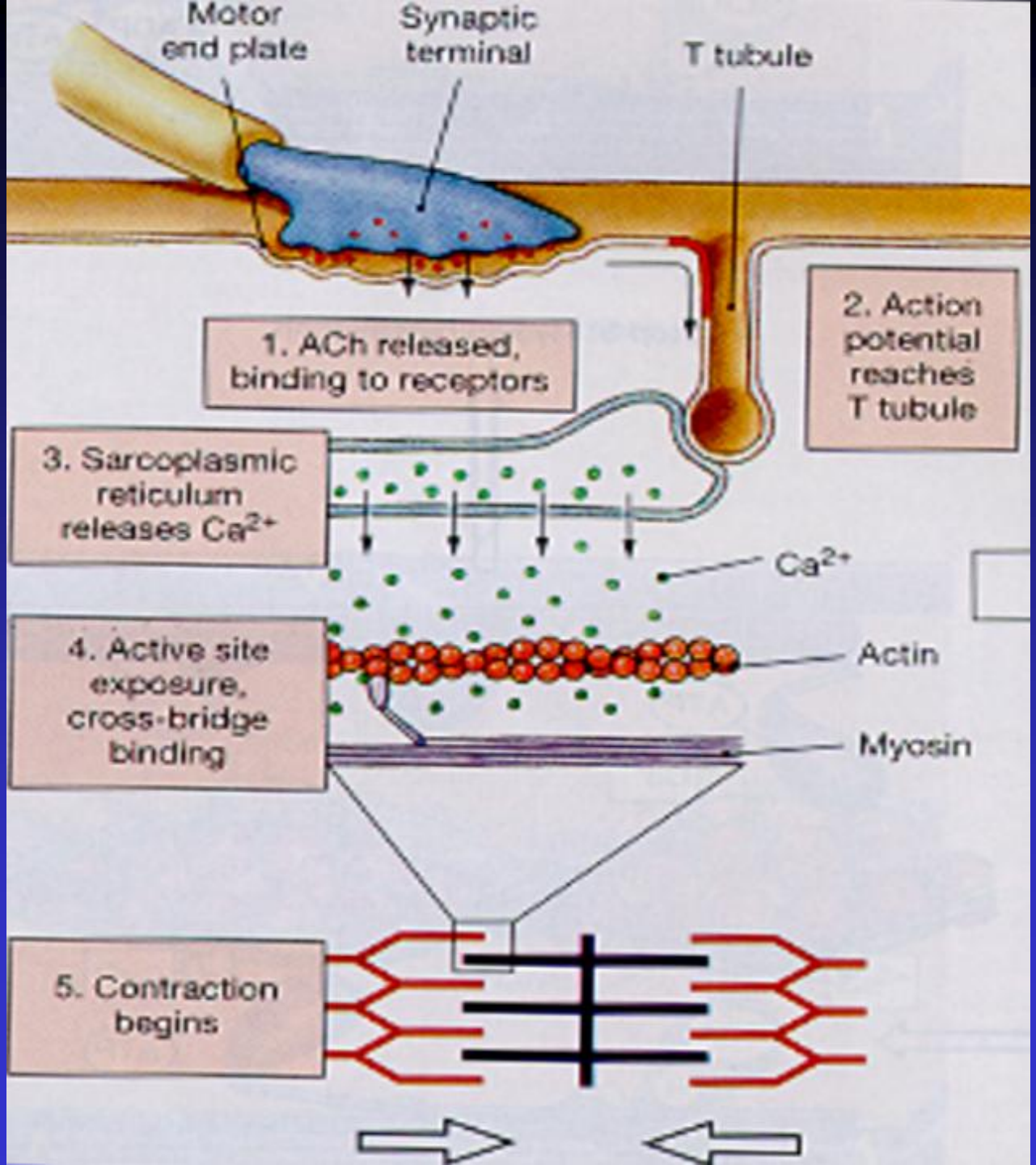
# Mecanismos de regulação do Ca2+ no músculo cardíaco



# ACOPLAMENTO EXCITAÇÃO-CONTRAÇÃO

**ACTINA + MIOSINA-ATPase** → **ACTOMIOSINA** →

**ACTOMIOSINA + ADP + P + Energia**


Motor end plate
Synaptic terminal
T tubule
1. ACh released, binding to receptors
2. Action potential reaches T tubule
3. Sarcoplasmic reticulum releases $Ca^{2+}$
$Ca^{2+}$
4. Active site exposure, cross-bridge binding
Actin
Myosin
5. Contraction begins

# Seqüência de eventos envolvidos no processo de contração e relaxamento do músculo esquelético

**Contração:**

1. Descarga do motoneurônio
2. Liberação do neurotransmissor (acetilcolina) na placa motora
3. Ligação da acetilcolina no seu receptor nicotínico
4. Aumento da condutância do $Na^+$ e $K^+$ na membrana muscular
5. Produção de potencial de ação na placa motora
6. Produção de potencial de ação na fibra muscular
7. O potencial de ação desloca-se em direção aos túbulos T
8. Liberação de $Ca^{2+}$ do retículo sarcoplasmático e difusão para o o filamento grosso (miosina) e fino (actina).
9. Ligação do $Ca^{2+}$ na troponina C, descobrindo o sítio de ligação da miosina presente na actina.
10. Formação de ligação entre actina e miosina e movimento do filamento fino sobre o grosso, produzindo encurtamento do sarcômeros.

**Relaxamento:**

1. O $Ca^{2+}$ retorna ao retículo sarcoplasmático
2. O $Ca^{2+}$ libera-se da troponina C
3. Desligamento da actina e miosina.

# Efeitos do TF aeróbio

- Aumenta a regulação do $K^+$ (intracelular)
  - aumenta a atividade da $Na^+K^+$-ATPase
  - diminui a perda de $K^+$ para o meio extracelular

- Diminui a disfunção do RS provocada pelo exercício
  - aumenta a liberação do $Ca^{2+}$ do RS
  - aumenta a recaptação do $Ca^{2+}$ pelo RS

↓

**Aumenta a funcionalidade muscular**

↓

**Diminui a Fadiga Muscular**

# TIPOS DE FIBRAS

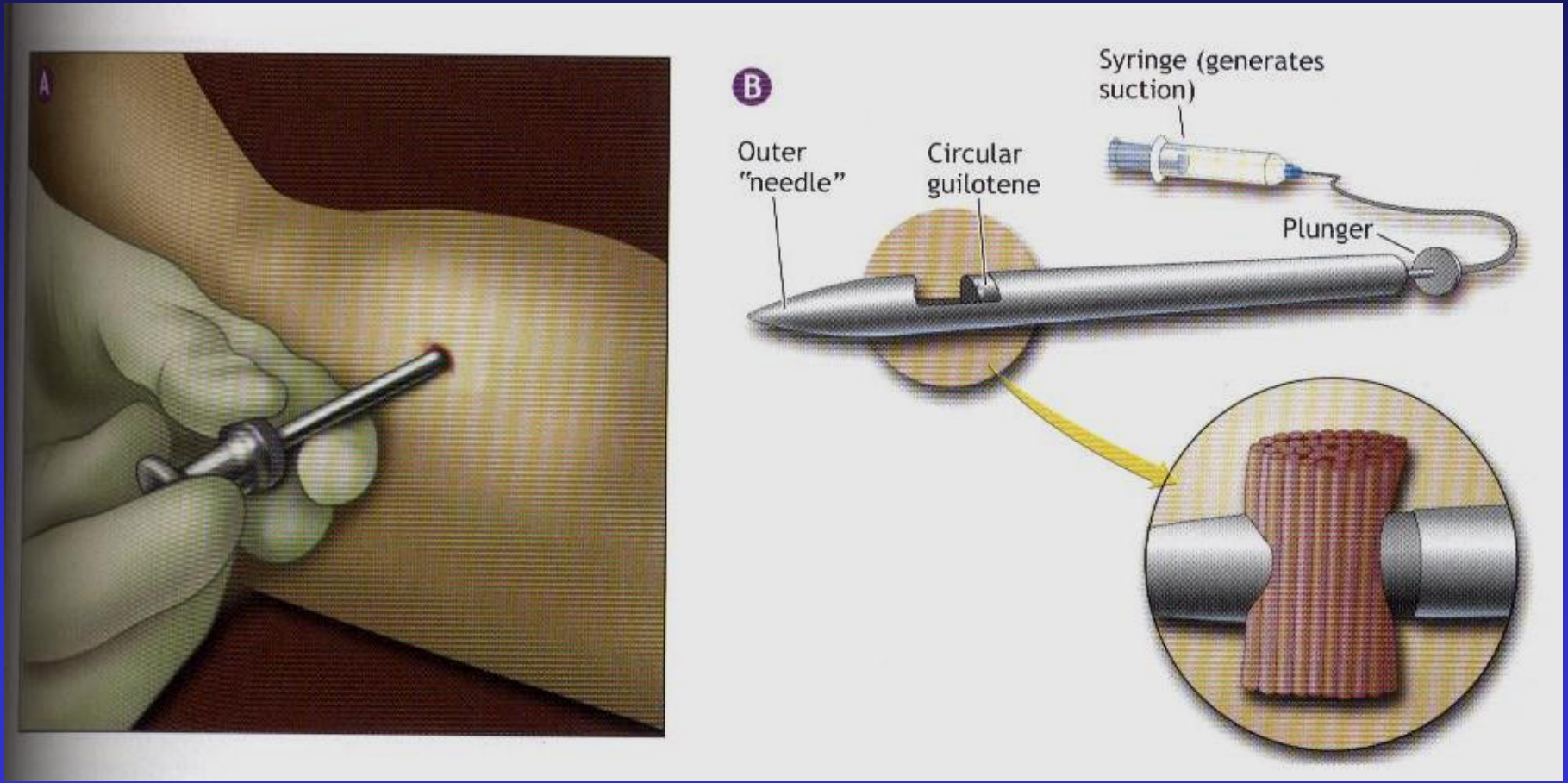
Tipo I lenta (MHCβ)

Tipo IIa rápida (MHC IIa)

Tipo IIb rápida (MHC IIb)

Tipo IId (transição)

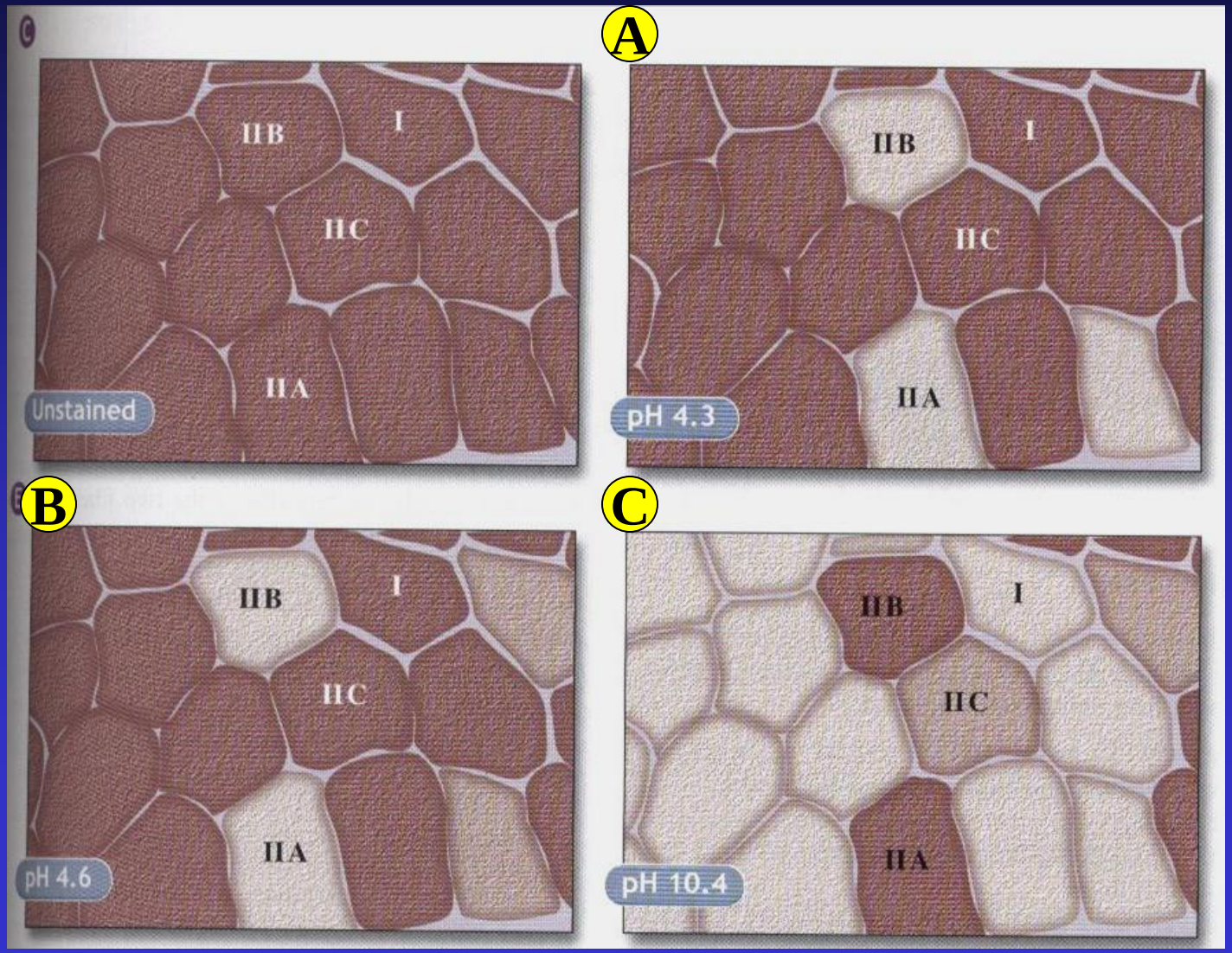
# Biópsia Muscular

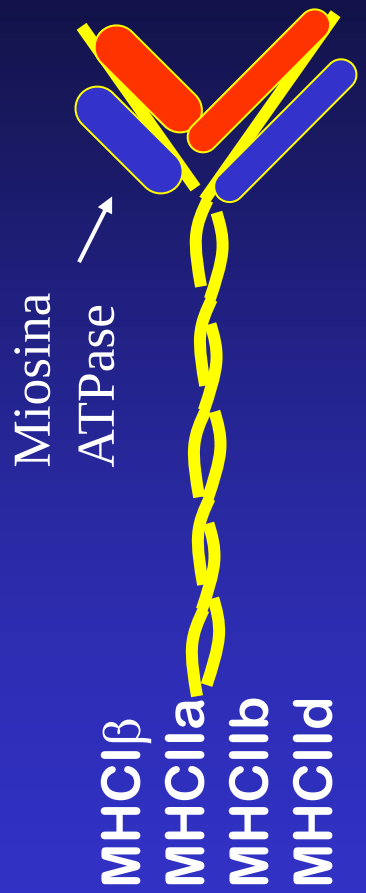


# Histoquímica da ATPase muscular

Coloração da ATPase miosínica com pré-incubação em

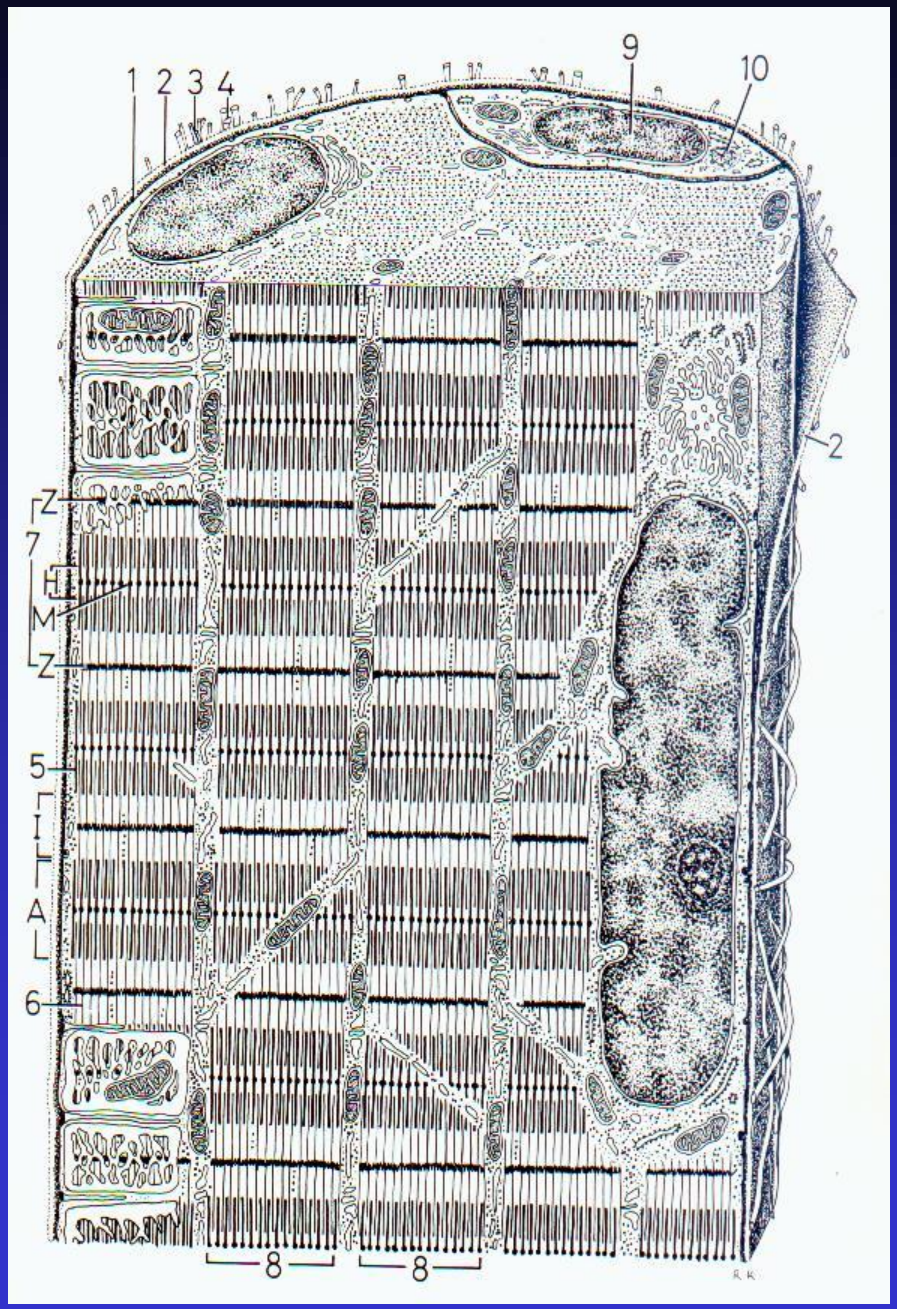
pH=4.3 (A) 4.6 (B) 10.4 (C)



