

Roteiro

- Contração muscular e potencial de ação
- Musculo cardiaco
 - características da contração do musculo cardiaco
- Impulsos eletricos no coracao
- Sistema nervoso simpatico e parassimpatico e a atividade cardiaca

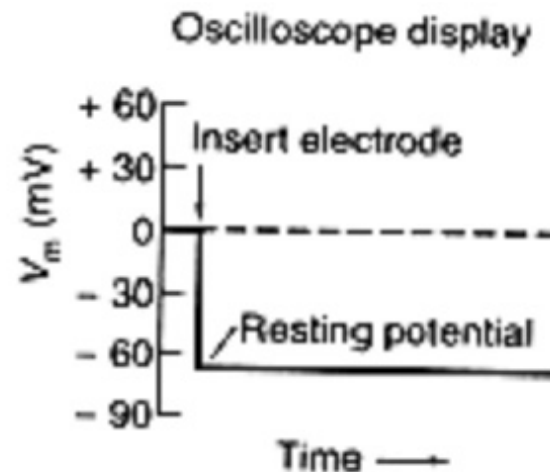
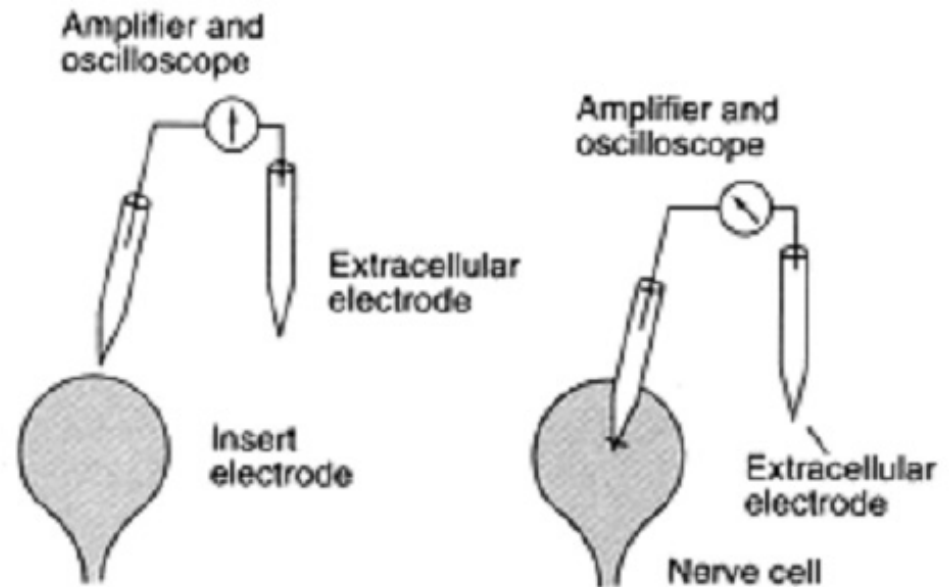
Potenciais elétricos devem ser medidos como diferença entre dois pontos.

Por convenção, o potencial externo é definido como zero, assim o potencial da membrana é igual a V_i .

Em neurônios, **o potencial de repouso** varia entre -60 e -70 mV.

Nos diversos tipos de células:

$$E_m \sim -30 \text{ a } -90 \text{ mV}$$



POTENCIAIS ELÉTRICOS DAS CÉLULAS

POTENCIAL DE REPOUSO

- Conceito
- Origem do potencial de repouso

POTENCIAL DE AÇÃO

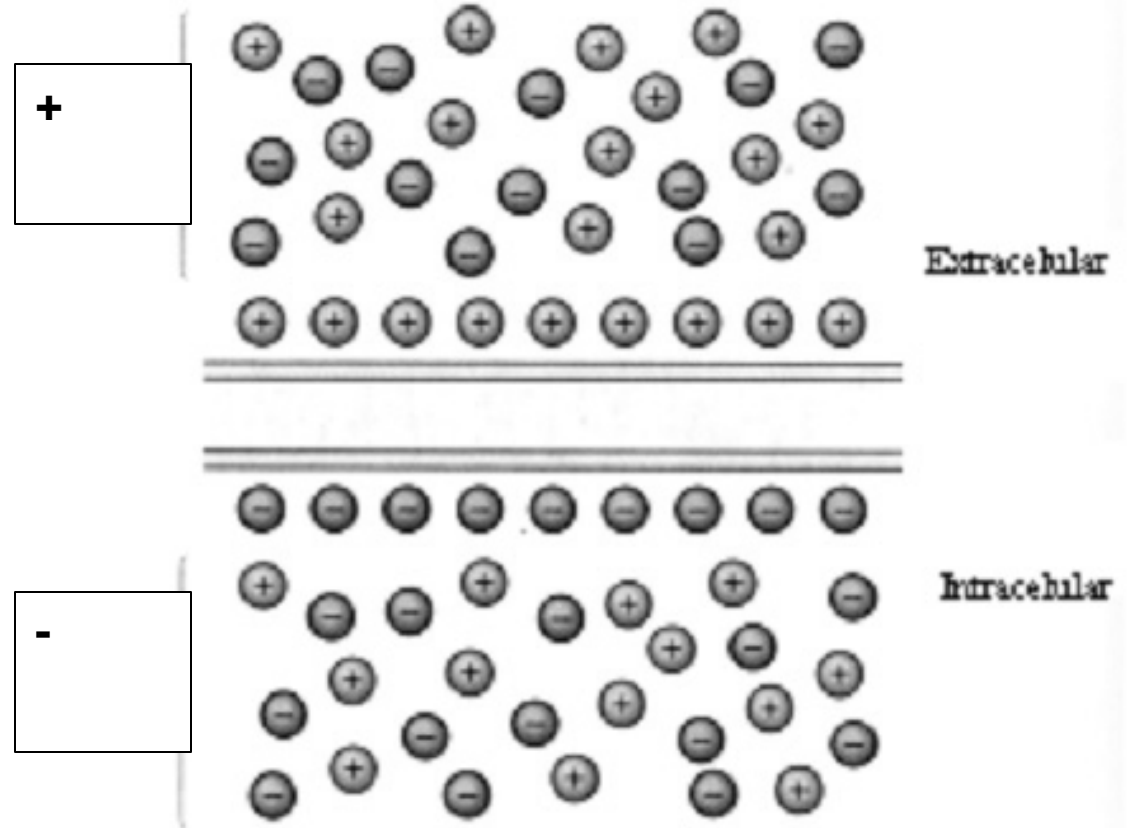
- Conceito
- Fases do potencial de ação
 - Despolarização
 - Repolarização
 - Restabelecimento iônico

POTENCIAL DE REPOUSO

- Potencial de membrana é a diferença de potencial existente entre o meio intra e extra celular de uma célula
- O potencial da membrana de algumas células é -90 mV.
 - isto é, no interior da fibra é 90 mV mais negativo que o potencial no líquido extracelular.
- Como isto ocorre ?

Todas as células têm um potencial elétrico através da membrana

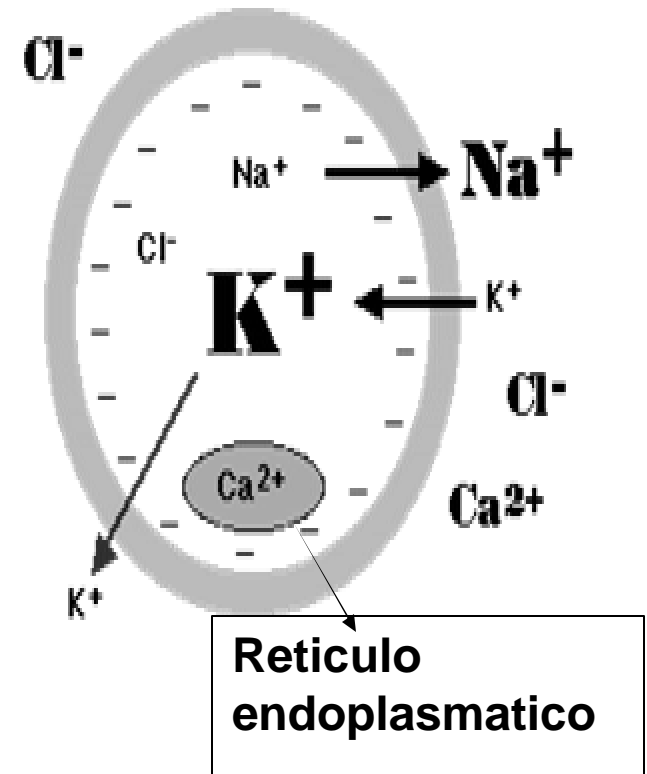
O interior da célula é negativo em relação ao extracelular