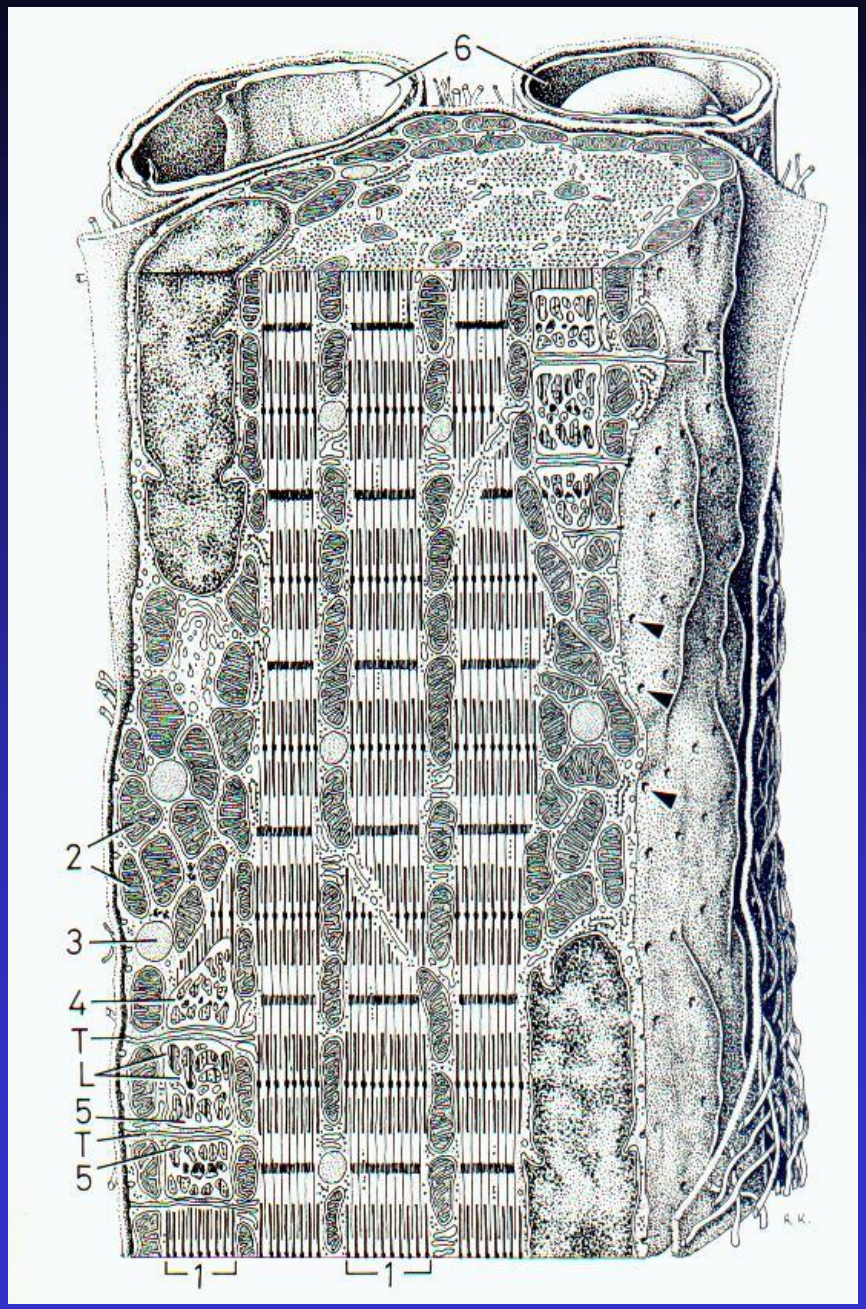



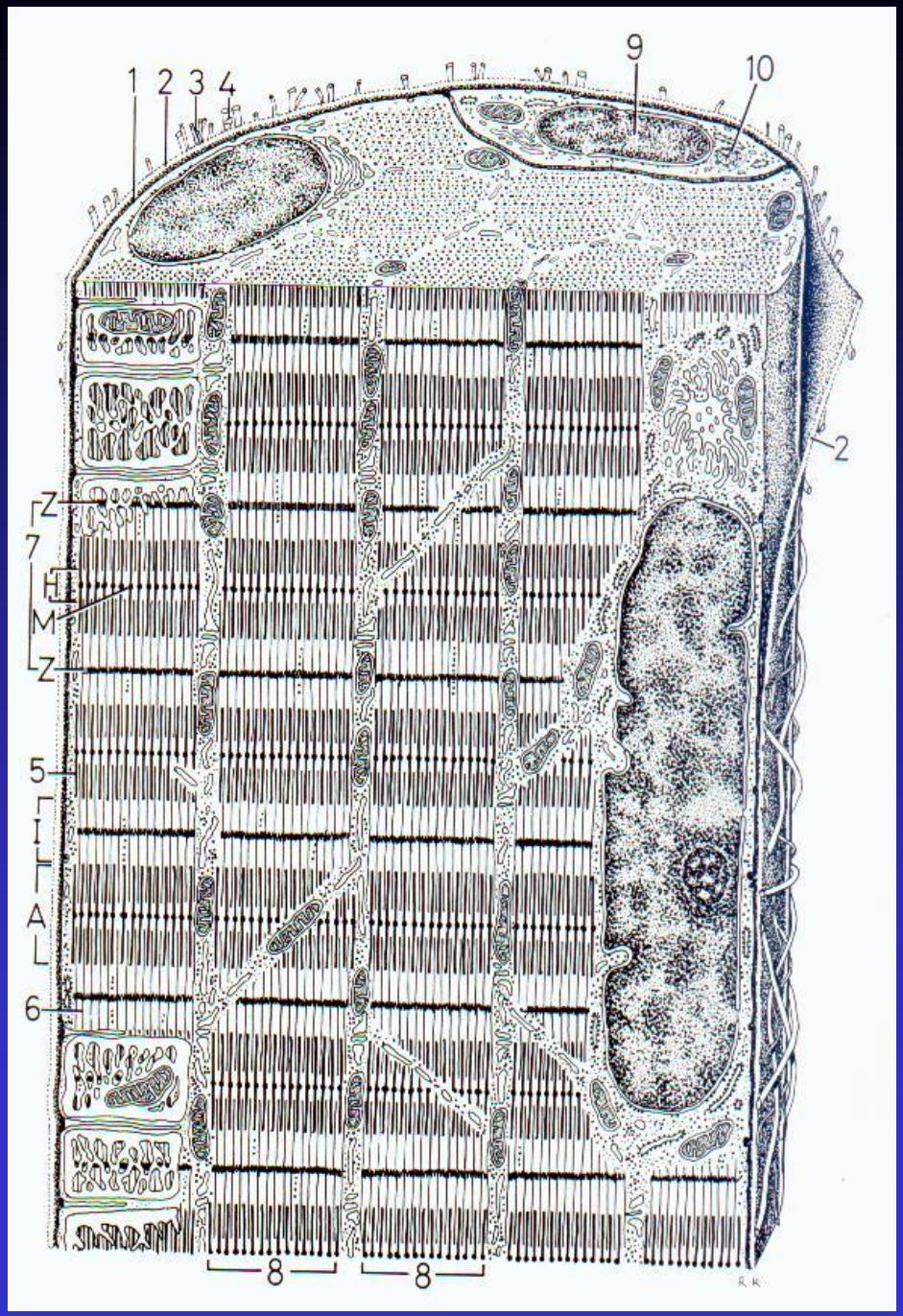
# Histoquímica ATPase

# Fibra Branca



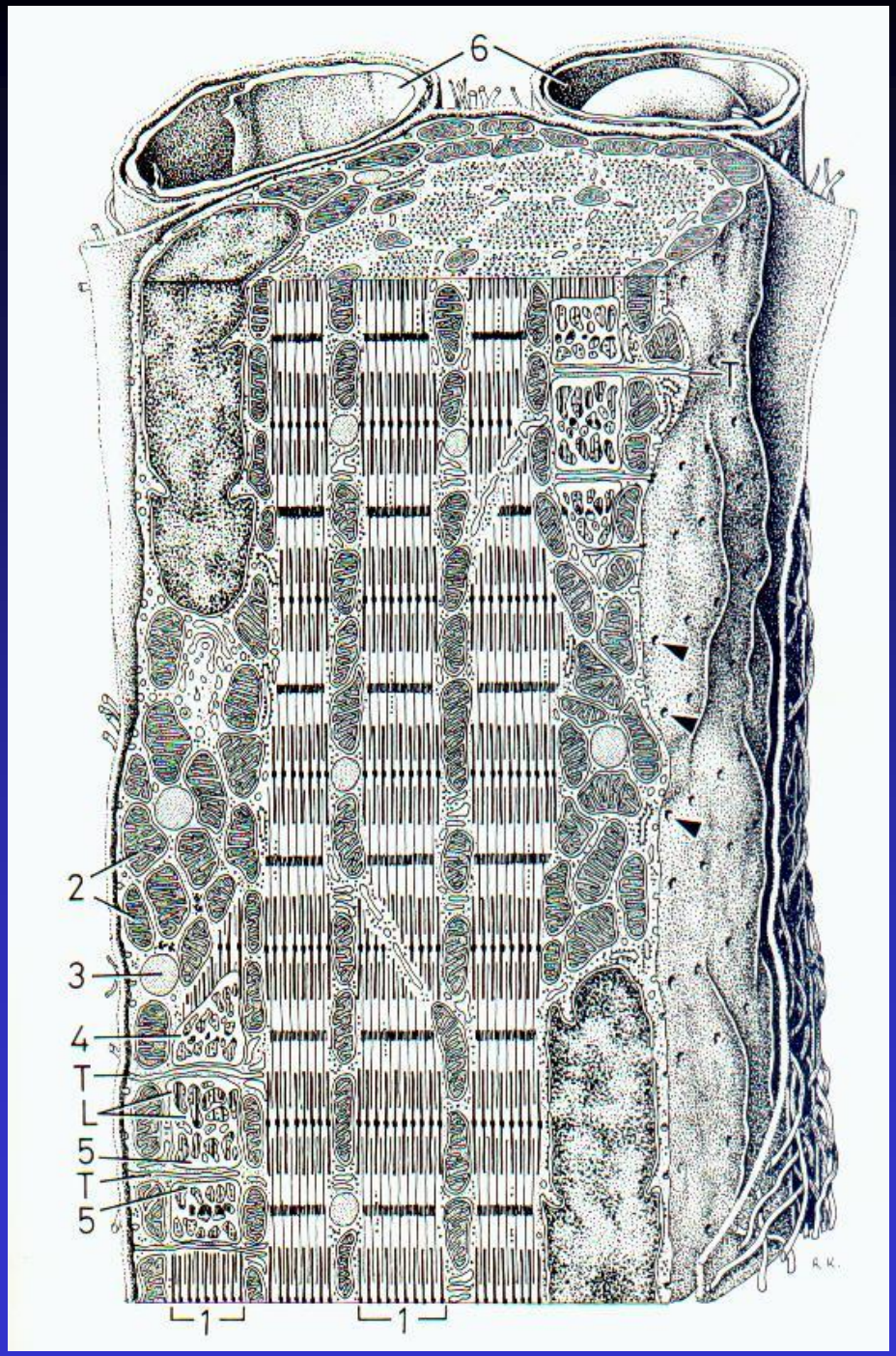

# Fibra vermelha






# Fibra branca

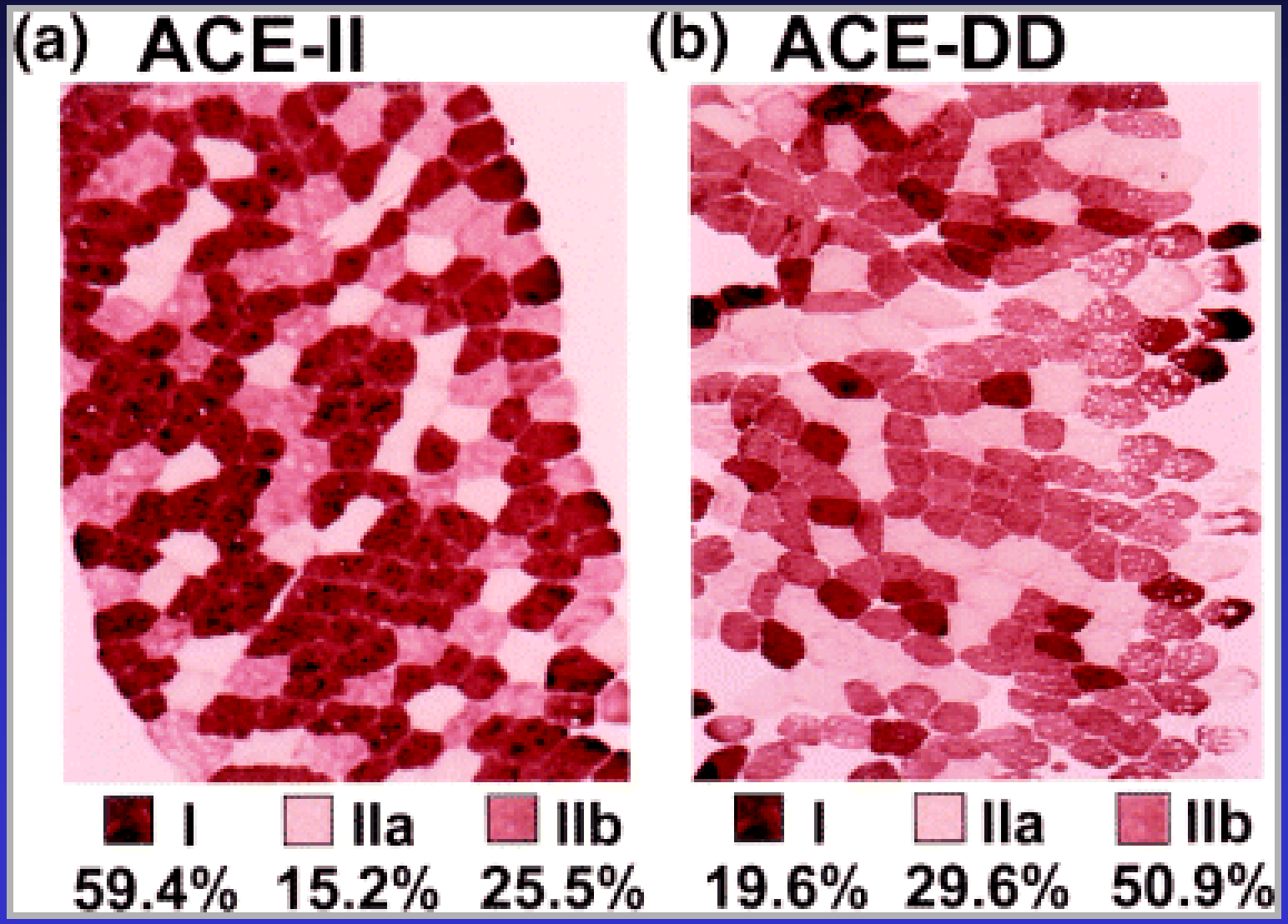
- Sarcolema
- Membrana basal
- Miofibrilas
- Miofilamentos
- Actina e miosina
- Bandas H, M, I e A
- Linhas Z
- Sarcômero
- Célula satélite



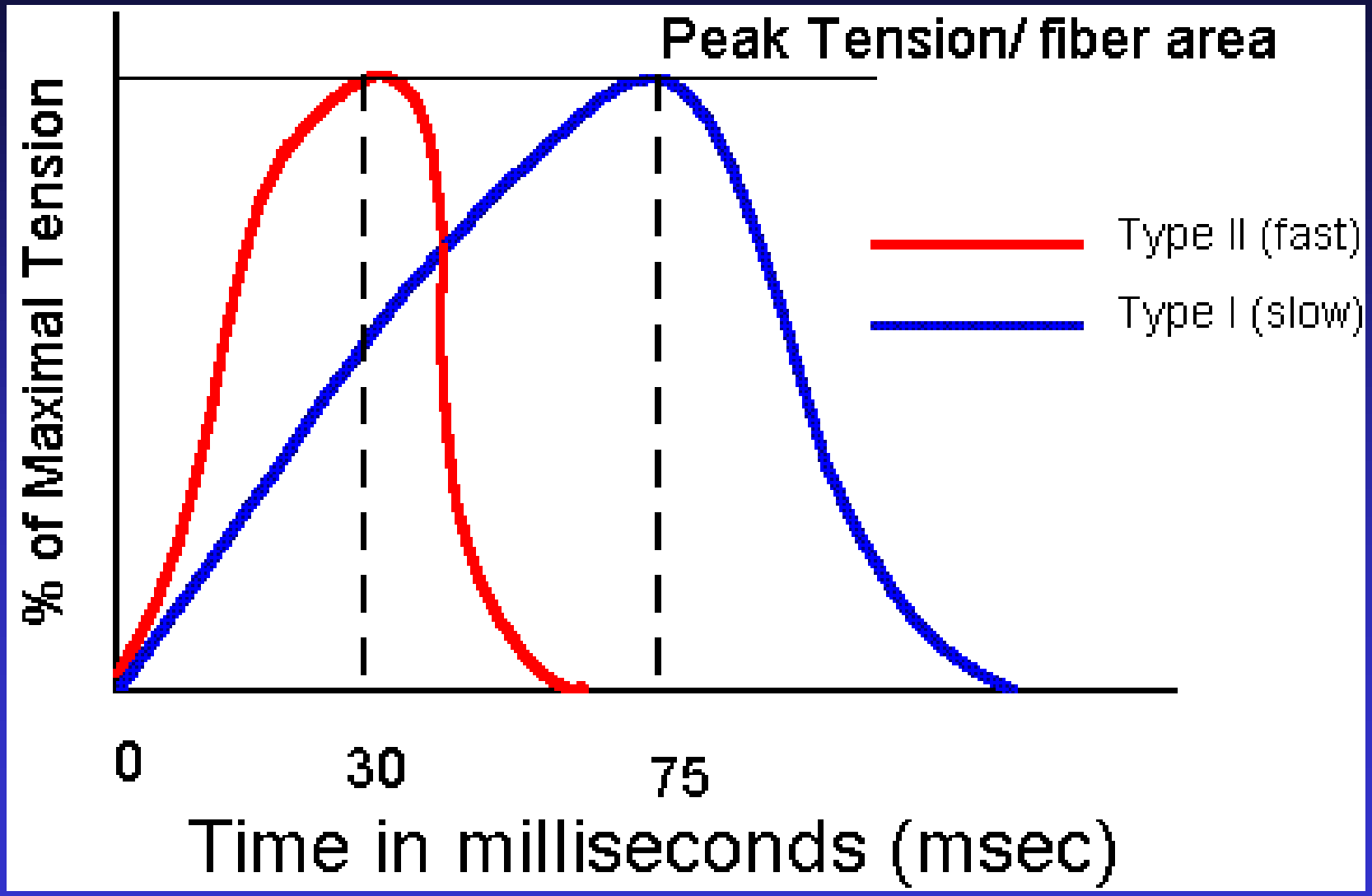

# Fibra vermelha

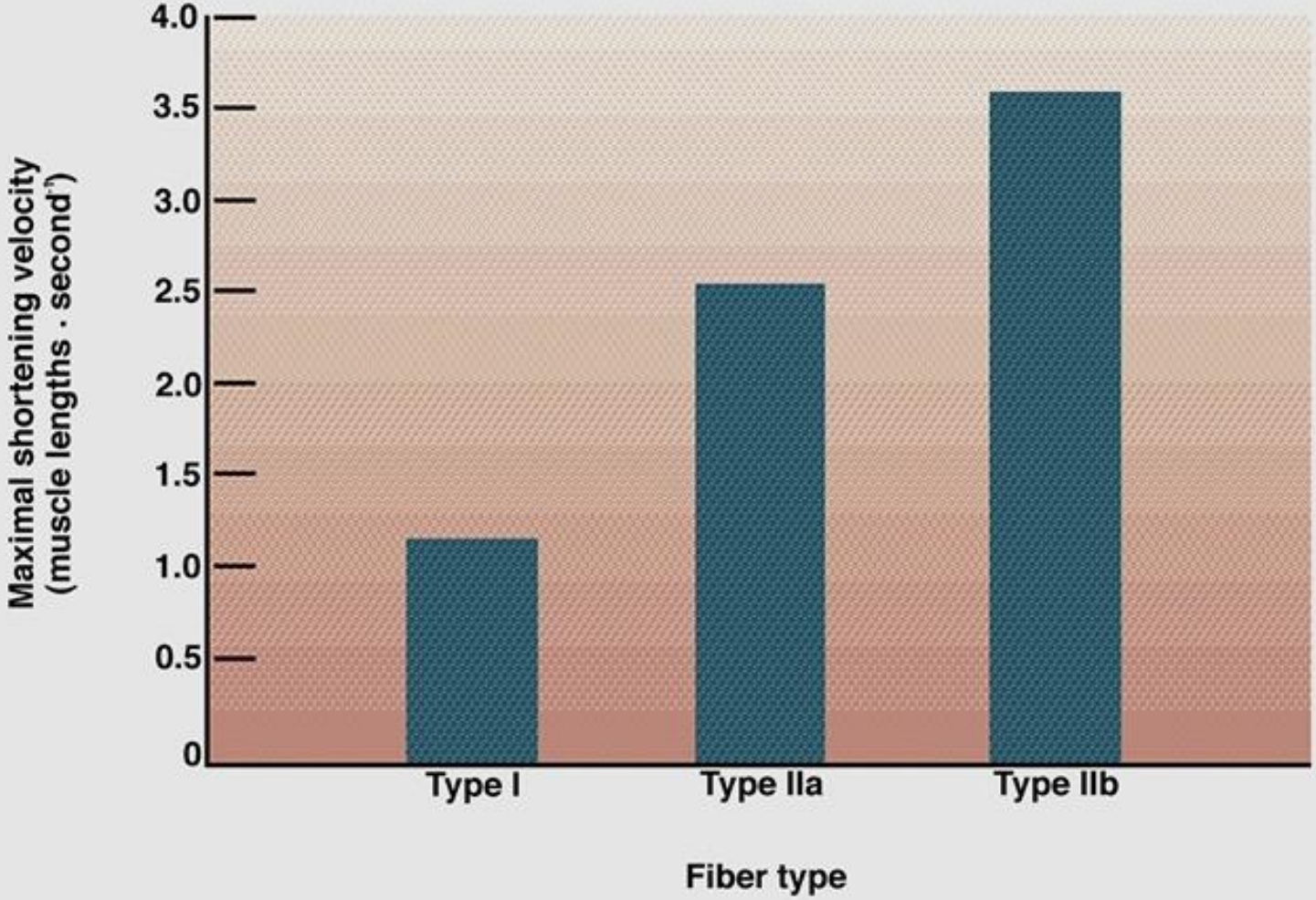
- Miofibrilas
- Mitocôndrias
- Depósitos de lípidos
- Retículo sarcoplasmático
- Túbulos T
- Cisternas terminais
- Capilares

# Polimorfismo da ACE



# Tipos de fibras - Características contráteis




Maximal shortening velocity
(muscle lengths · second⁻¹)
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
Type I
Type IIa
Type IIb
Fiber type

| Características | Lentas<br>Tipo I<br>SO | Rápidas a<br>Tipo IIa<br>FOG | Rápidas b<br>Tipo IIb<br>FG |
|---|---|---|---|
| Diâmetro | Menor | Maior | Maior |
| Diâm. nervo motor | Menor | Maior | Maior |
| Capilarização | Maior | Menor | Muito menor |
| Força contração | Menor | Maior | Muito maior |
| Veloc. contração | Menor | Maior | Maior |
| Resistência fadiga | Maior | Menor | Muito menor |

| Características | Lentas<br>Tipo I<br>SO | Rápidas a<br>Tipo IIa<br>FOG | Rápidas b<br>Tipo IIb<br>FG |
|---|---|---|---|
| Metab. oxidativo | Maior | Menor | Muito menor |
| Metab. glicolítico | Menor | Maior | Muito maior |
| Glicogênio | Menor | Maior | Maior |
| Triglicerídeos | Maior | Menor | Menor |
| Espessura disco Z | Maior | Menor | Menor |
| ATPase miosínica | Menor | Maior | Muito maior |
| Limiar de excitab. | Menor | Maior | Maior |

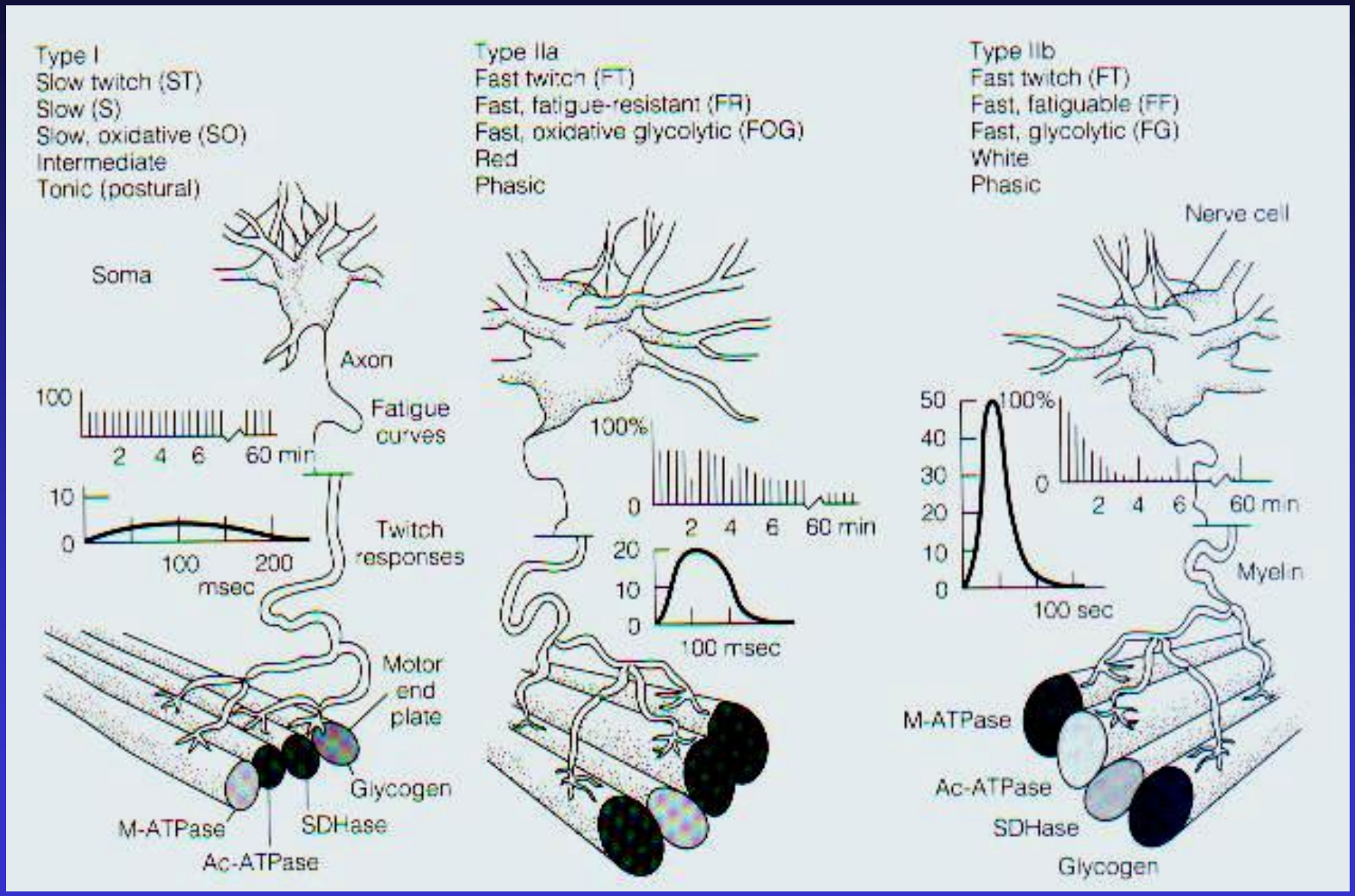
# Composição muscular

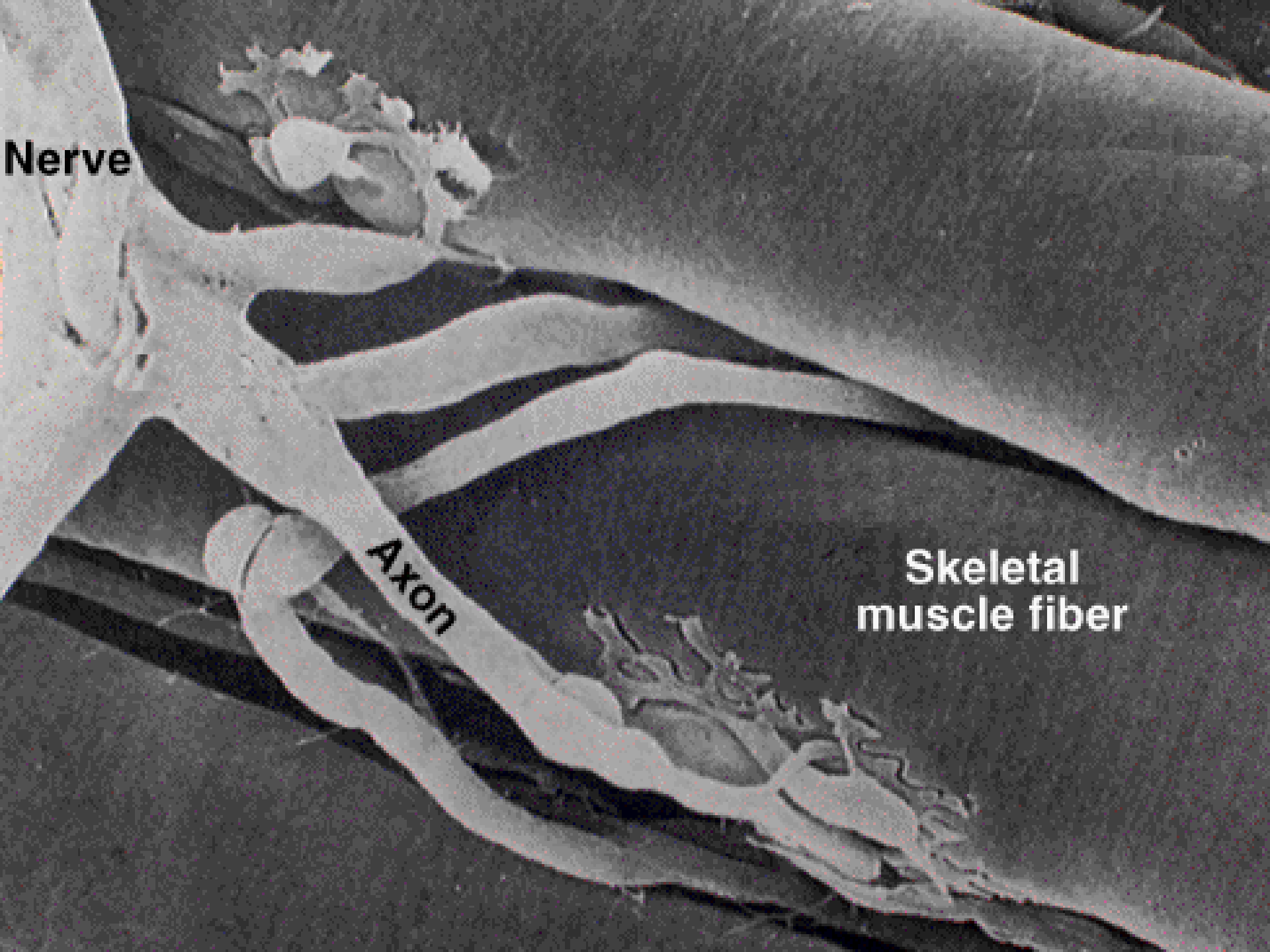
| Músculo | % tipo I | % tipo II |
|---|---|---|
| **soleus** | 70 | 30 |
| **vastus lateralis** | 50 | 50 |
| **gastrocnemius** | 50 | 50 |
| **deltoide** | 53 | 47 |
| **bicep brachialis** | 42 | 58 |