POTENCIAL DE REPOUSO DE UM AXÔNIO



	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Cl ⁻]	Exterior da célula
	5 mM	150 mM	120 mM	
	+	+	+	+
	-	-	-	-
Interior da célula	[K ⁺]	[Na ⁺]	[Cl ⁻]	[A ⁻]
	150 mM	15 mM	10 mM	100 mM
	+	+	+	+
	-	-	-	-



POTENCIAL DE MEMBRANA

ORIGEM

- **Potencial de Repouso da Membrana**
- **Permeabilidade da membrana menor ao Na^+ que ao K^+ quando a célula está em repouso**
- **Bombeia sódio para fora da fibra e , ao mesmo tempo, bombeia potássio para dentro dela (3 Na^+ para fora em troca de 2 K^+ para o interior), deixando um déficit real de íons positivos no interior. Isso produz uma carga negativa no interior da membrana celular**

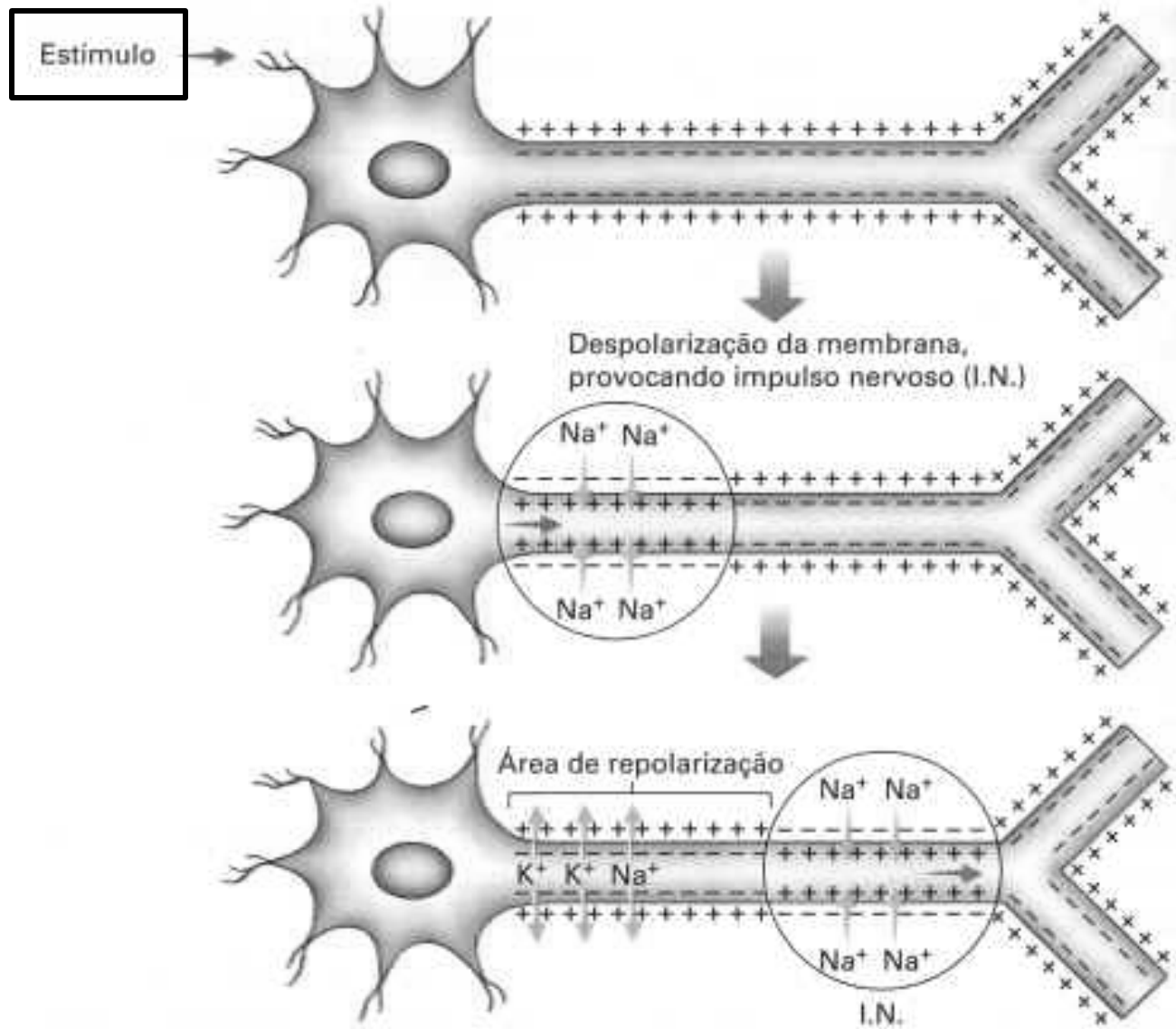


- **Proteínas de cargas negativas, no interior da célula.**

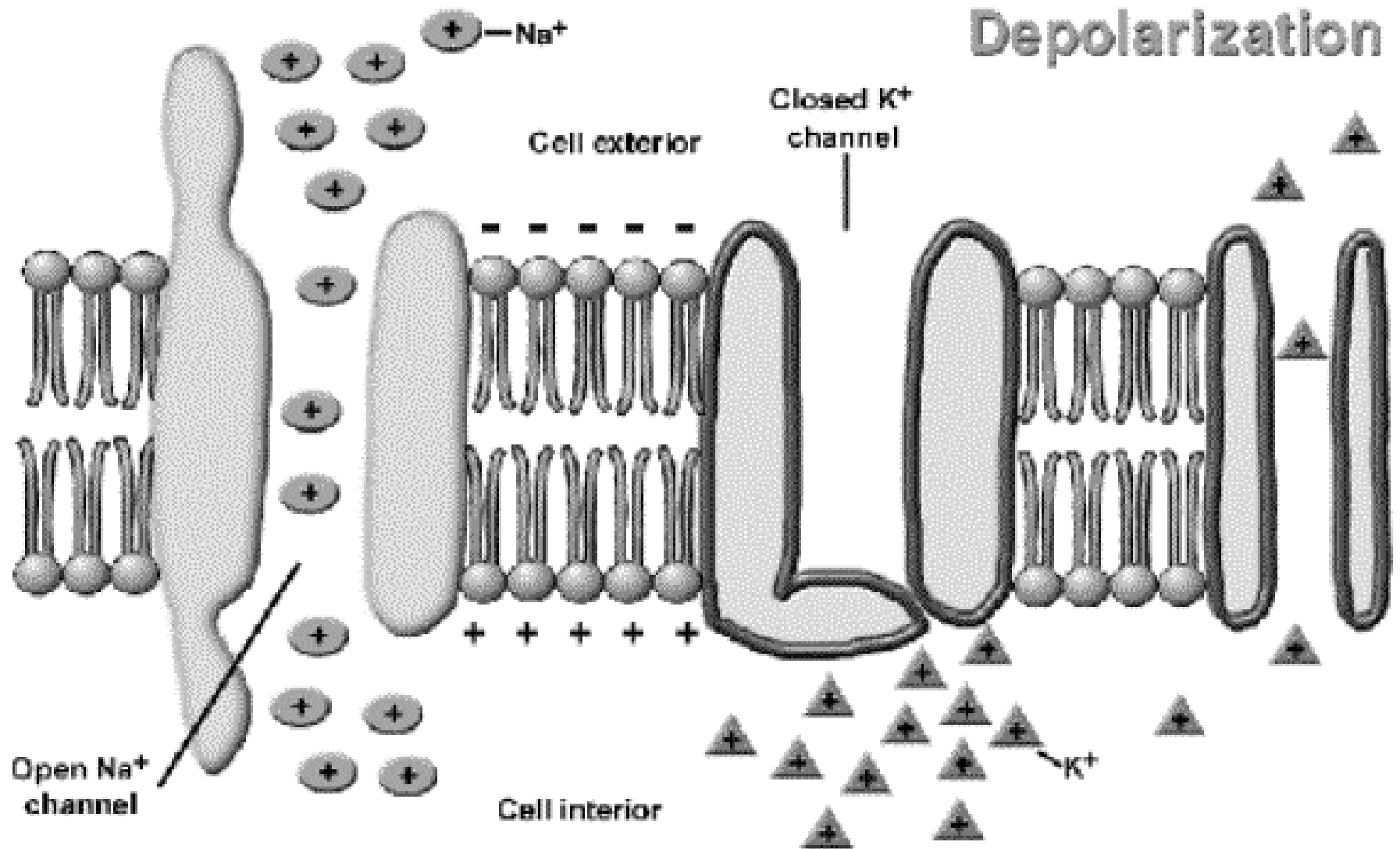
Resumo dos eventos do PA

- **Estado de repouso:** corresponde ao potencial de repouso da membrana antes que comece o potencial de ação. Neste caso, diz-se que a membrana esta polarizada, devido à presença de grande potencial negativo da membrana;
- **Despolarização:** a membrana fica subitamente permeável aos íons sódio, permitindo o fluxo de grande quantidade de sódio (+) para o axônio. O estado normal de repouso (-90mV) desaparece;
- **Repolarização:** após a membrana ter ficado muito permeável aos íons sódio, os canais de sódio começam a fechar-se , enquanto os canais de potássio abrem-se mais do que o fazem normalmente, permitindo a rápida difusão de íons potássio para o exterior da fibra, o que restabelece o potencial negativo de repouso.