# Percentagem de distribuição das fibras

| Características | Tipo I | Tipo IIa | Tipo IIb |
|---|---|---|---|
| ***Homens*** | | | |
| Média | 46 | 39 | 15 |
| Desvio-padrão | 15 | 12 | 9 |
| ***Mulheres*** | | | |
| Média | 51 | 37 | 12 |
| Desvio-padrão | 13 | 10 | 9 |

# Unidades motoras




Nerve
Axon
Skeletal
muscle fiber

# Características funcionais das Unidades Motoras

| | Tipo I | Tipo IIa | Tipo IIb |
|---|---|---|---|
| Fibras por neurônio | 300-800 | 200-400 | 10-180 |
| Diam. nervo motor | Pequena | Grande | Grande |
| Veloc. cond. nerv. | Lenta | Rápida | Rápida |
| Tempo contração | 110 | 50 | 50 |

# Características das fibras musculares

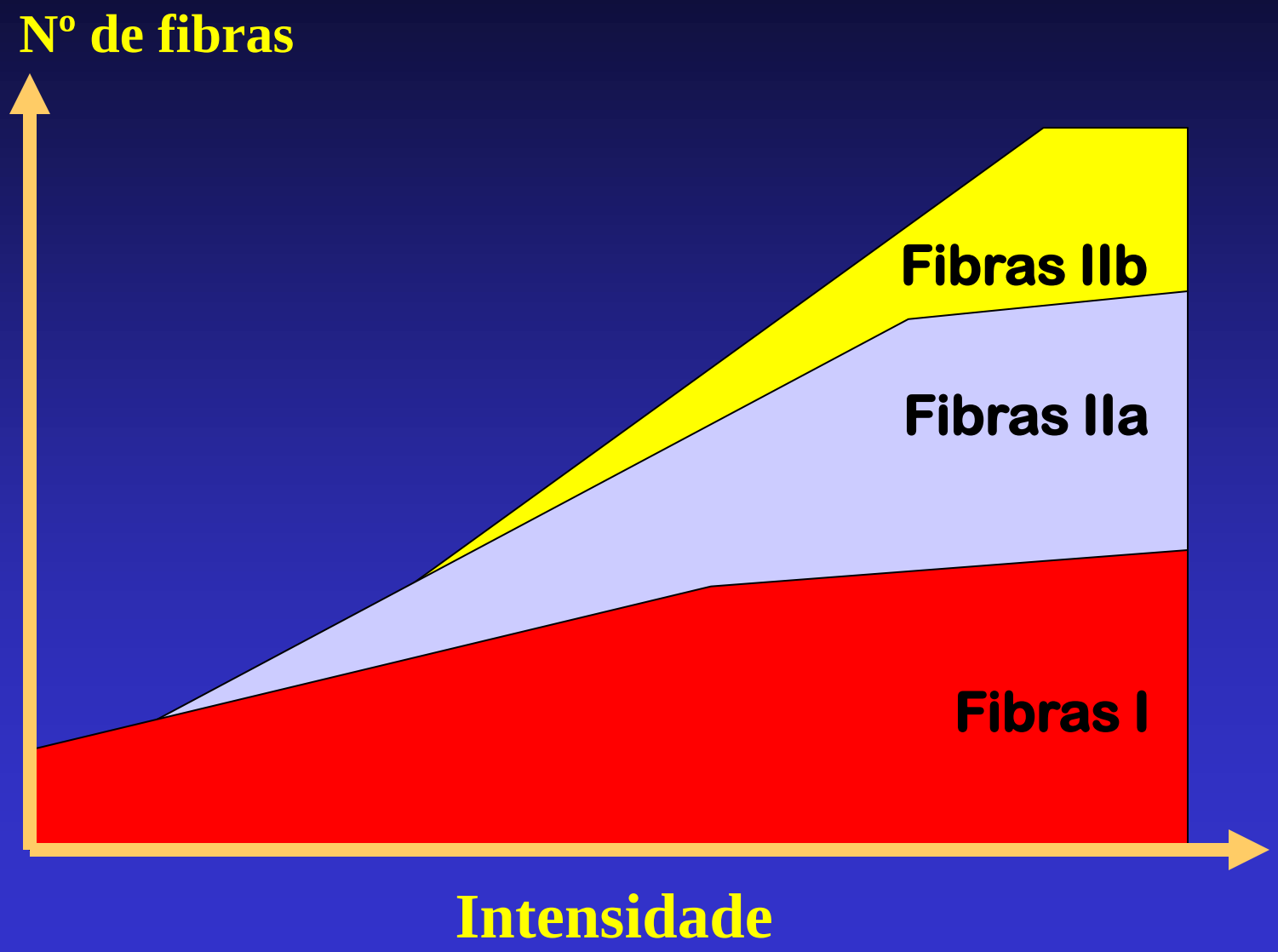
| | I | IIa | IIb |
|---|---|---|---|
| Cor | vermelha | branca | branca |
| Dens. mitocôndrias | ↑ | ↑ | ↑ |
| Capilarização | ↑ | ↑ | ↑ |
| Bioquímicas | oxidativa | glicolítica/ oxid. | glicolítica |
| Funcionais | | | |
| Tempo de contração/relaxam. | lenta | rápida | rápida |
| Força de contração | ↑ | ↑ | ↑ |
| Rendimento | não fatigável | fatigável | fatigável |
| Limiar de excitabilidade | ↑ | ↑ | ↑ |

# ADAPTAÇÕES MUSCULARES AO TREINAMENTO FÍSICO

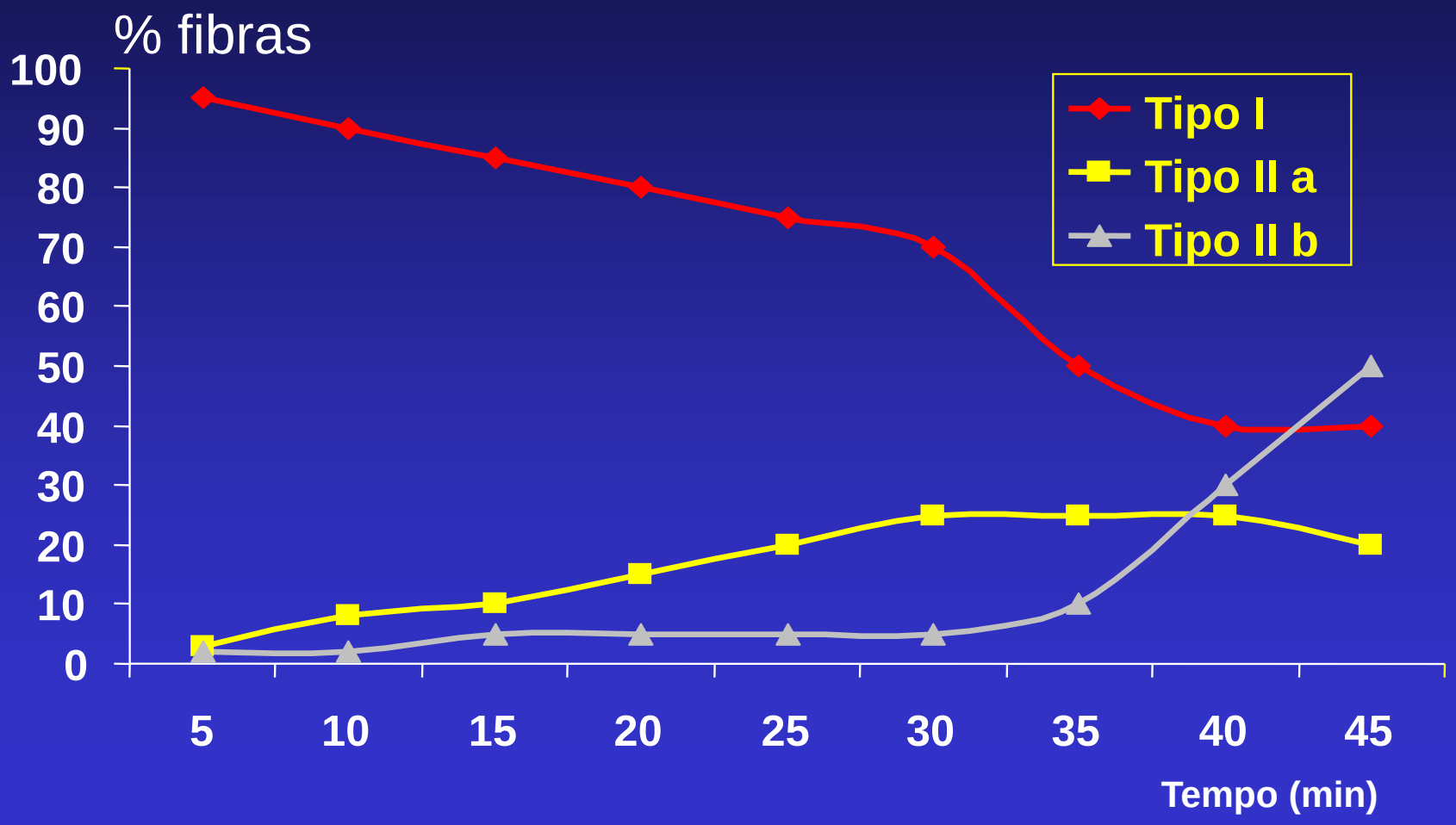
**Observamos que as fibras musculares apresentam características bioquímicas, histológicas e neurais diferenciadas.**

**Como acontece o recrutamento destas fibras durante o exercício físico ?**

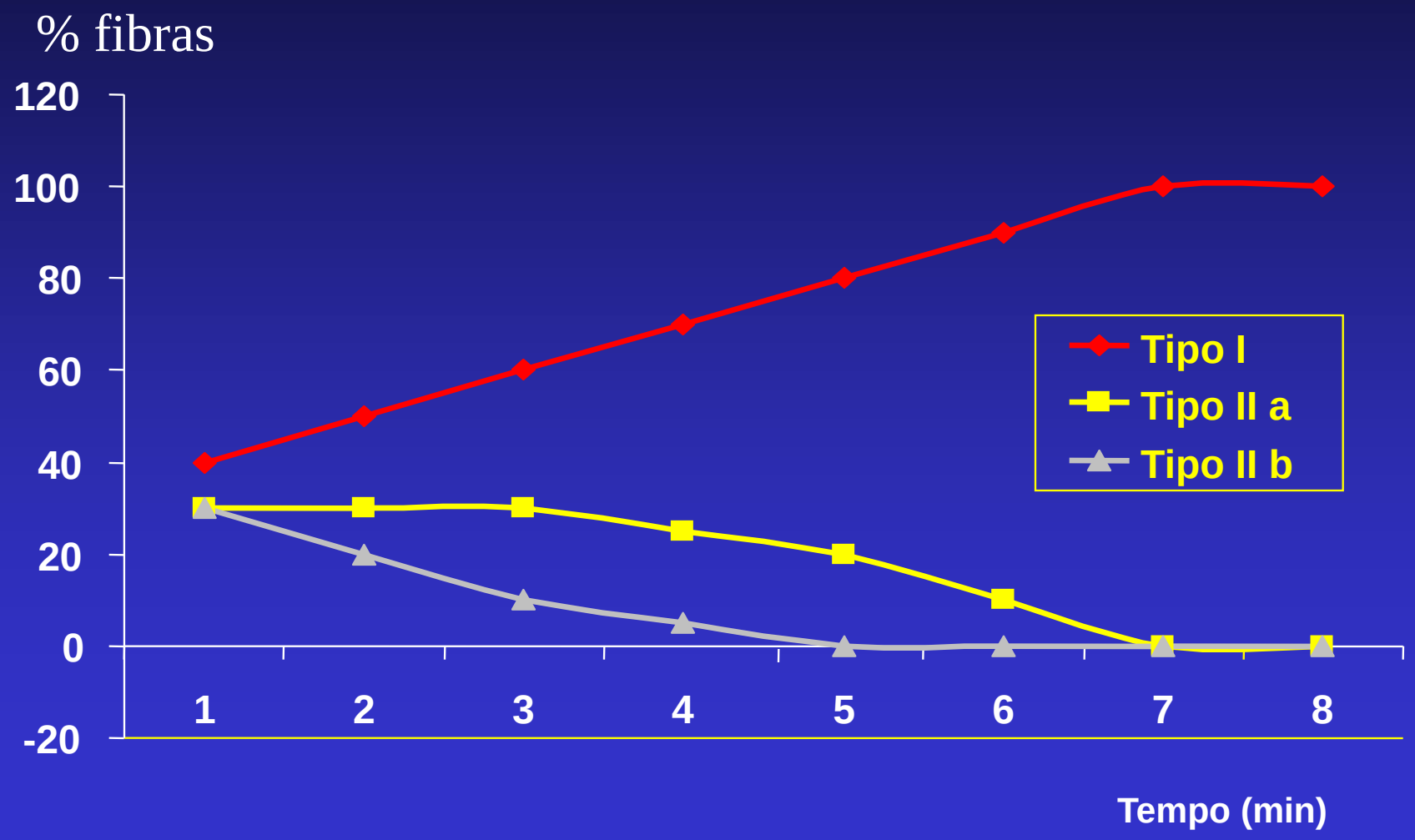
# Recrutamento de unidades motoras durante o EF



# Recrutamento ordenado das UM
# Exercício Intensidade crescente

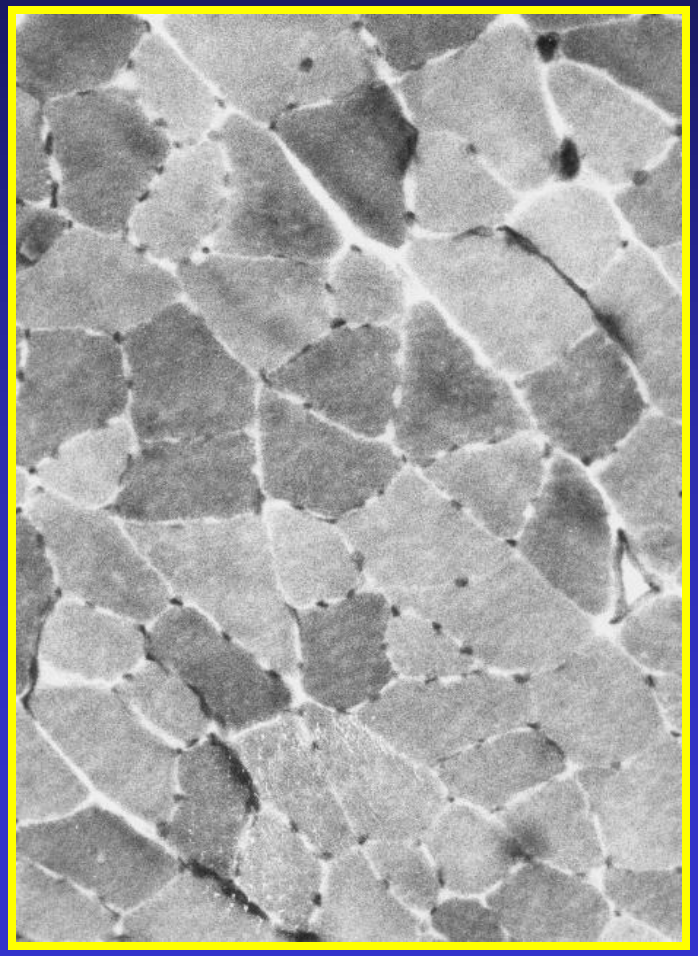


# Recrutamento ordenado das UM
# Exercício Intensidade decrescente

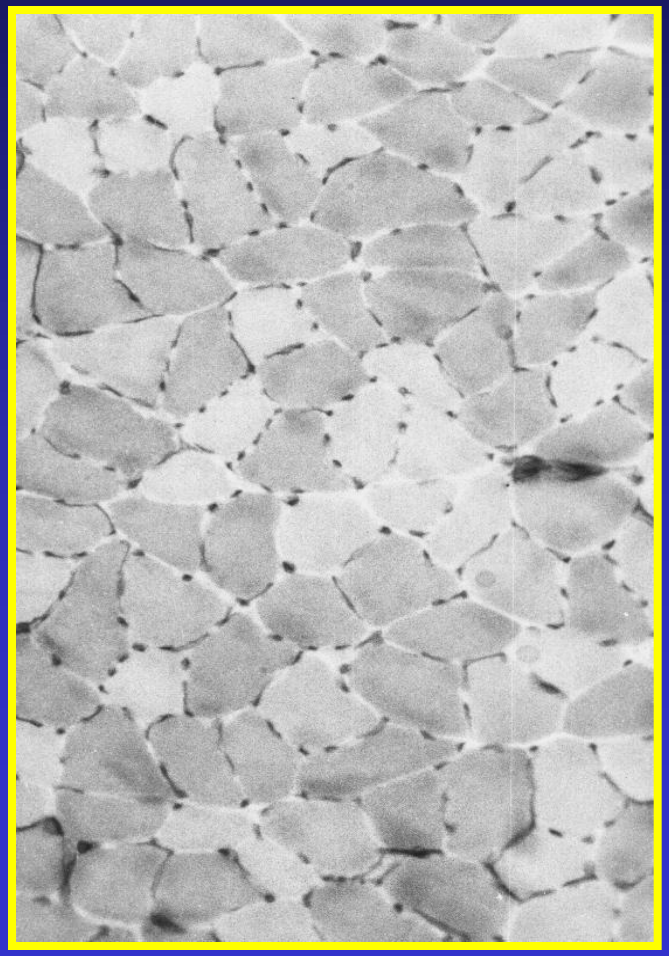


# Capilarização

Controle



Aeróbio

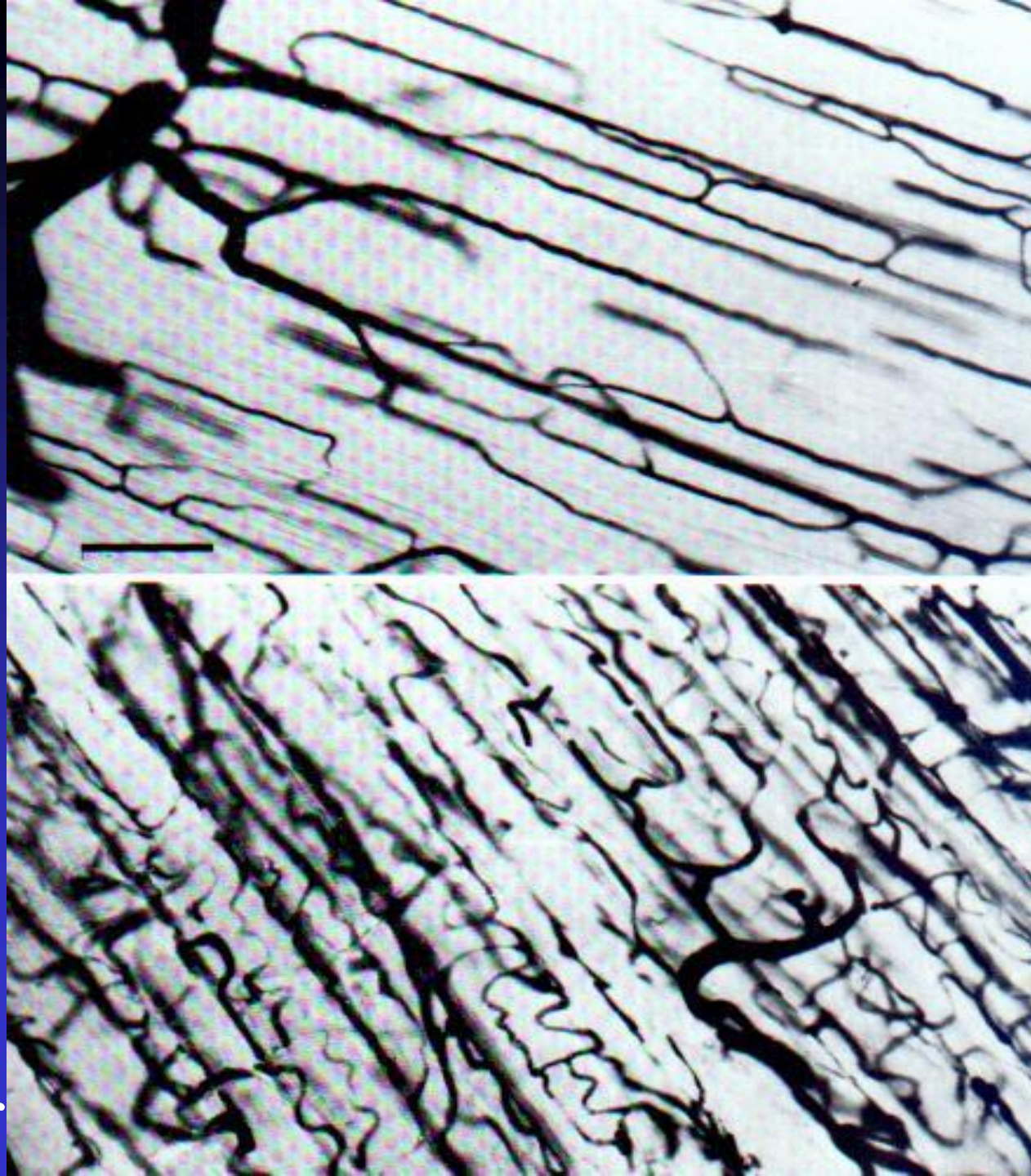


# Capilarização

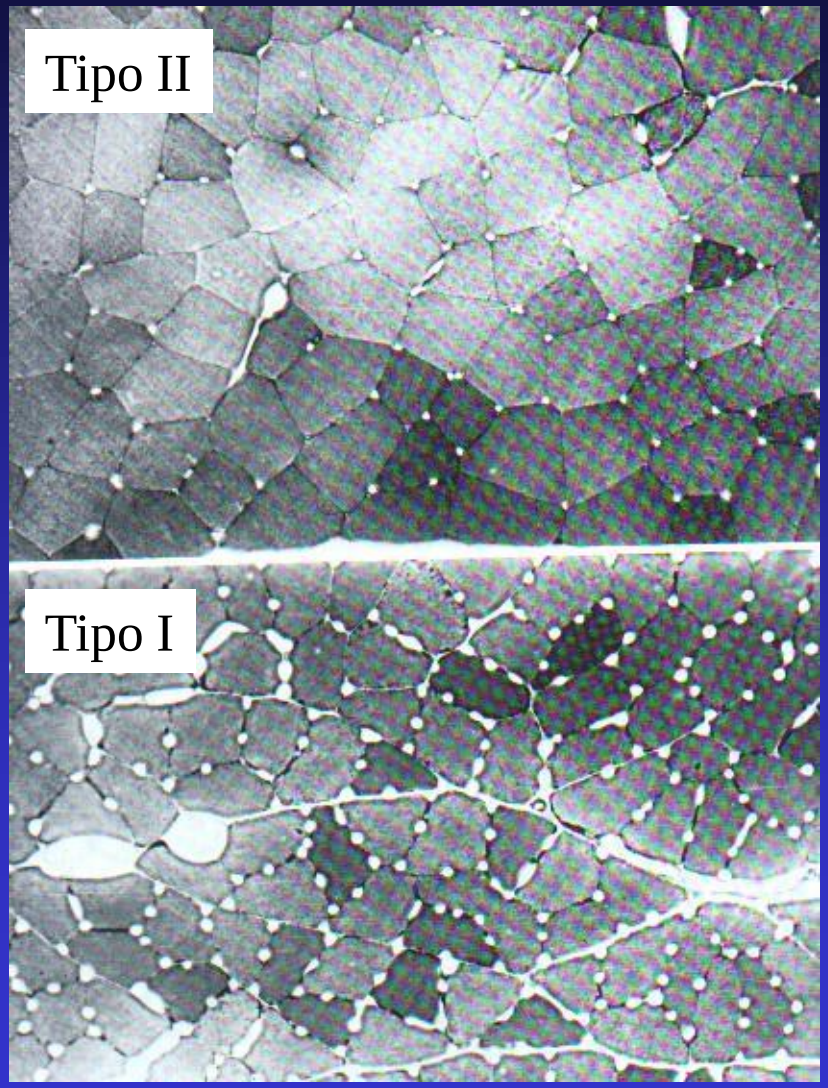
Velocista

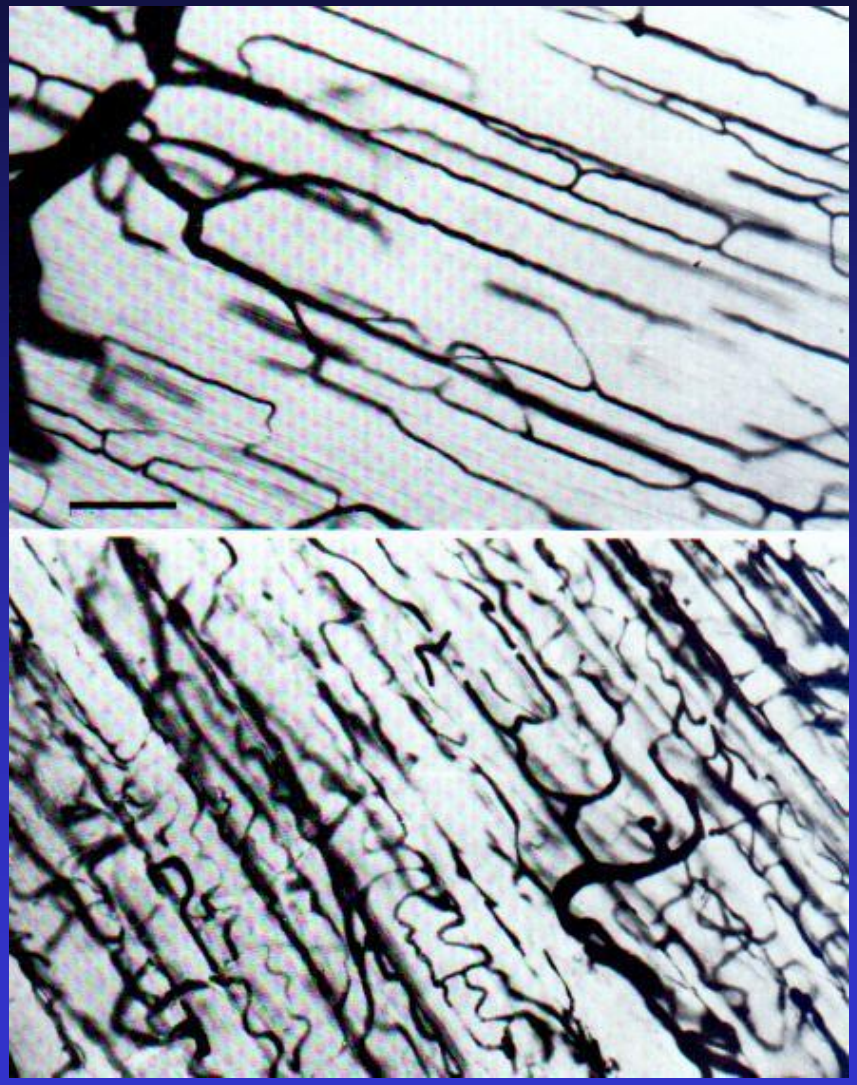
Resistência

Tortuosidade capilar



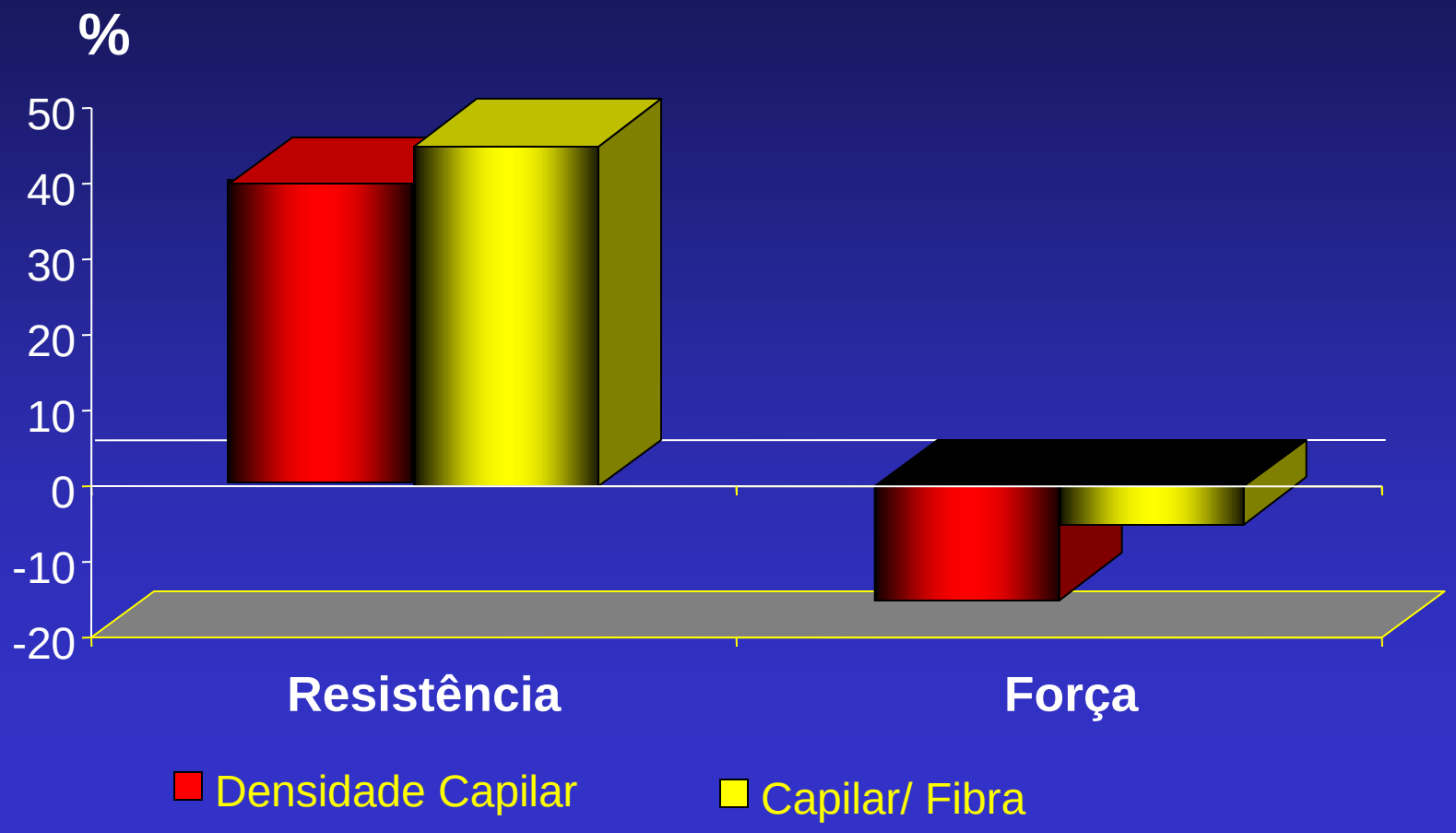
# Capilarização - Fibras tipo I e II



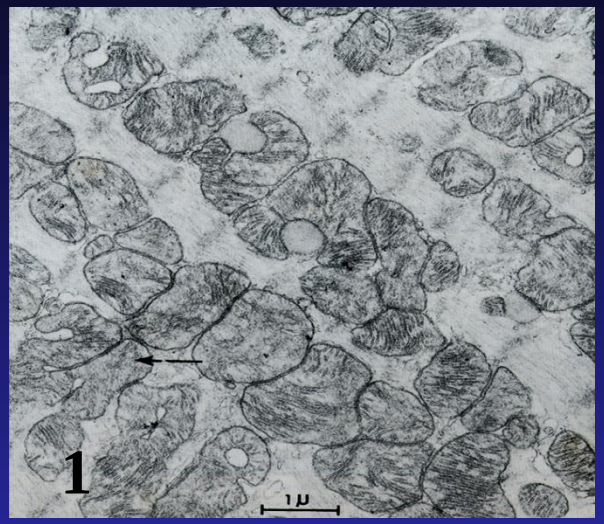
# Capilarização

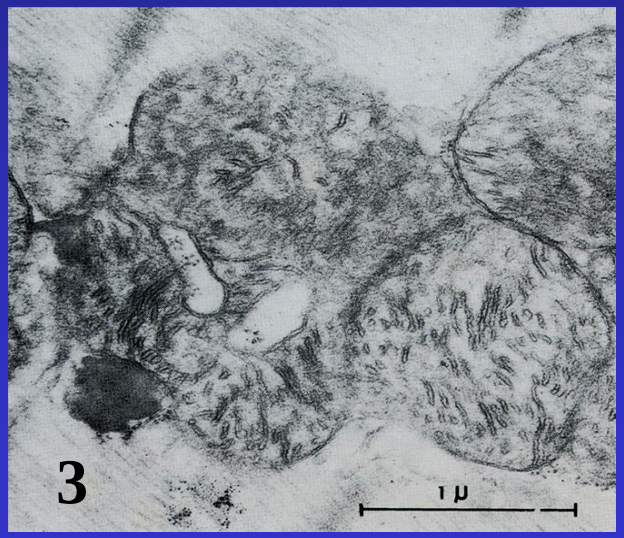
## Resistência e Força



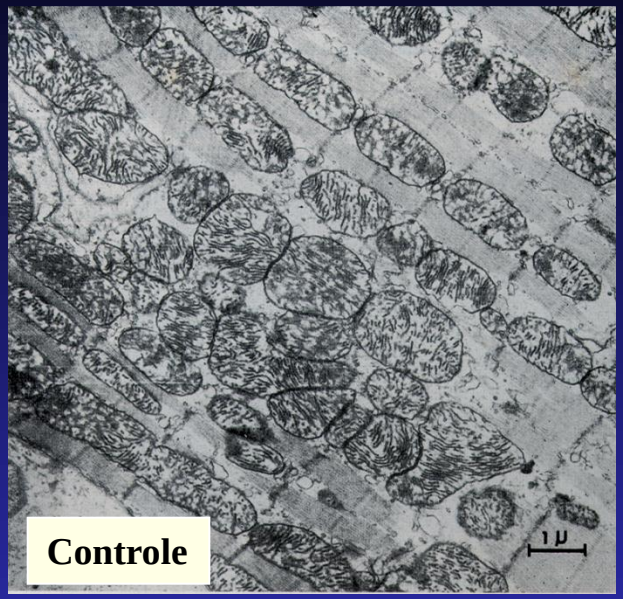
# Mitocôndrias cardíacas: após 60 min de natação em ratos Wistar

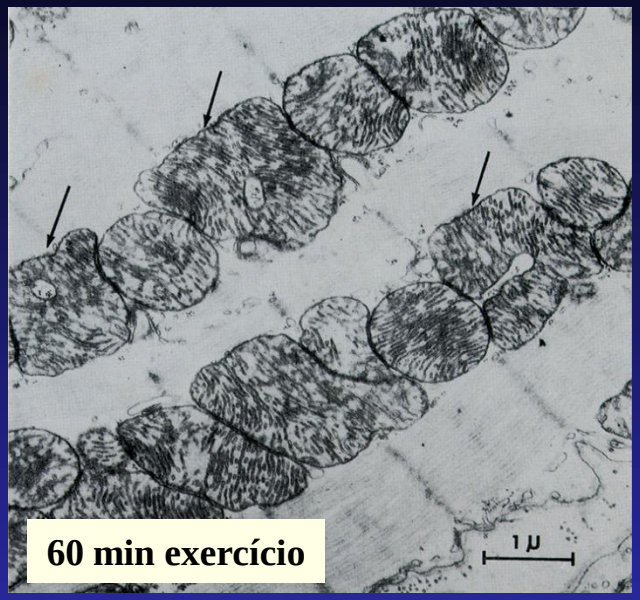
1. Mitocôndrias irregulares e com invaginações.
2. Invaginação.
3. Duas invaginações e presença de ribossomos

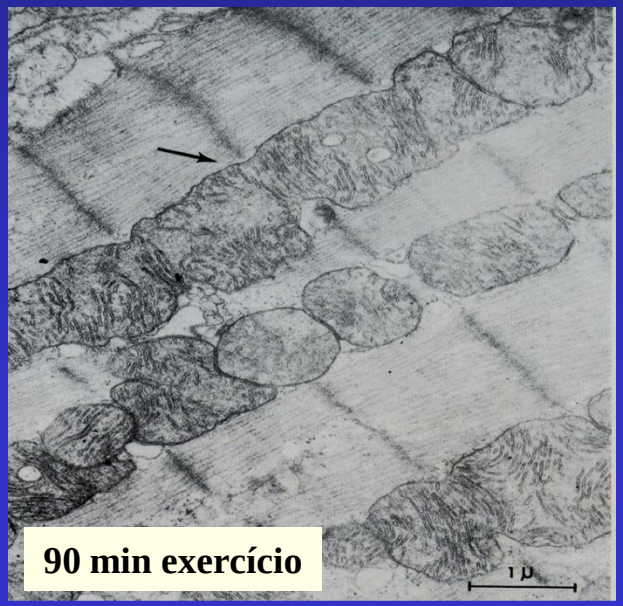


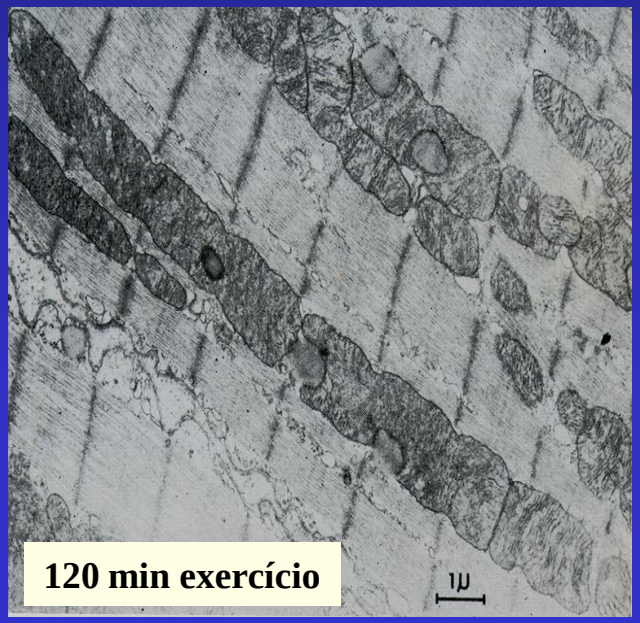


# Mitocôndrias cardíacas: após TF de natação em ratos Wistar



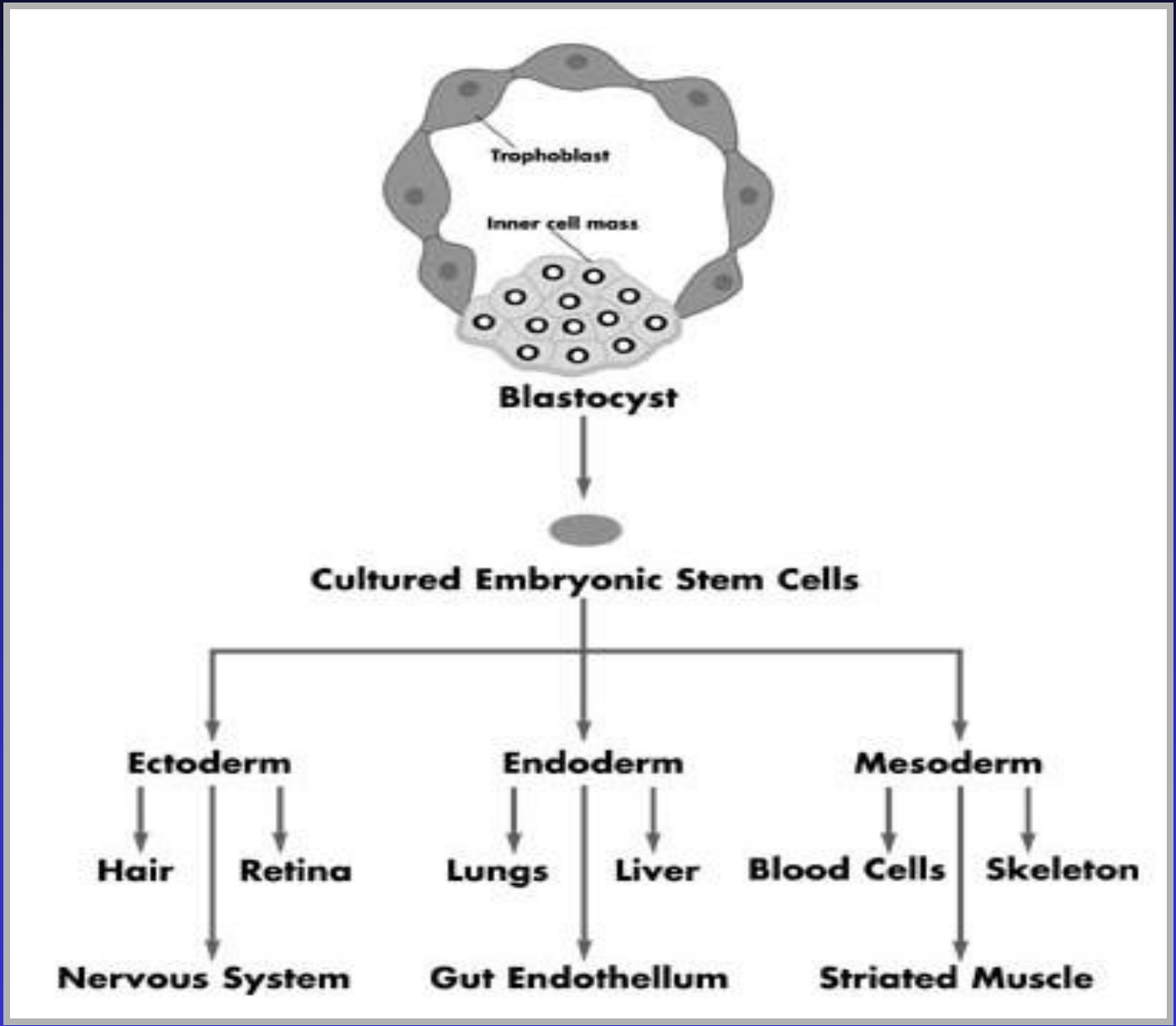



# Músculo Esquelético

O músculo esquelético é um tecido complexo e heterogêneo capaz de apresentar notável hipertrofia, adaptação metabólica e regeneração. Um dos mais potentes estímulos para induzir reorganização celular no músculo esquelético é o treinamento físico. O aumento na tensão muscular, como o induzido por treinamento físico de força/hipertrofia proporciona o estímulo primário para iniciar o crescimento do músculo esquelético com o exercício físico, iniciando o processo de hipertrofia. A hipertrofia do músculo esquelético apresenta como resposta global, o aumento na forma muscular decorrente do aumento no número de miofibrilas contráteis, aumentado a área de seção-transversa. Isto confere ao músculo um maior potencial para produção de força máxima.