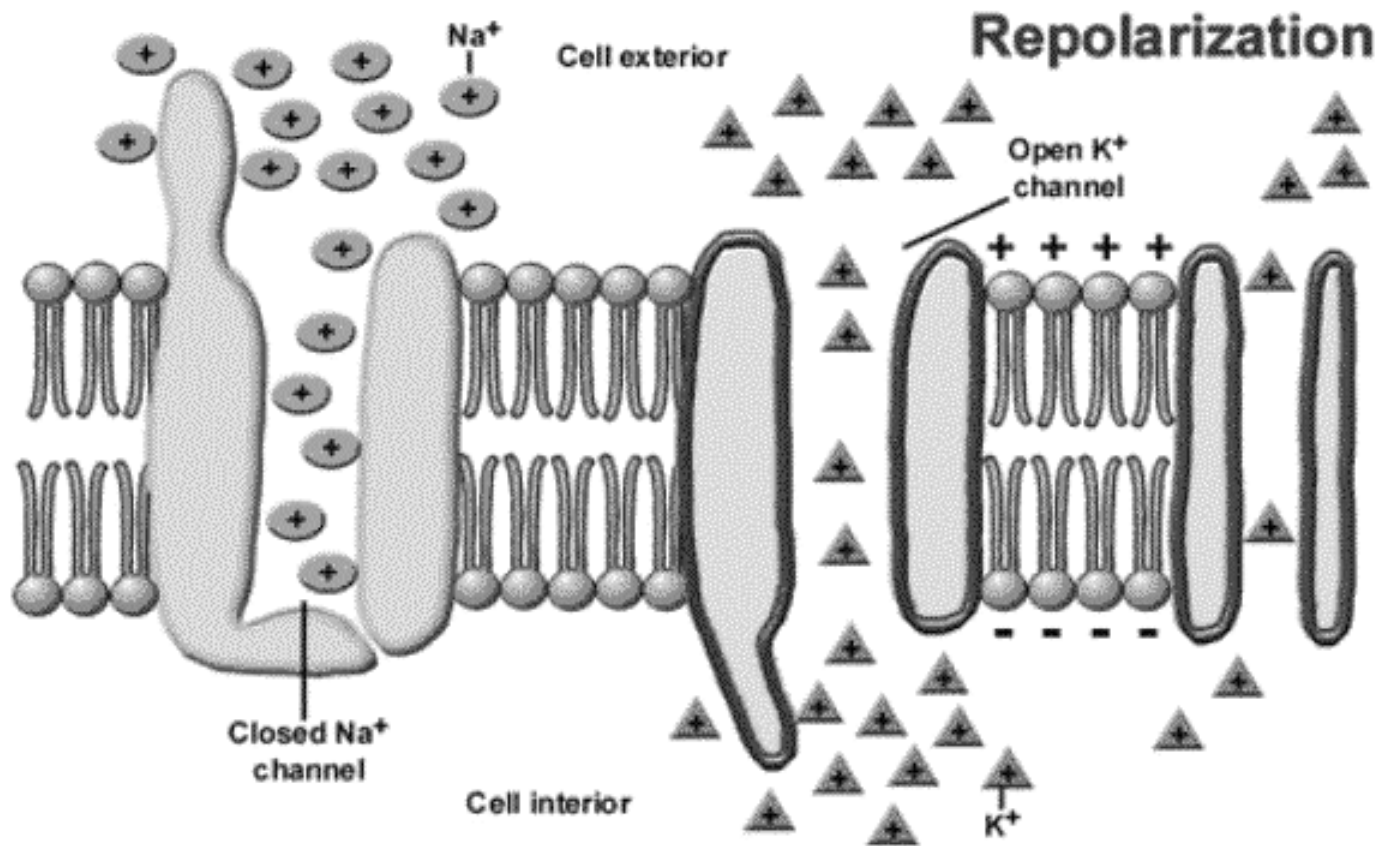
Fases do potencial de ação