# Diferenciação tecidual



gestação

infância

mesoderme

genético

miotúbulos

cel satelite

mitose

4ª semana

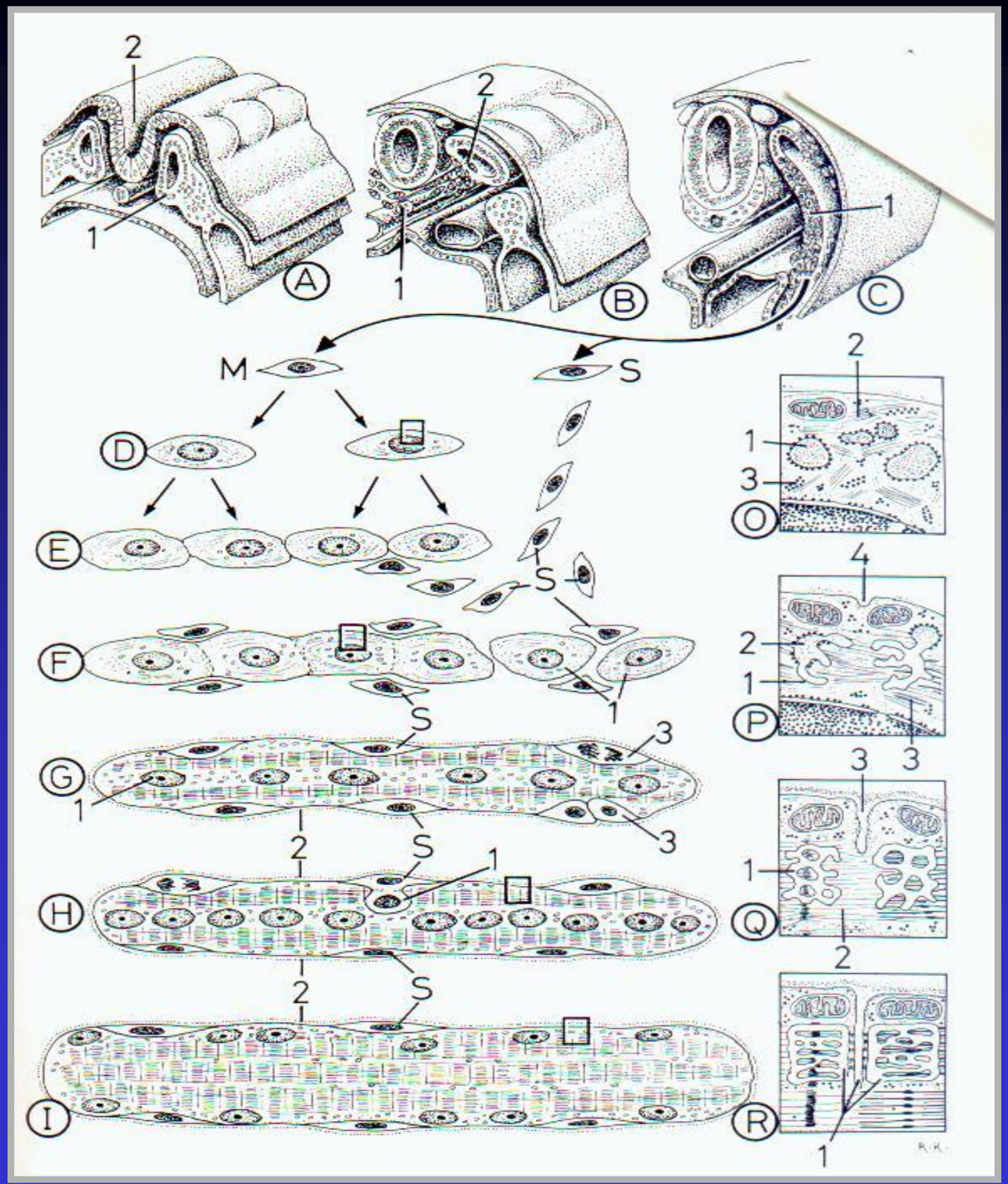
área

comprimento

cresc. ósseo

mioblastos

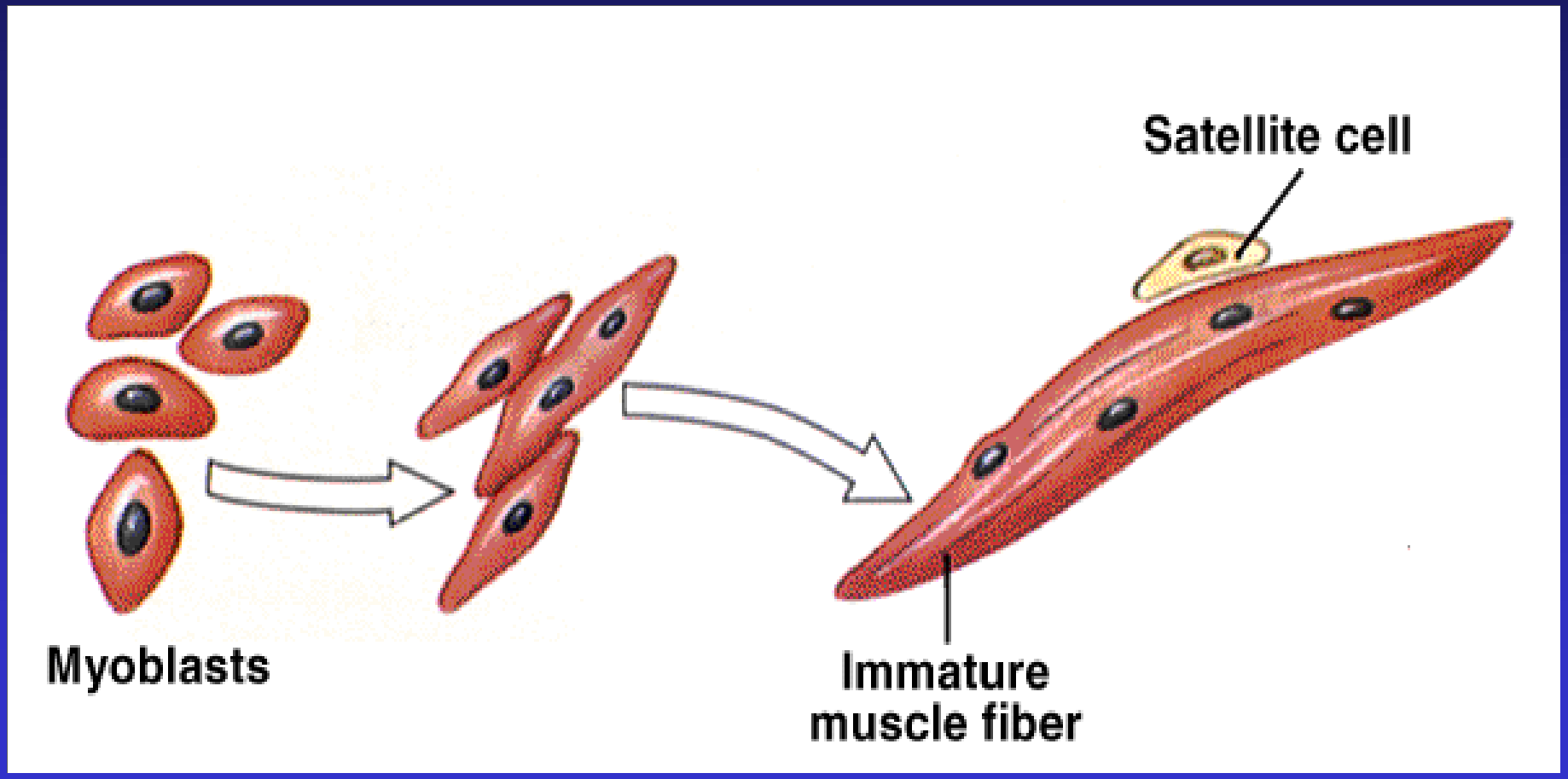
multinucleadas




# Histogênese do músculo esquelético

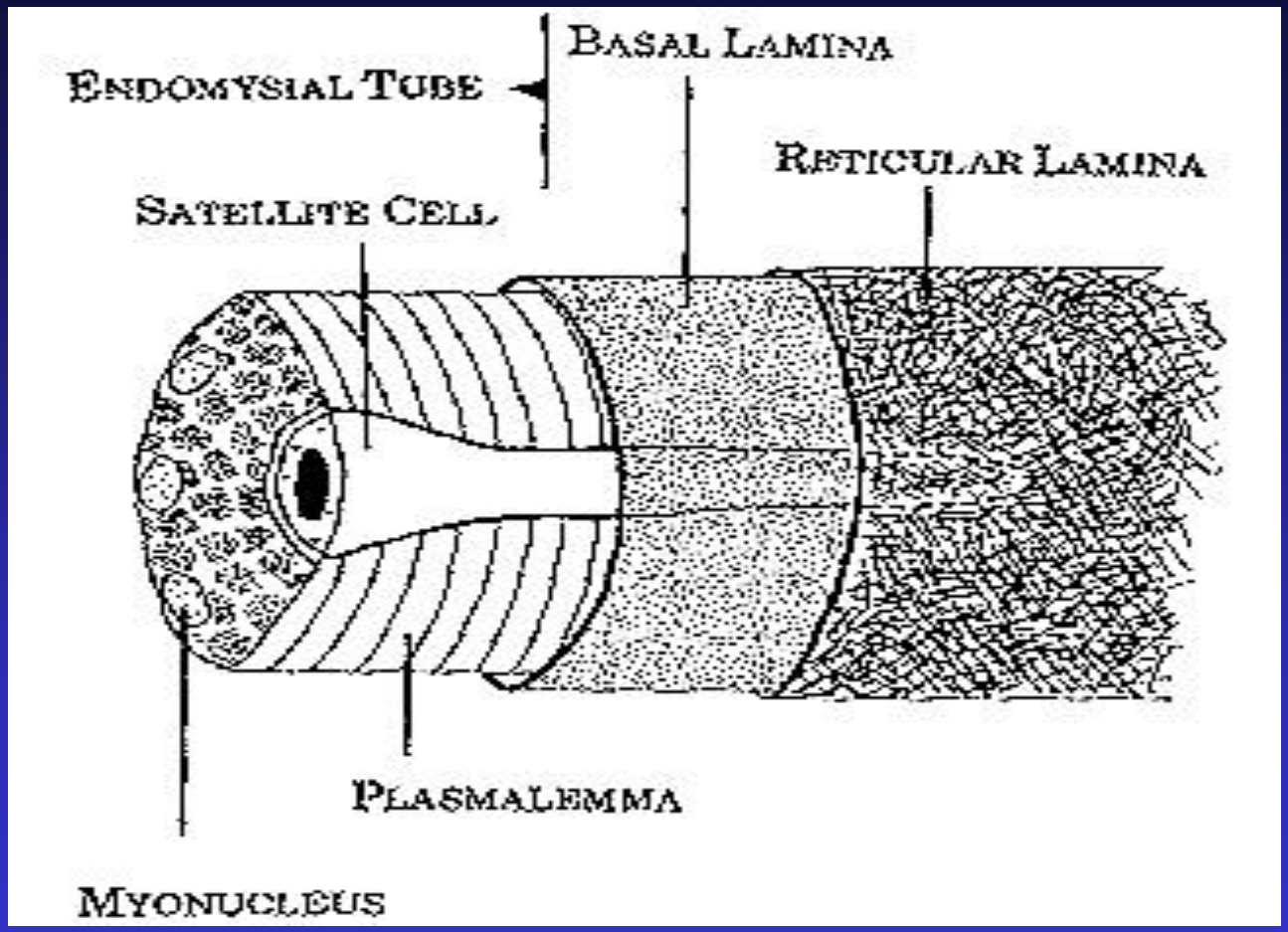
# Hipertrofia e/ou Hiperplasia do Músculo Esquelético

Gênese do músculo esquelético

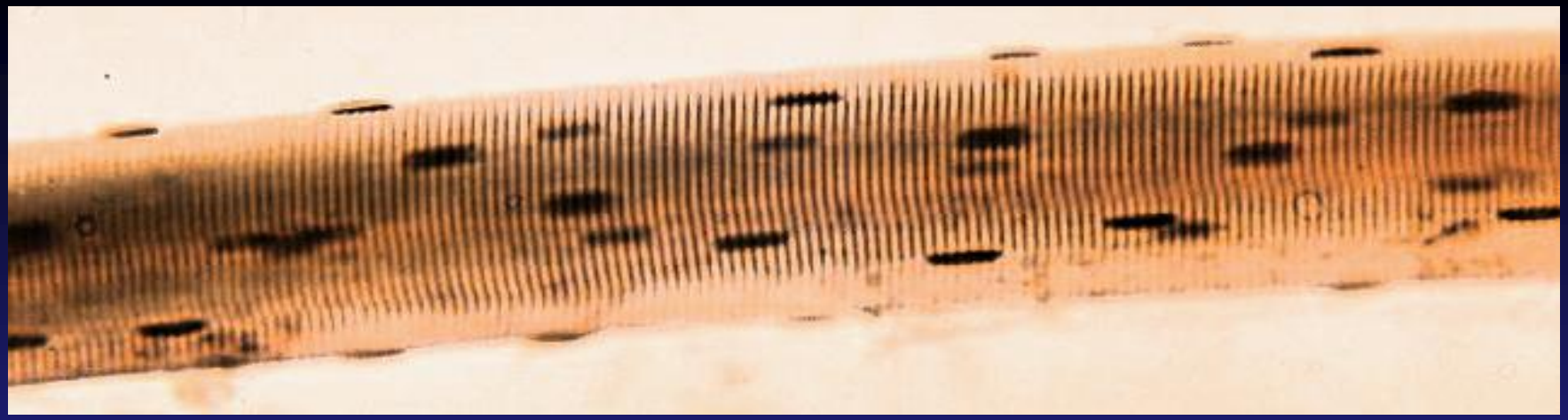


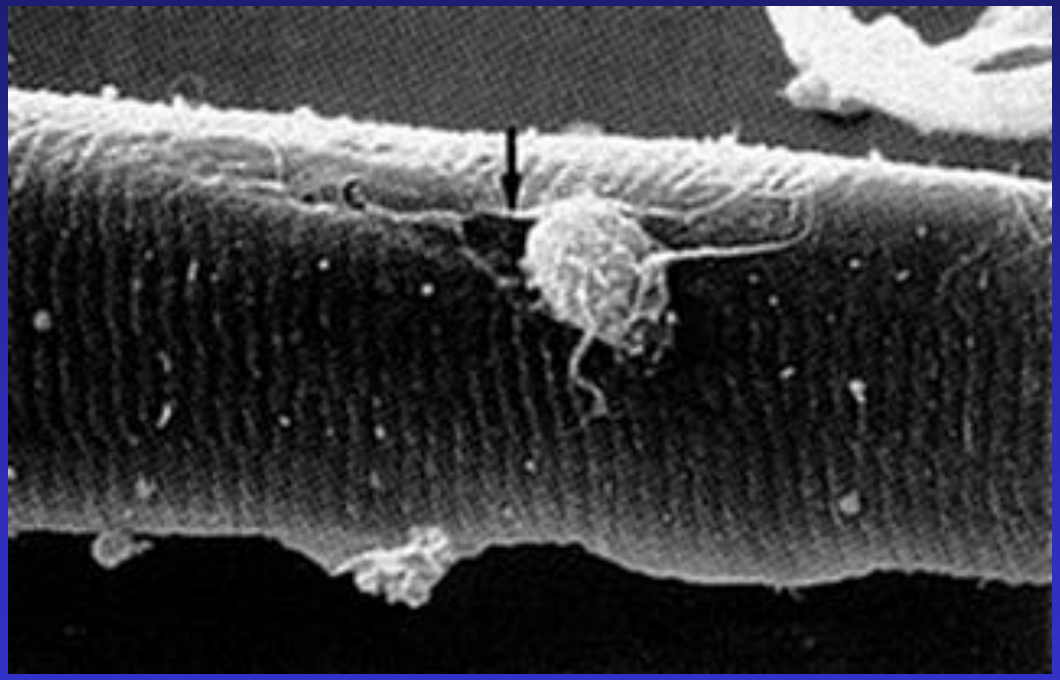
# Células satélites

Quiescentes ou na fase Go do ciclo celular




Células Satélites: descobertas por Mauro em 1961, que assim as denominou por sua posição satélite, adjacente a miofibra adulta e abaixo da lâmina basal.





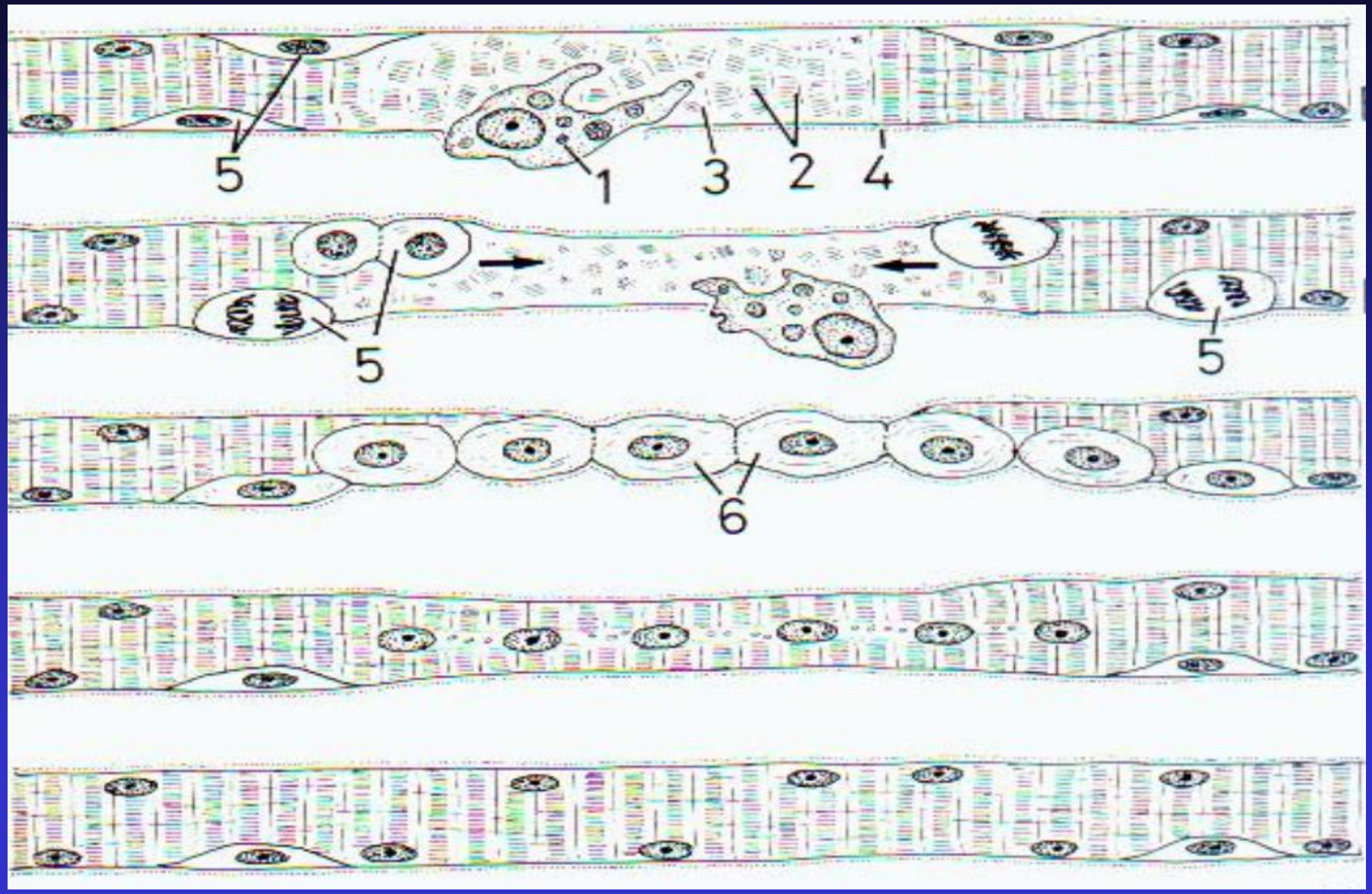
# Células Satélite

**(“Stem Cells”)**

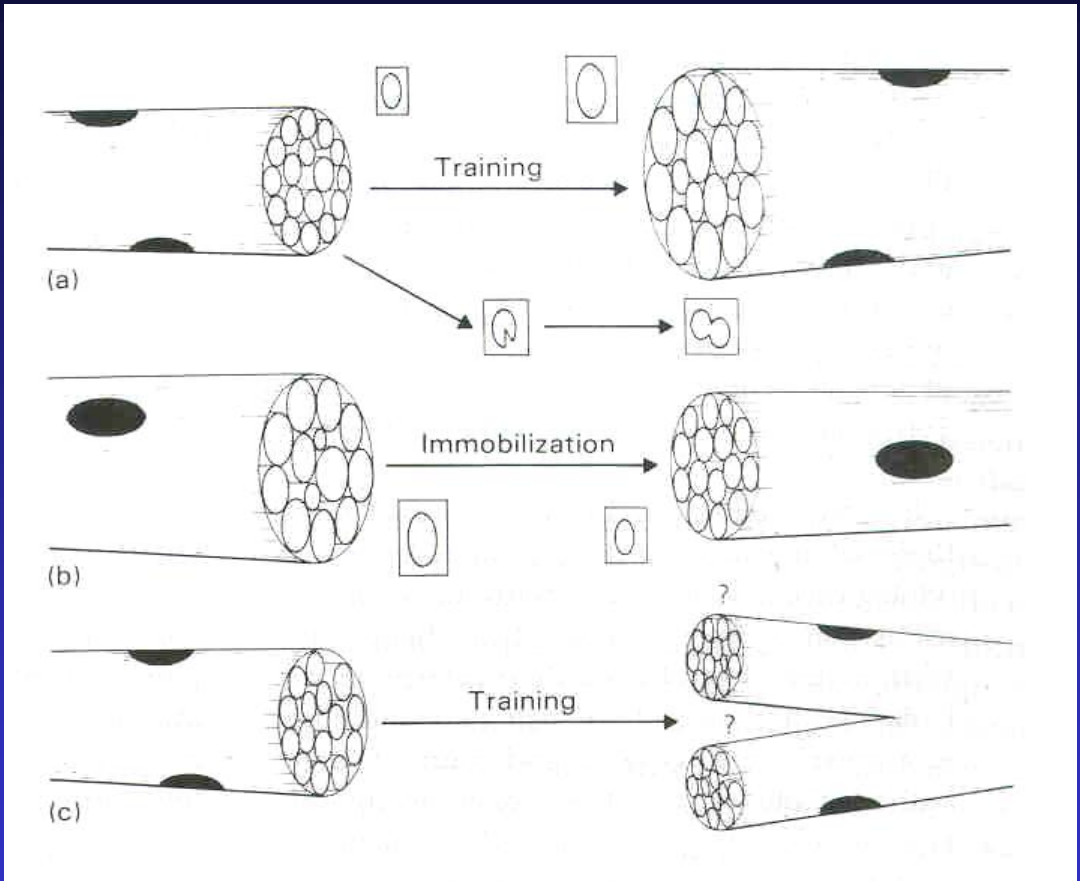
A proliferação das células satélites e sua diferenciação em miócitos e fibroblastos permitem reparo e hipertrofia de miofibrilas pré-existentes ou a geração de novas miofibrilas.

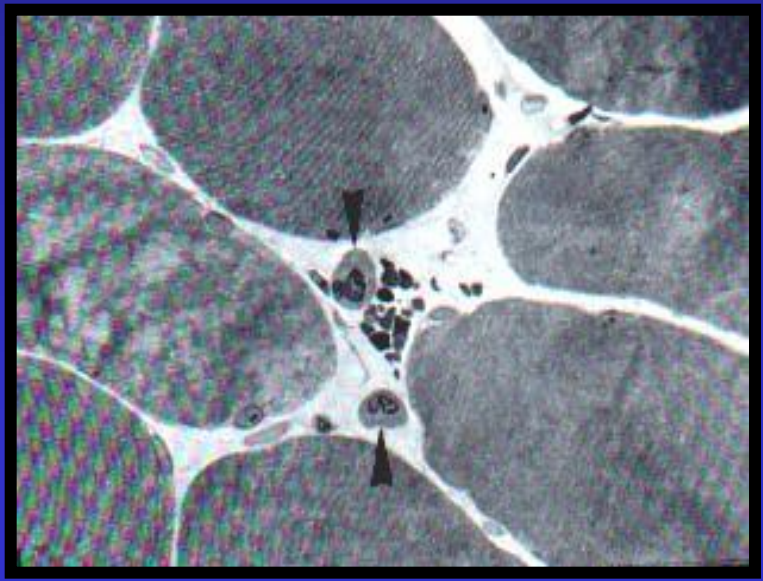
Qual a função da célula satélite ?