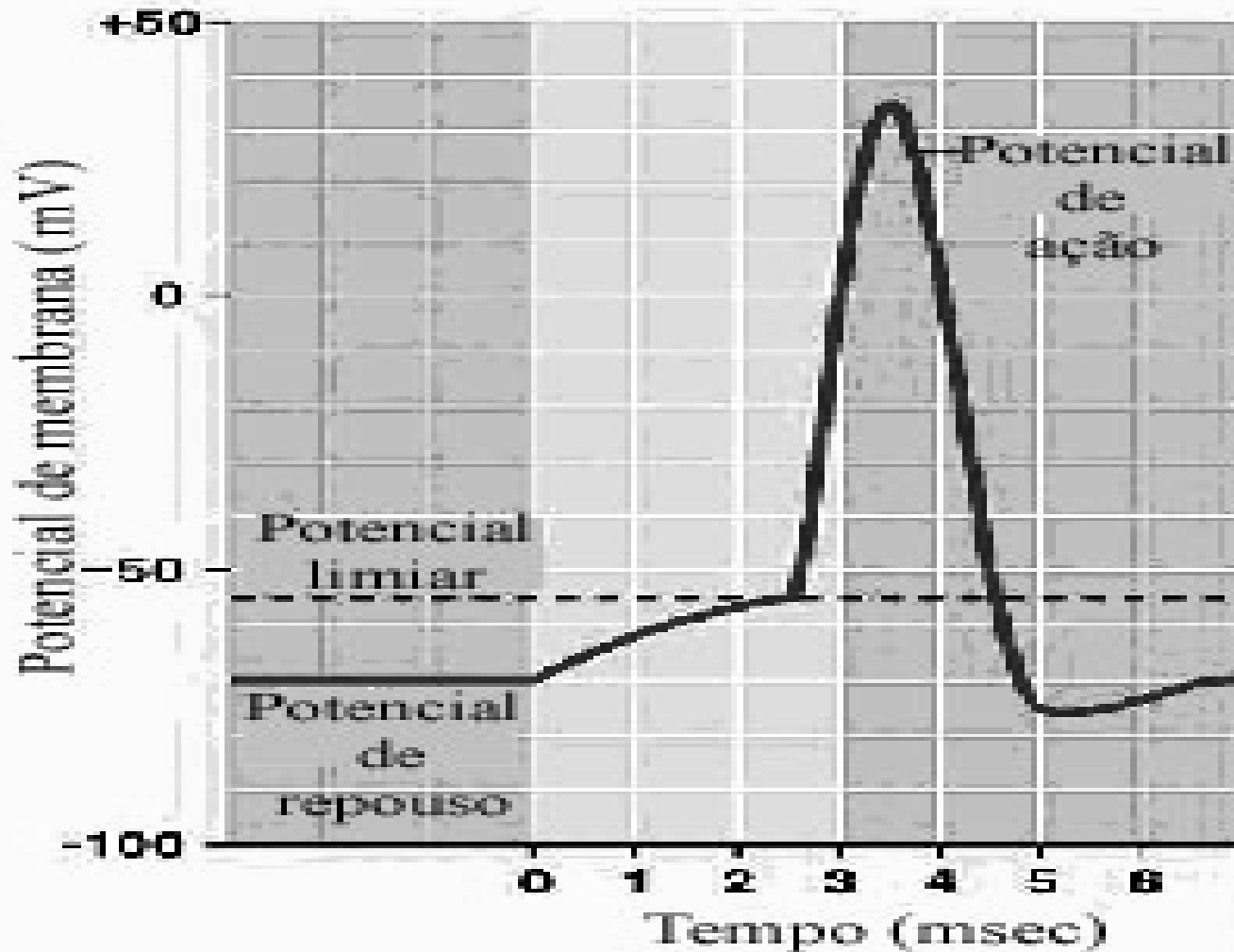
Potencial de ação: despolarização