# Regeneração

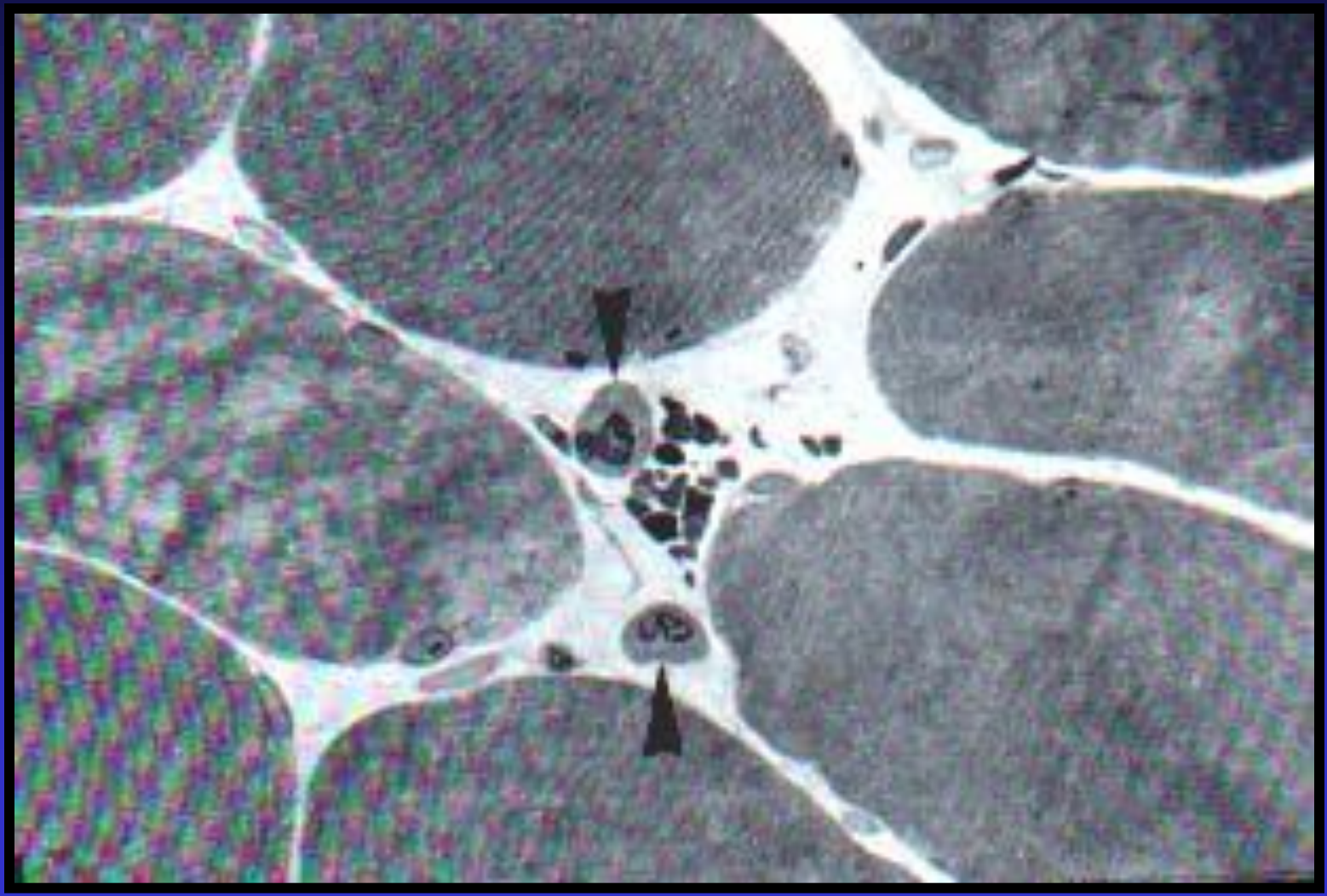


# Hiperplasia?



# Hiperplasia

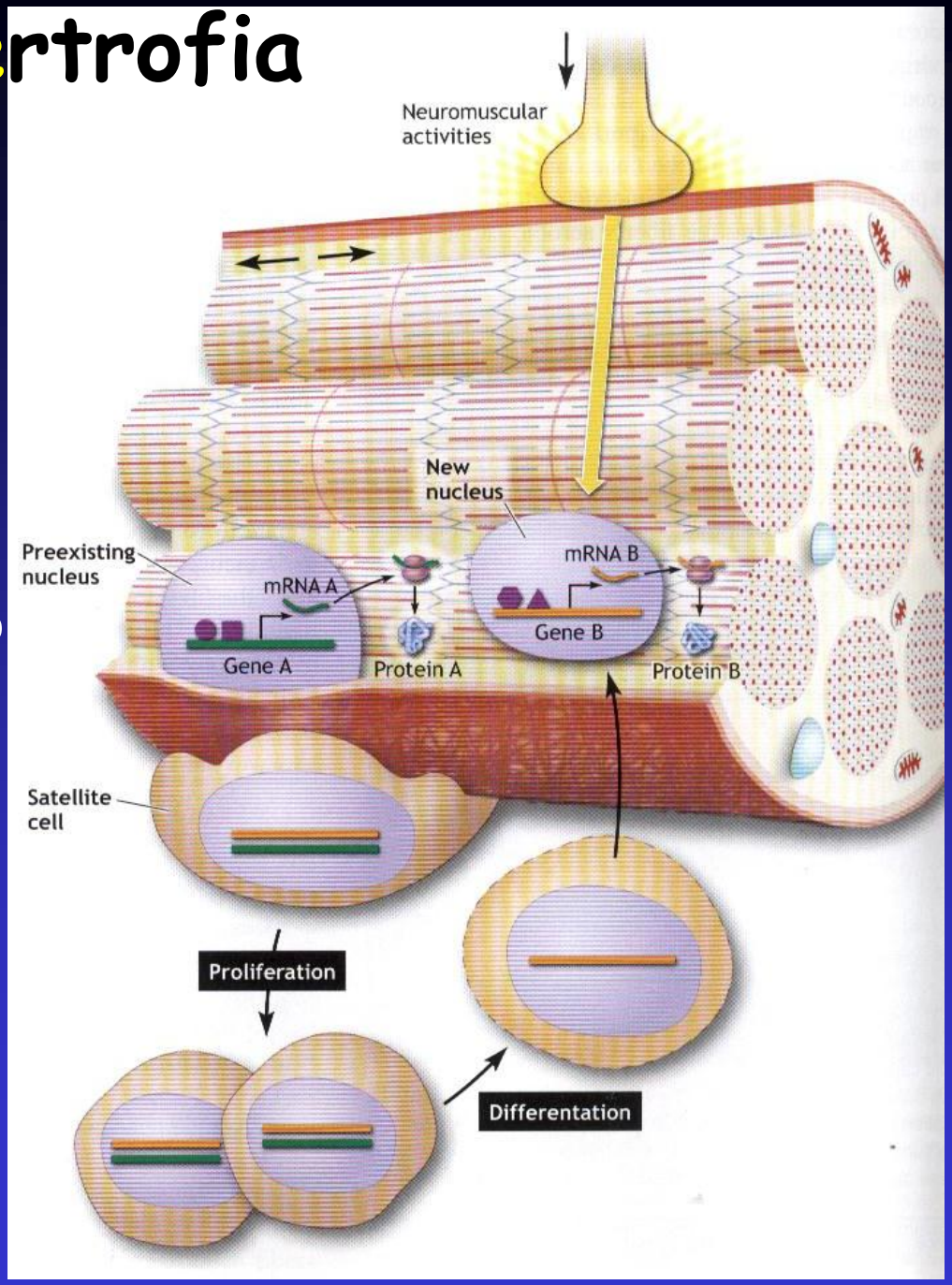


# Hiperplasia/Hipertrofia

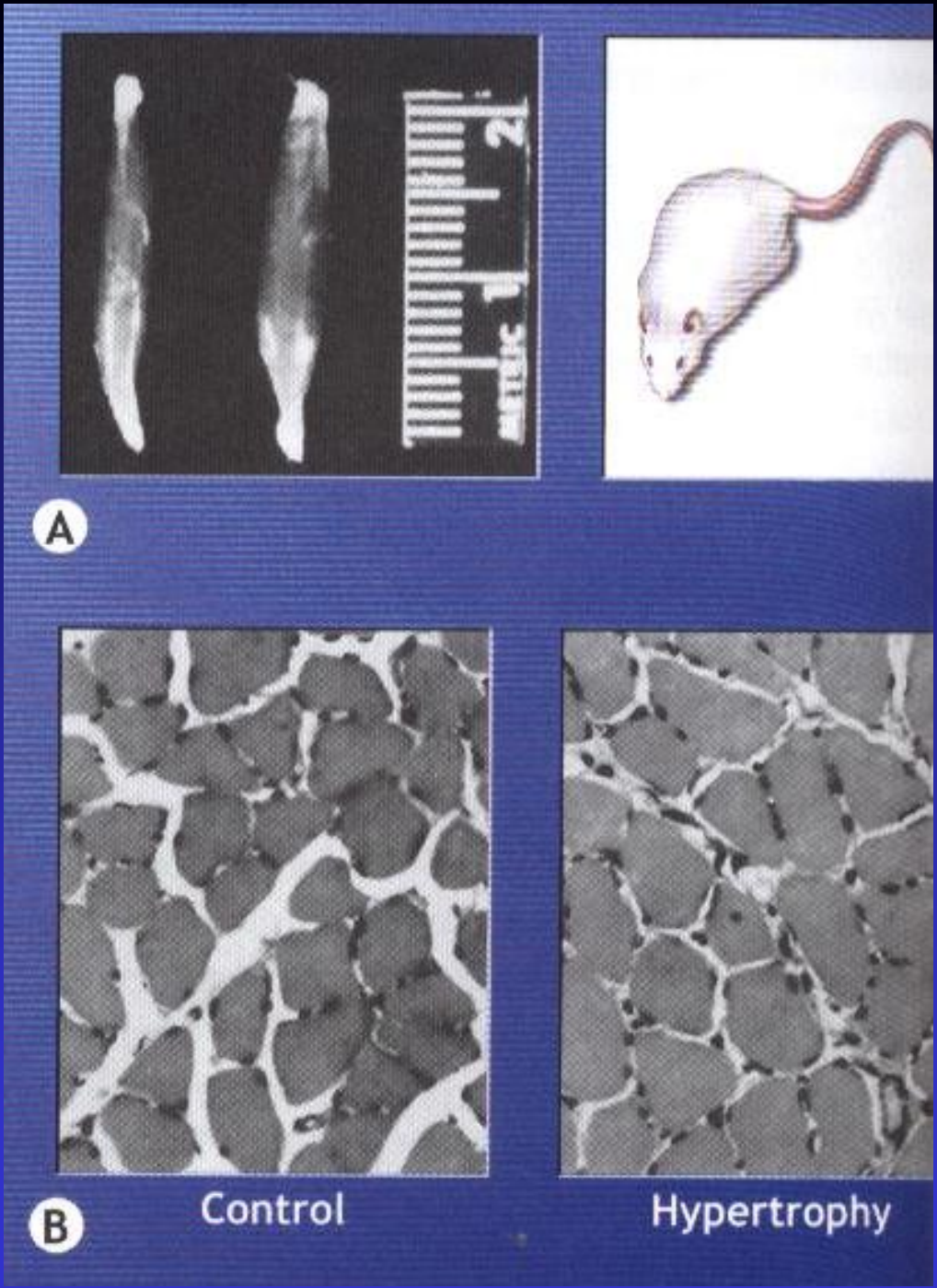
Hipertrofia Músculo Esquelético:
- aumento do número de núcleos
- e no volume citoplasmático.

Portanto, incorpora parte da definição de hiperplasia (aumento no número de núcleos).

Os núcleos adicionais podem ser provenientes de divisão nuclear interna ou da fusão de células satélites e seus núcleos que são doados à fibra muscular.



# Hipertrofia

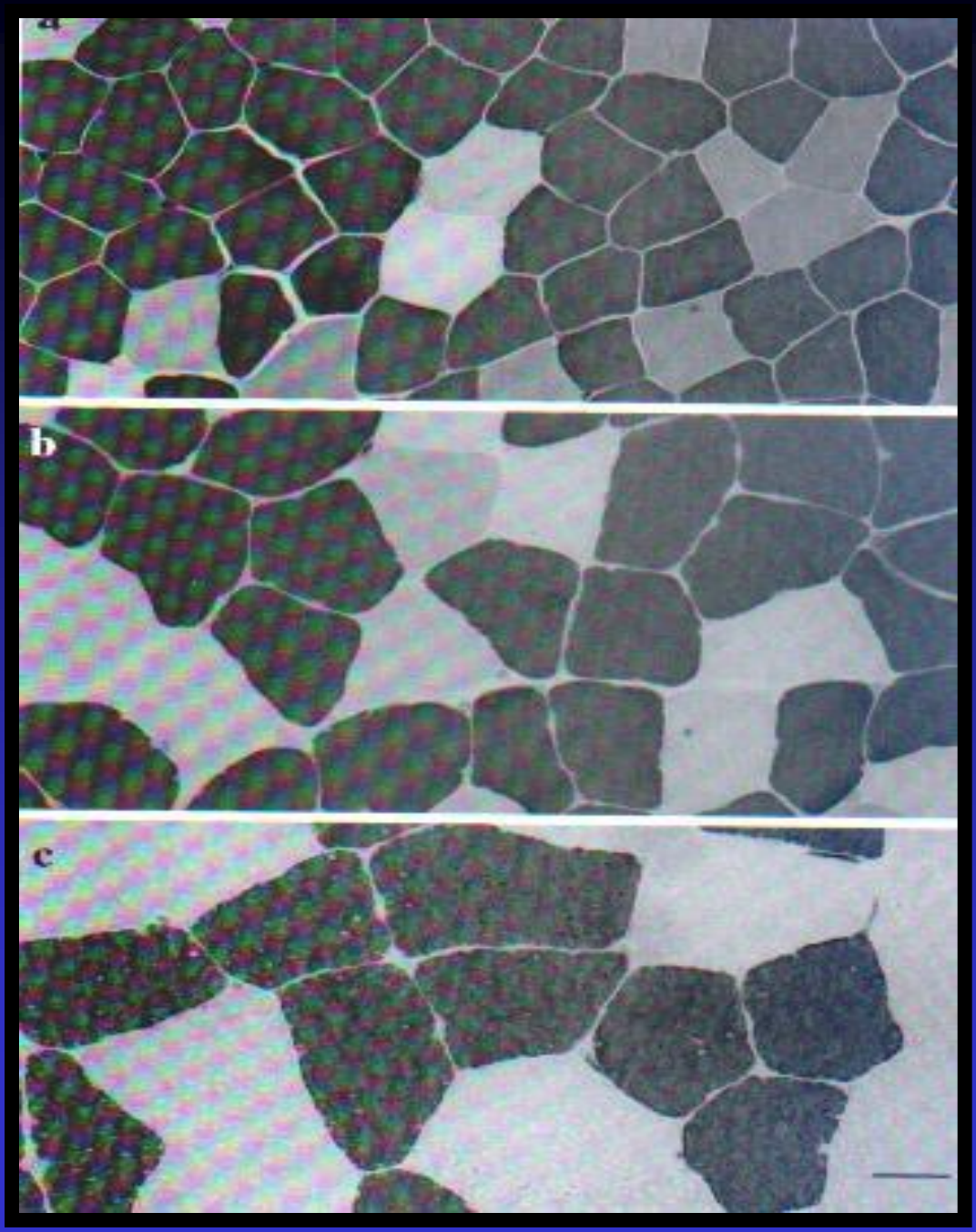


# Exercício

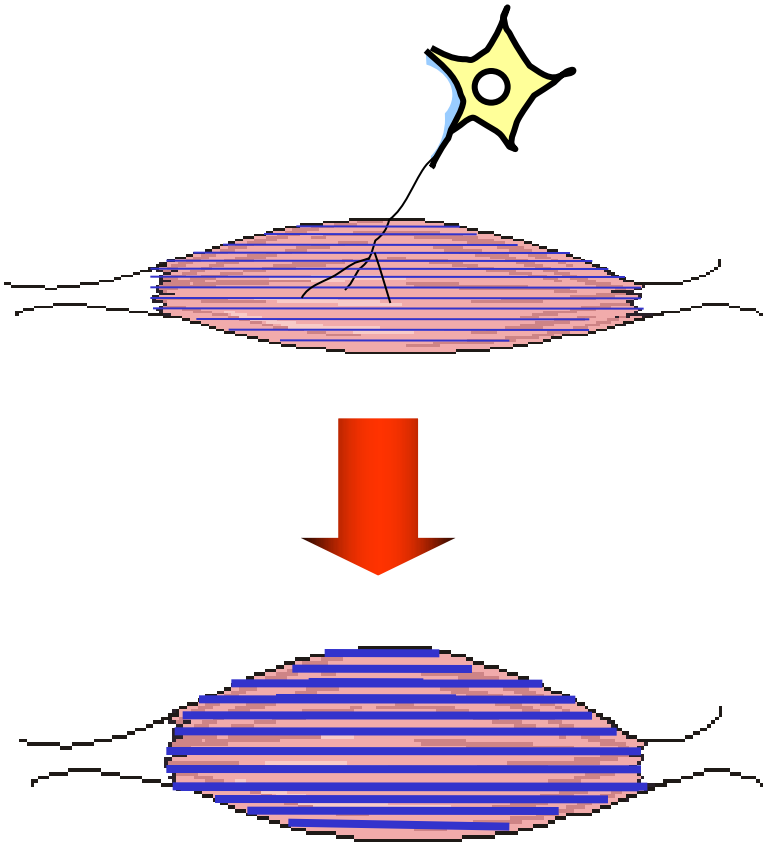
As alterações do RNAm são muito transientes (0-4 h após exercício)
As alterações na síntese proteica (3-36 h após exercício).

*Turnover* das proteínas miofibrilares:
- TnI, TnT e TnC: 3,2, 3,5 e 5,3 dias;
- Tropomiosina: 5 dias;
- Actina: mais de 10 dias;
- MCP: 7-10 dias.

# Variação da área das fibras

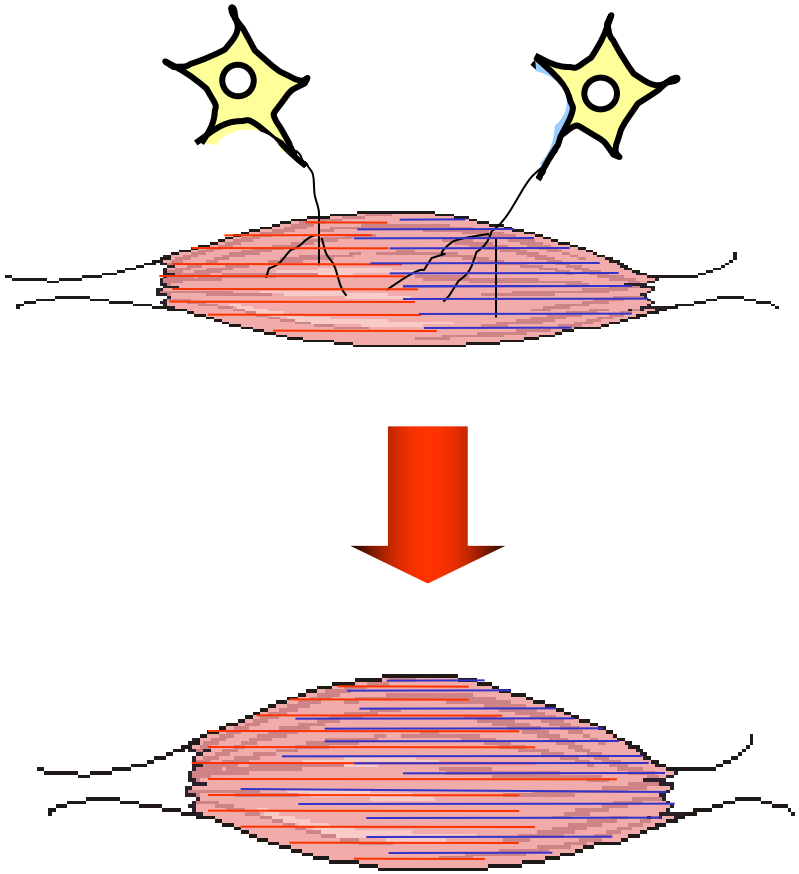


**Hipertrofia do Músculo Esquelético com uma Banda de Terminação Neuromuscular**



**Aumenta o diâmetro de cada fibra**

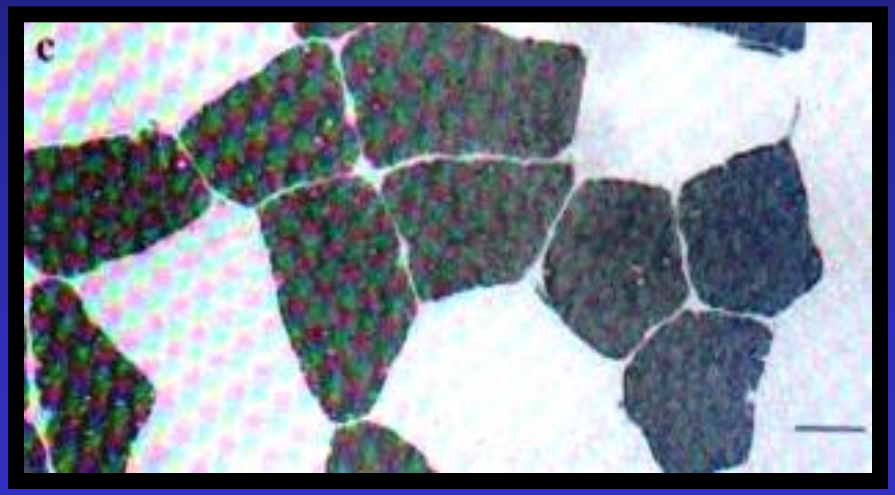
**Hipertrofia do Músculo Esquelético com duas Bandas de Terminação Neuromuscular**



**Aumenta o comprimento da fibra**
**(aumenta o número de fibras na área transversa)**

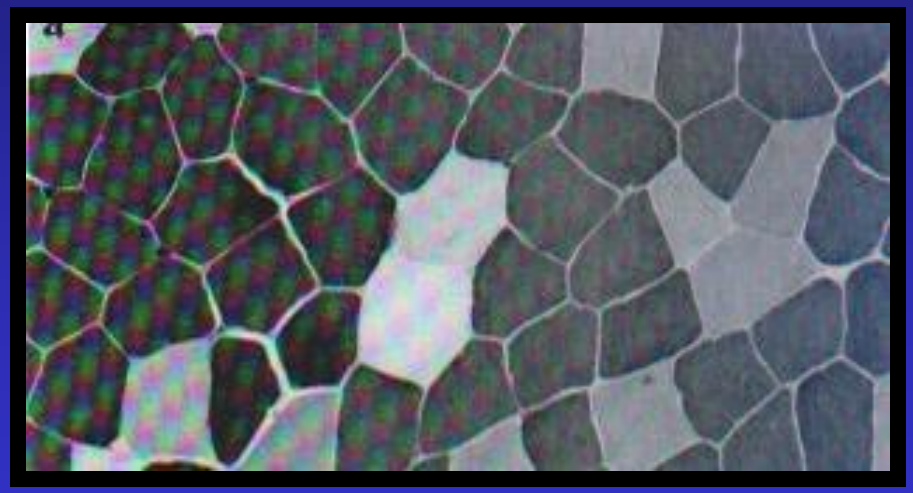
Paul e Rosenthal, 2002

**Hipertrofia do Músculo Esquelético com uma Banda de Terminação Neuromuscular**




**Aumenta o diâmetro de cada fibra**

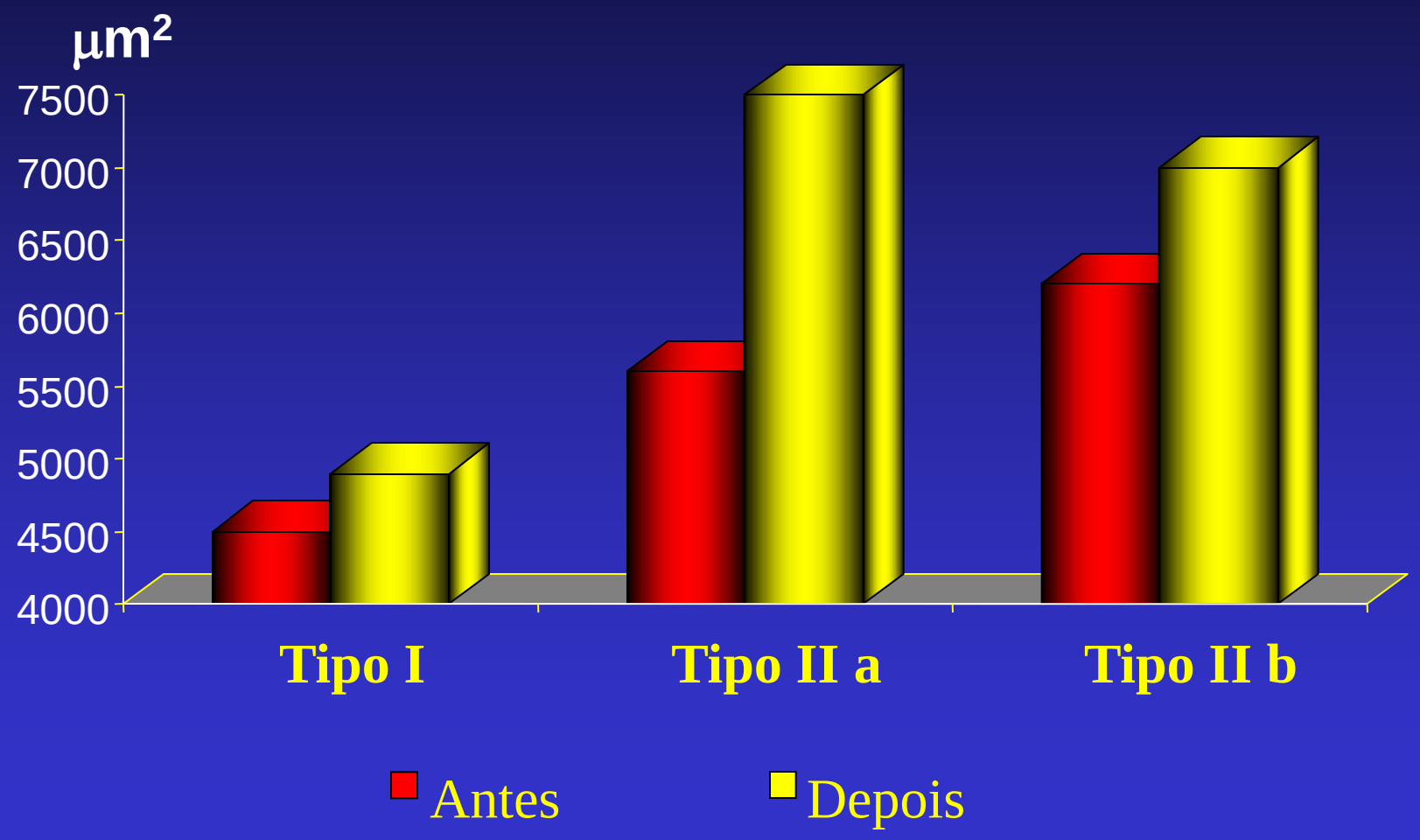
**Hipertrofia do Músculo Esquelético com duas Bandas de Terminação Neuromuscular**



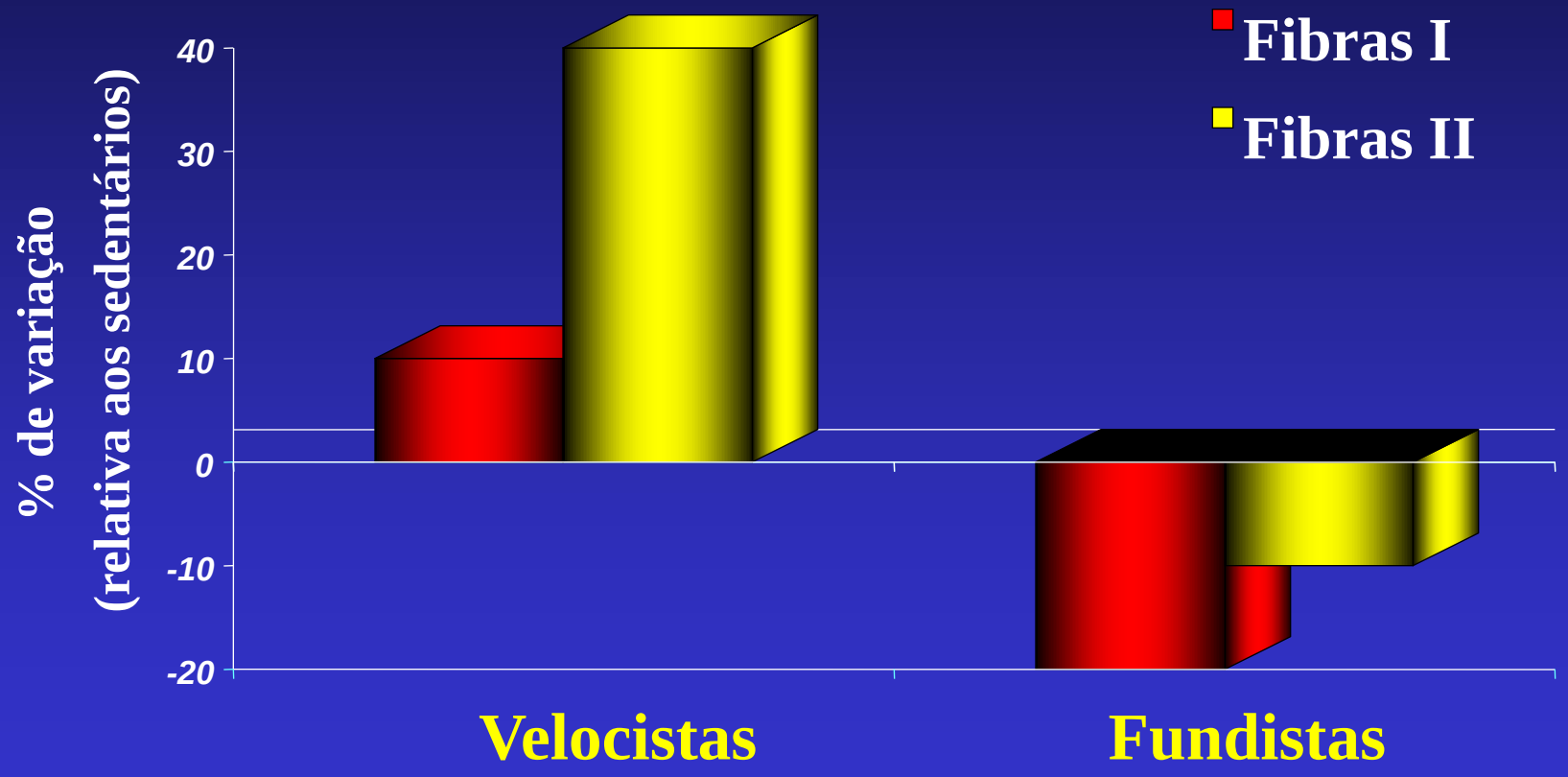

**Aumenta o comprimento da fibra**
**(aumenta o número de fibras na área transversa)**

# Hipertrofia muscular

## Treino da força - 6 meses



# Áreas dos diferentes tipos de fibras de acordo com a modalidade praticada




*Brooks e Fahey, 1985*

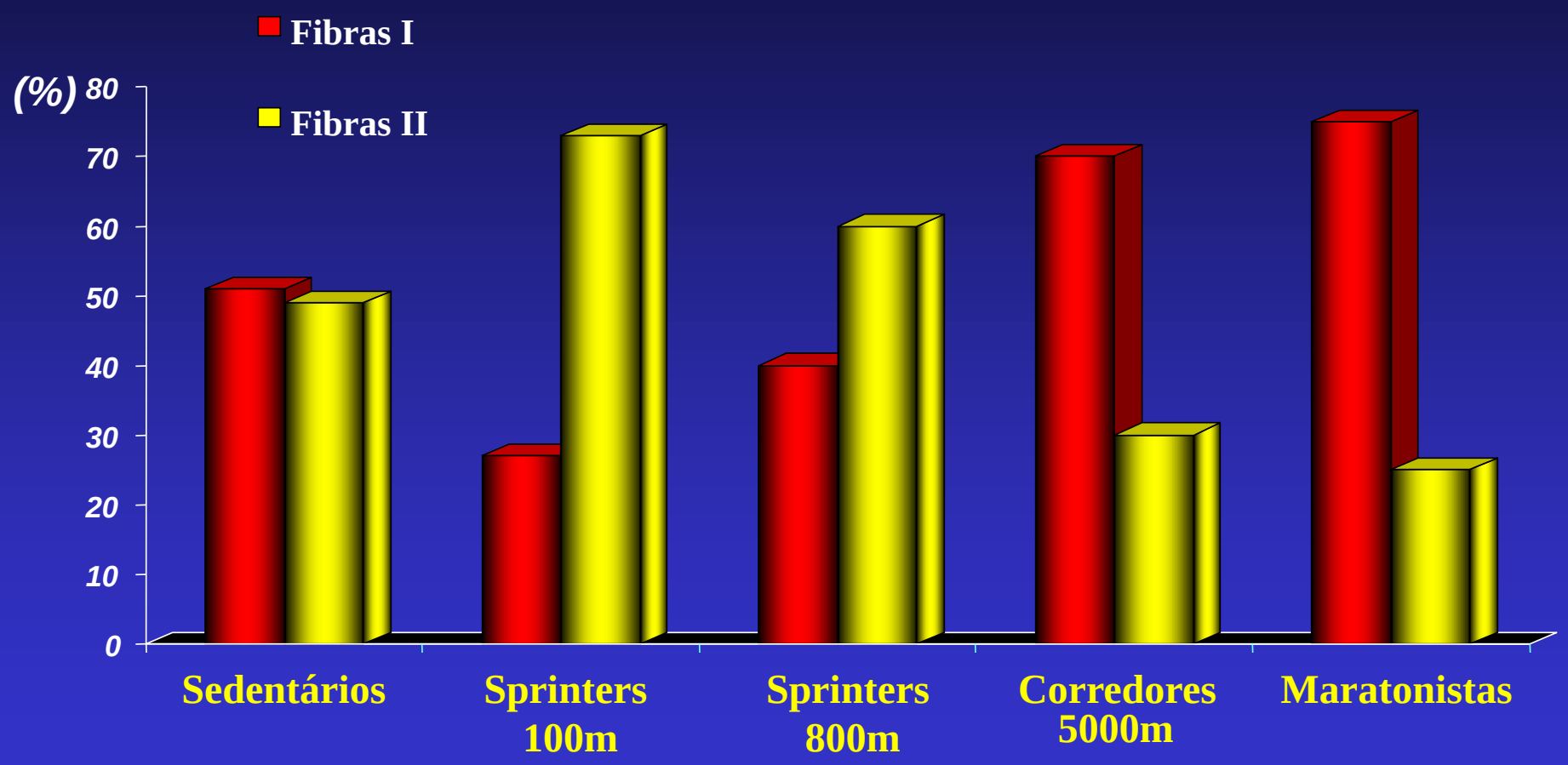
# Tipo de fibras e especialidade desportiva

| Atleta | Sexo | Músc. | % I | % II |
|---|---|---|---|---|
| Sprinter | M | Gast | 24 | 76 |
| | F | Gast. | 27 | 73 |
| Fundista | M | Gast. | 79 | 21 |
| | F | Gast. | 69 | 31 |
| Ciclista | M | VL | 57 | 43 |
| | F | VL | 51 | 49 |
| Nadador | M | Delt. | 67 | 33 |
| Halterof. | M | Gast. | 44 | 56 |
| | M | Delt. | 53 | 47 |
| Canoistas | M | Delt. | 71 | 29 |
| Sedent. | M | VL | 47 | 53 |
| | F | Gast. | 52 | 48 |

# Variações na % de distribuição de fibras

de acordo com o tipo de modalidade praticada

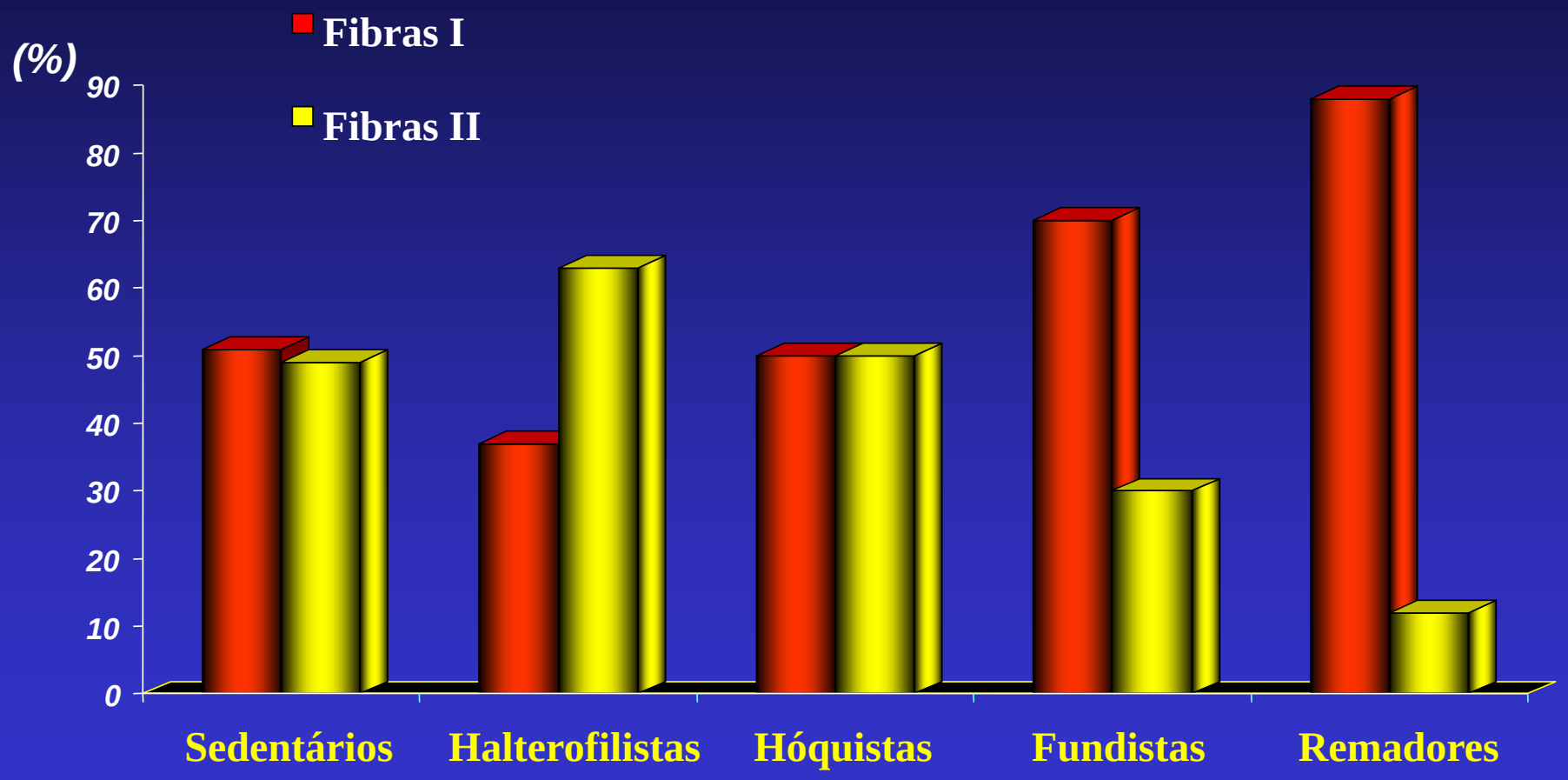
**(Vastus lateralis)**




*Taylor et al., 1985*

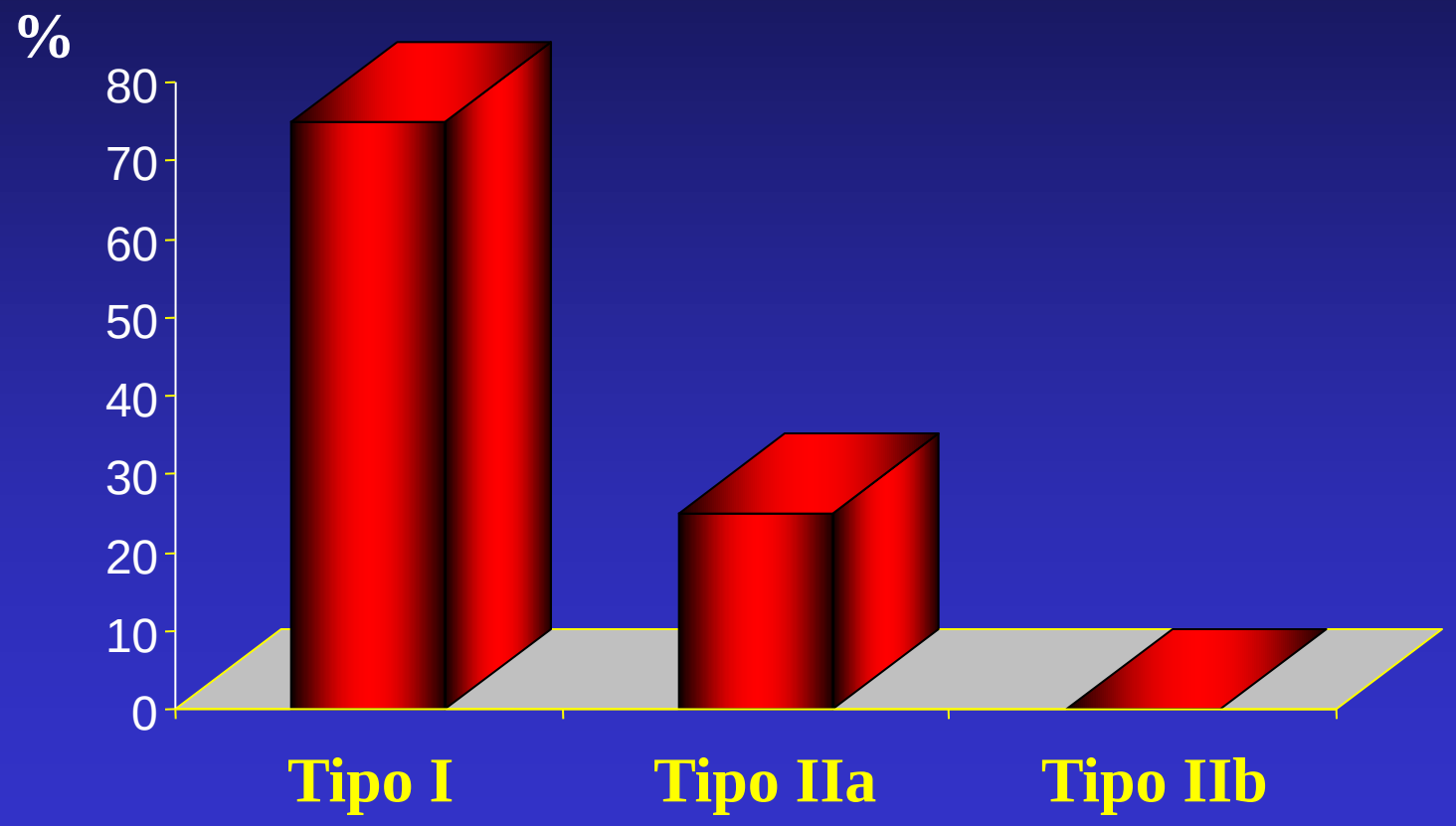
# Variações na % de distribuição de fibras

## de acordo com o tipo de modalidade praticada



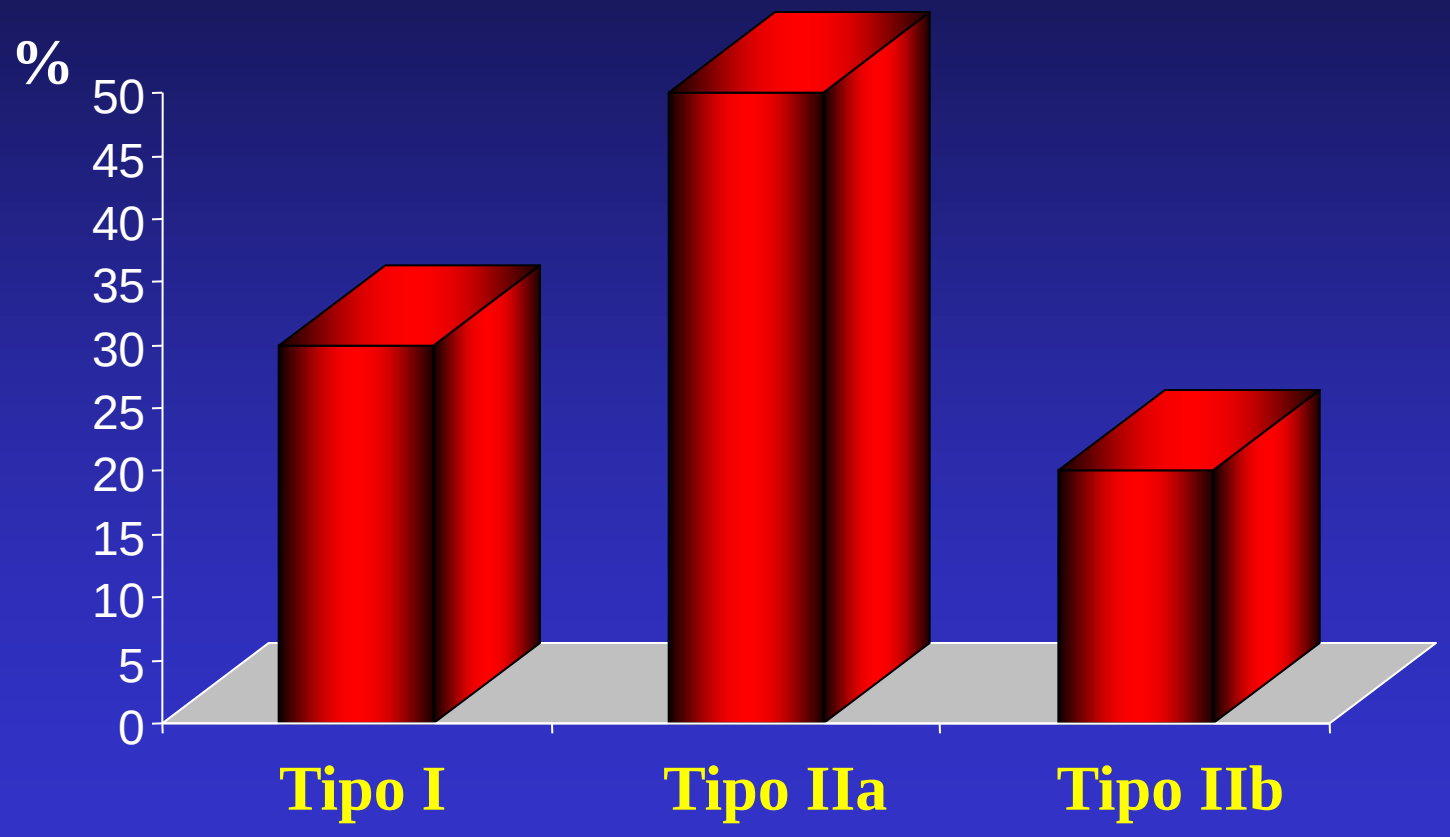
# Fundista

## Composição muscular



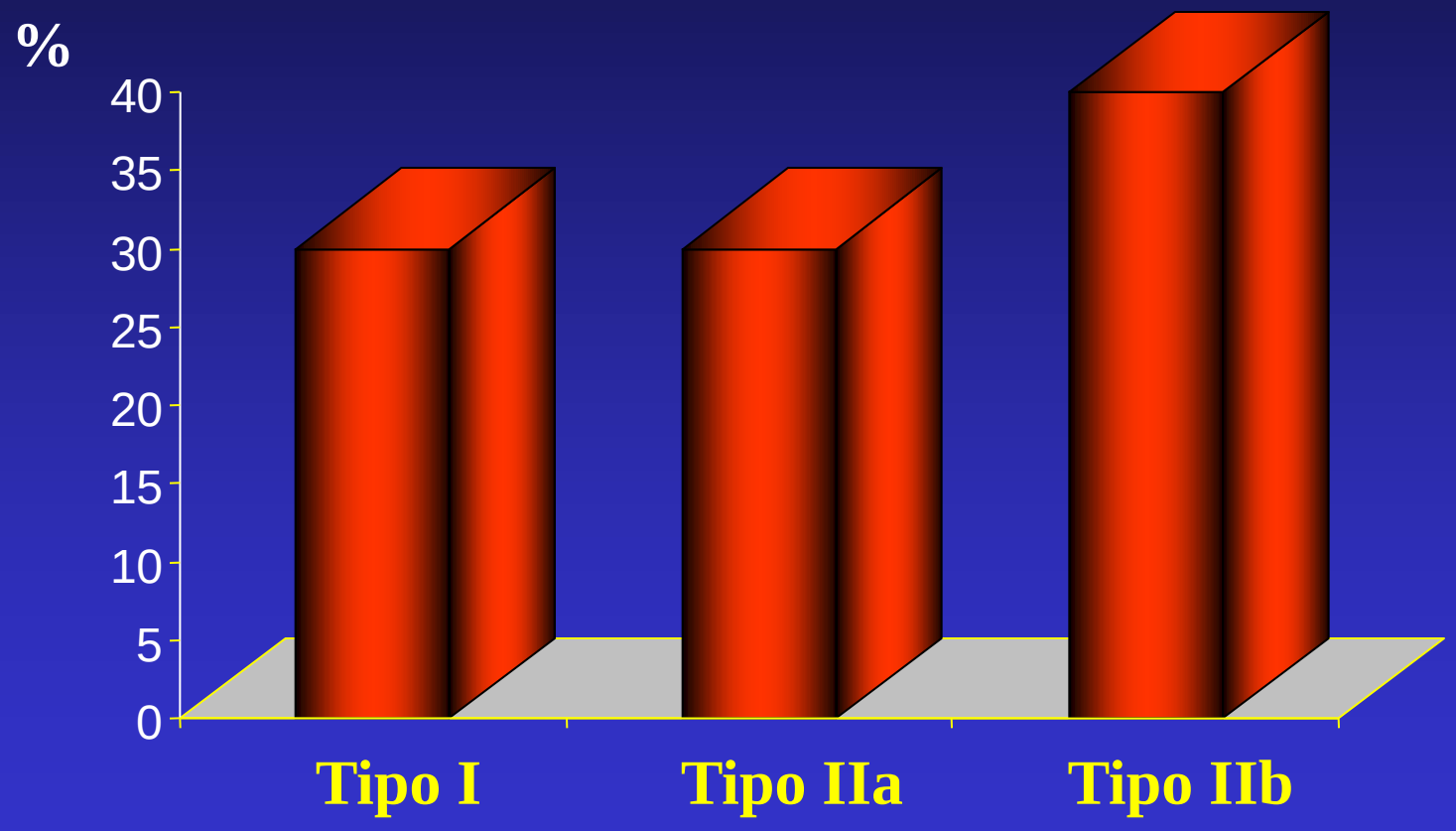
# Meio fundista

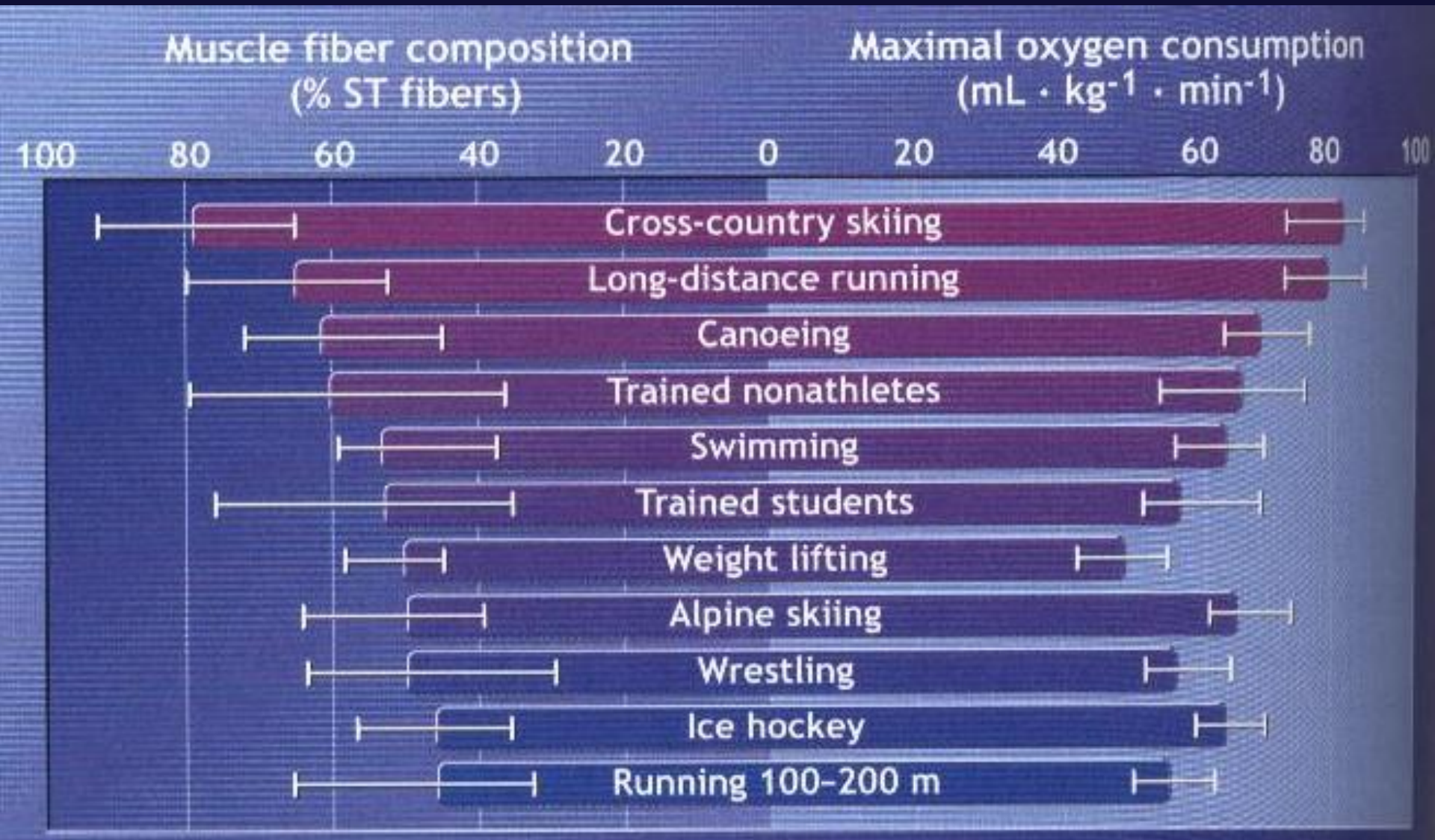
## Composição muscular



# Velocista

## Composição muscular



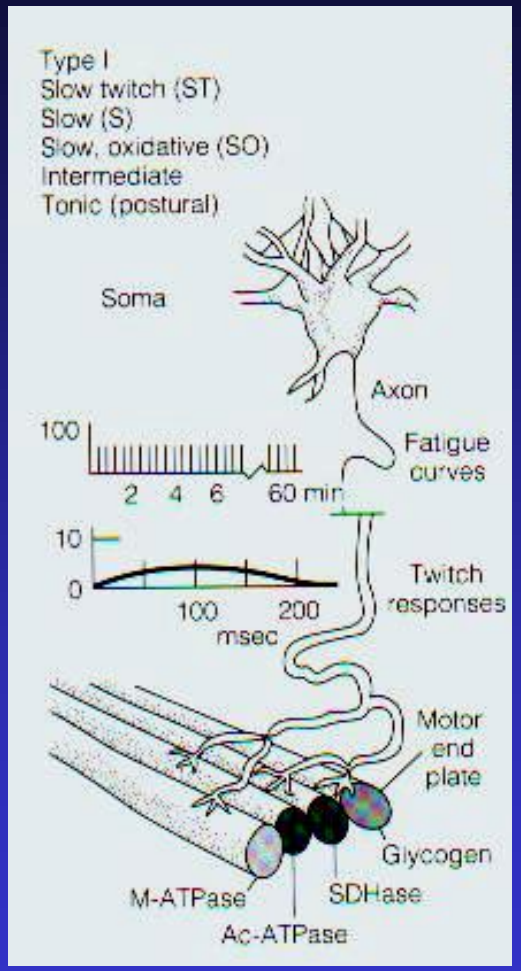

Muscle fiber composition
(% ST fibers)
Maximal oxygen consumption
(mL · kg-1 · min-1)
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100
Cross-country skiing
Long-distance running
Canoeing
Trained nonathletes
Swimming
Trained students
Weight lifting
Alpine skiing
Wrestling
Ice hockey
Running 100–200 m

# Adaptabilidade do Músculo Esquelético

Fibra I

Fibra IIb

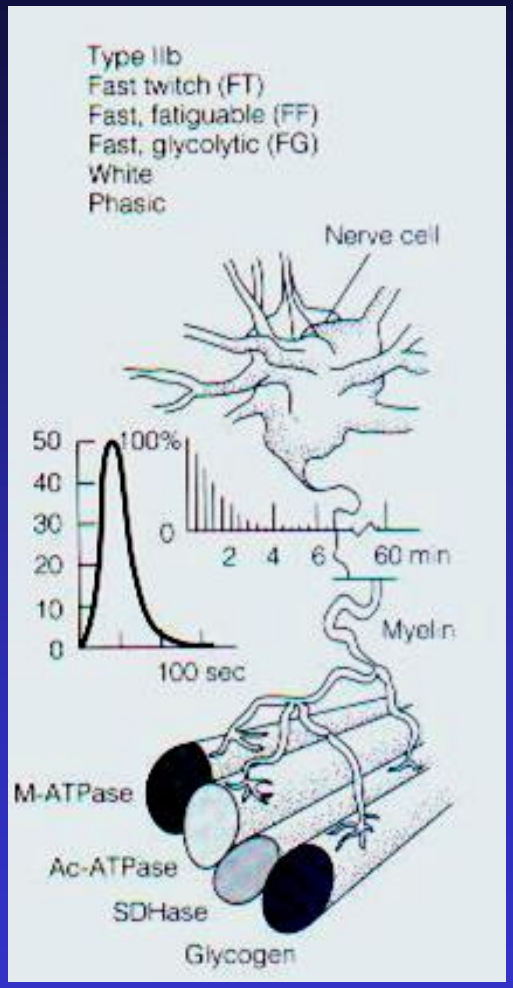
+ Difícil




**Porque?**

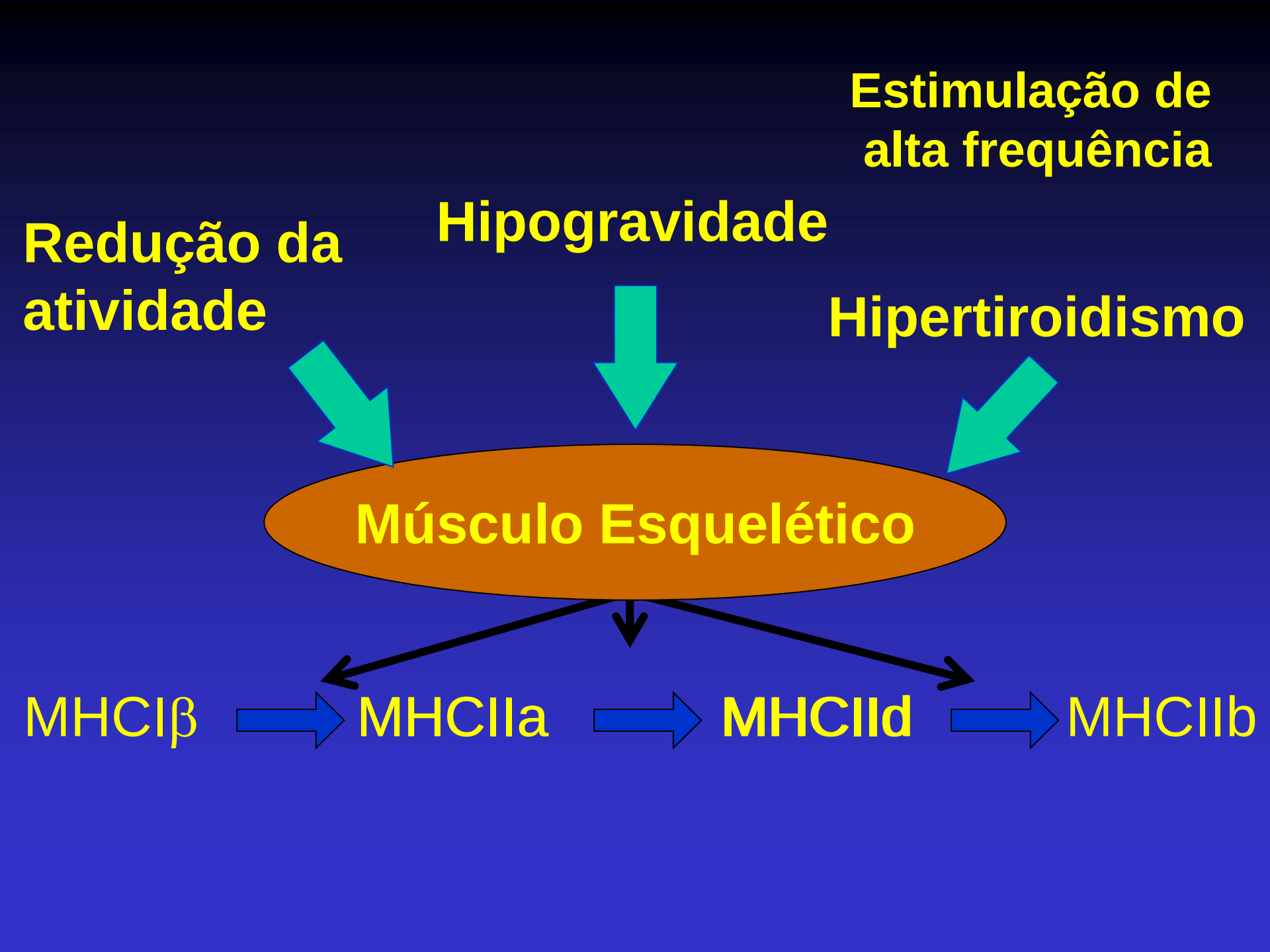
Pq depende da UM, diminuir uma UM grande é mais fácil que aumentar uma pequena

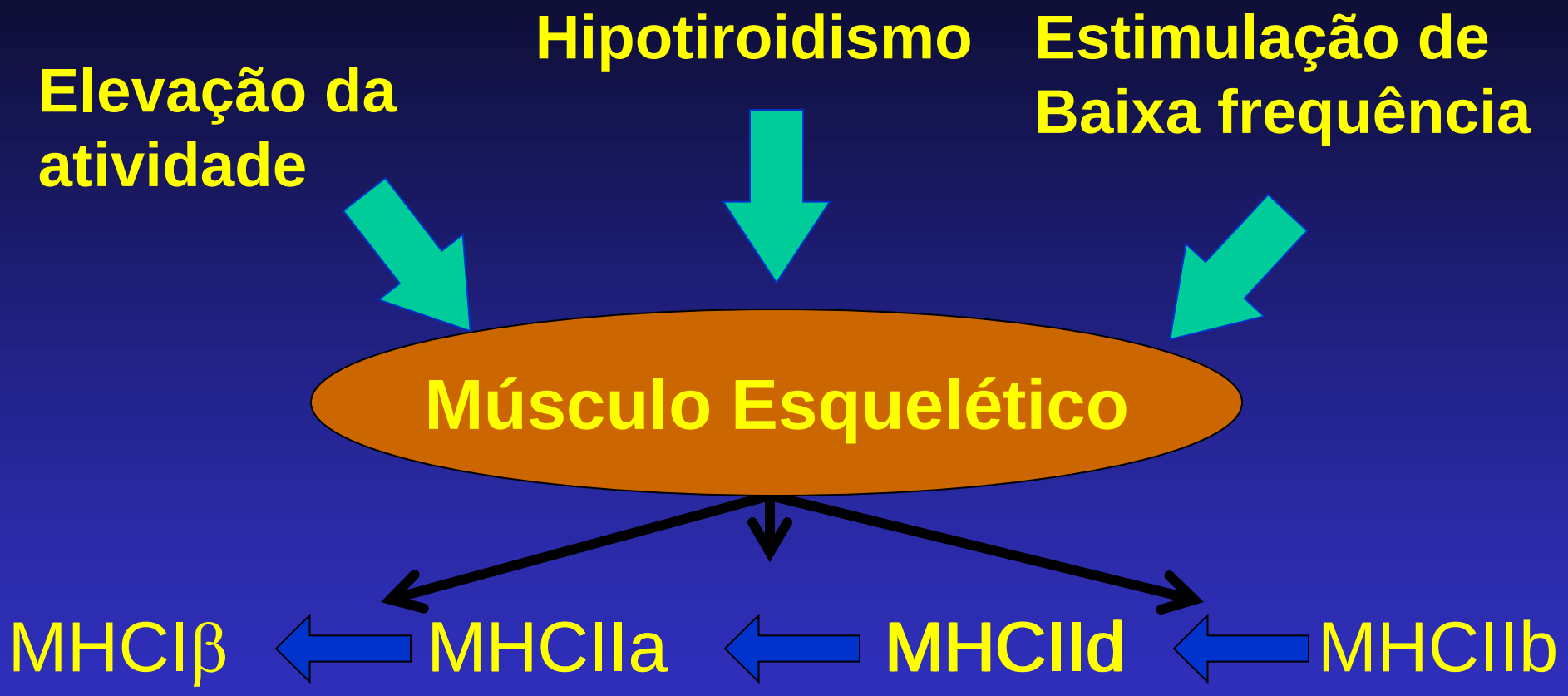
+ Fácil




Lenta

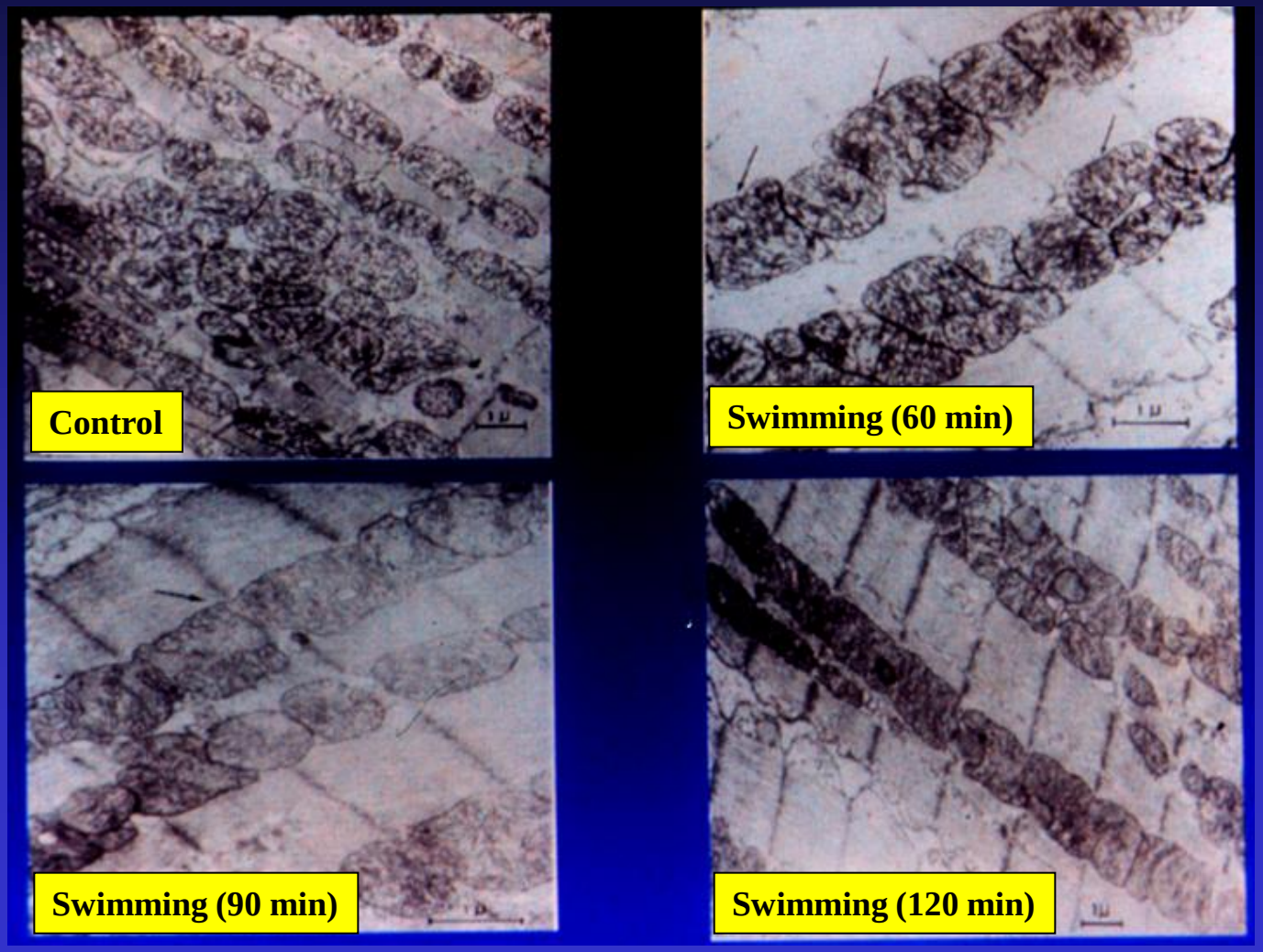
Rápida


Estimulação de alta frequência
Hipogravidade
Redução da atividade
Hipertiroidismo
Músculo Esquelético
MHCIβ
MHCIIa
MHCIId
MHCIIb

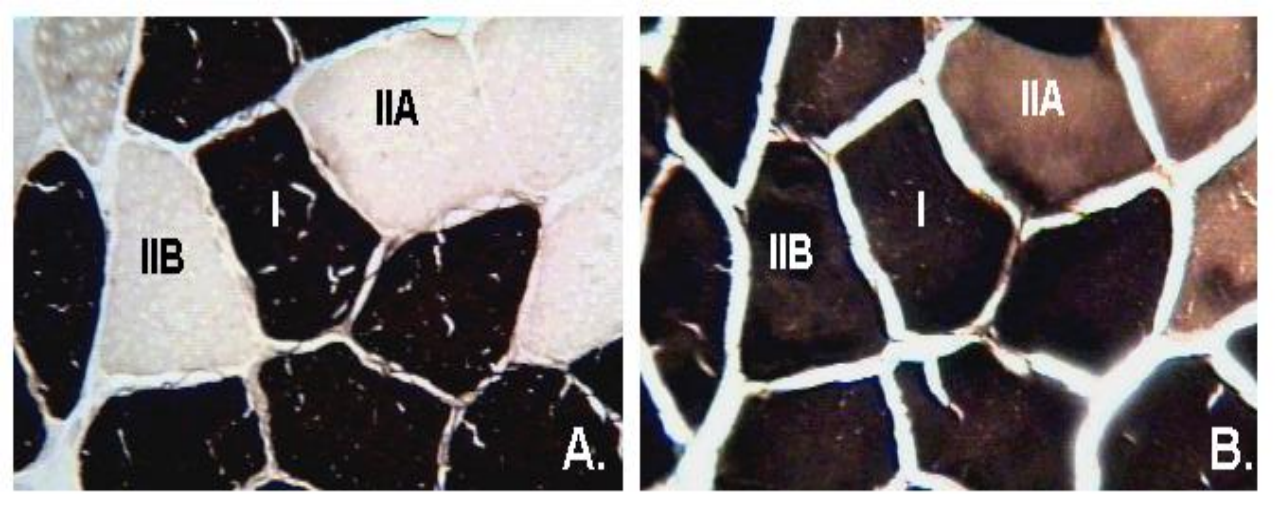

Elevação da atividade
Hipotiroidismo
Estimulação de Baixa frequência
Músculo Esquelético
MHCIβ
MHCIIa
MHCIId
MHCIIb

# Slides extras

# Mithocondrias Cardiac
# Wistar rats after swimming training



| | pH 4.3 | pH 4.6 | pH 10.3 |
|---|---|---|---|
| Tipo I | ● | ● | ○ |
| Tipo IIa | ○ | ○ | ● |
| Tipo IIb | ○ | ● | ● |




Coloração da Miosina ATPase com pré-incubação a pH=4.3 (A) e 4.6 (B)