Potencial de ação: repolarização

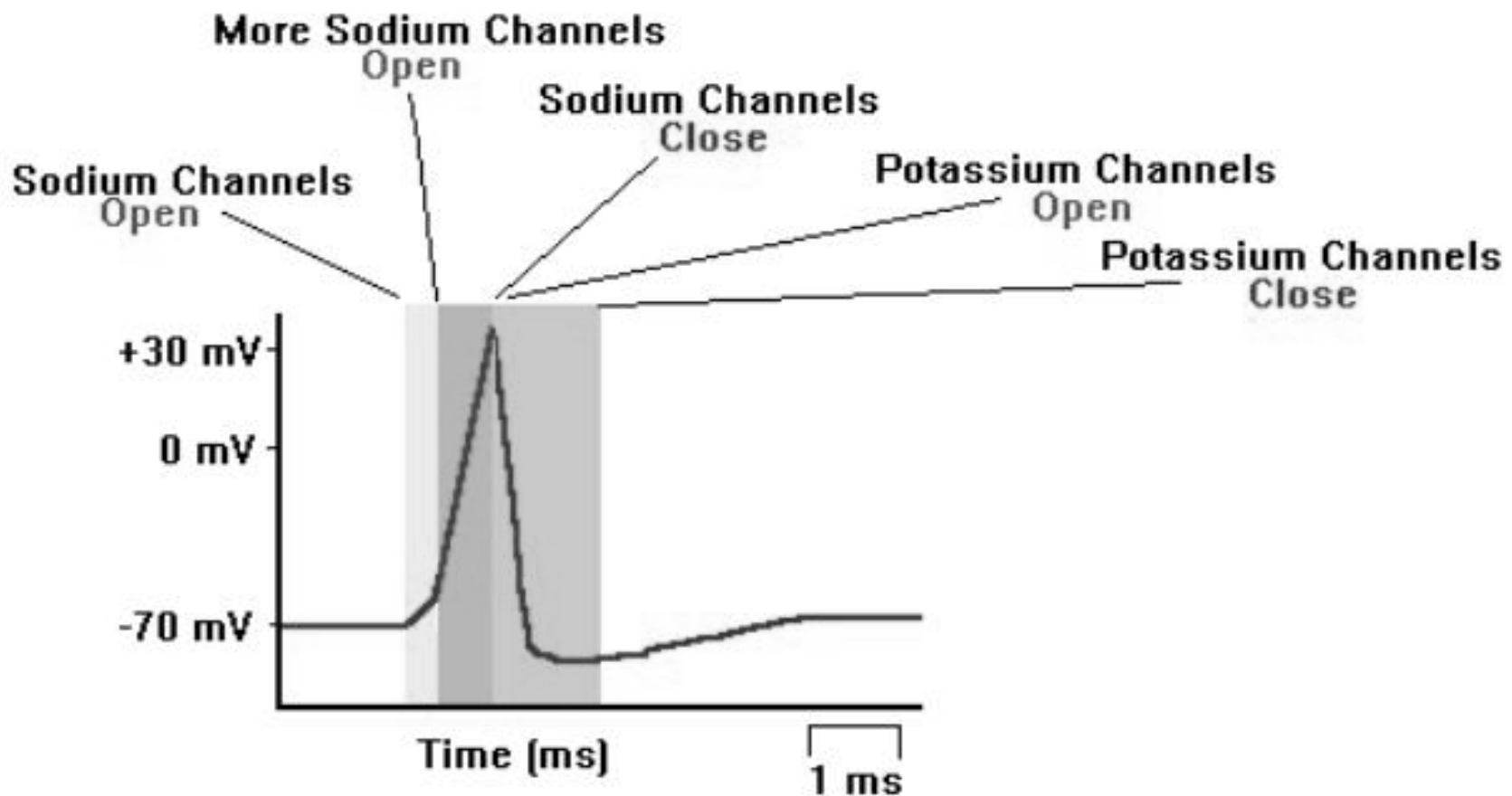


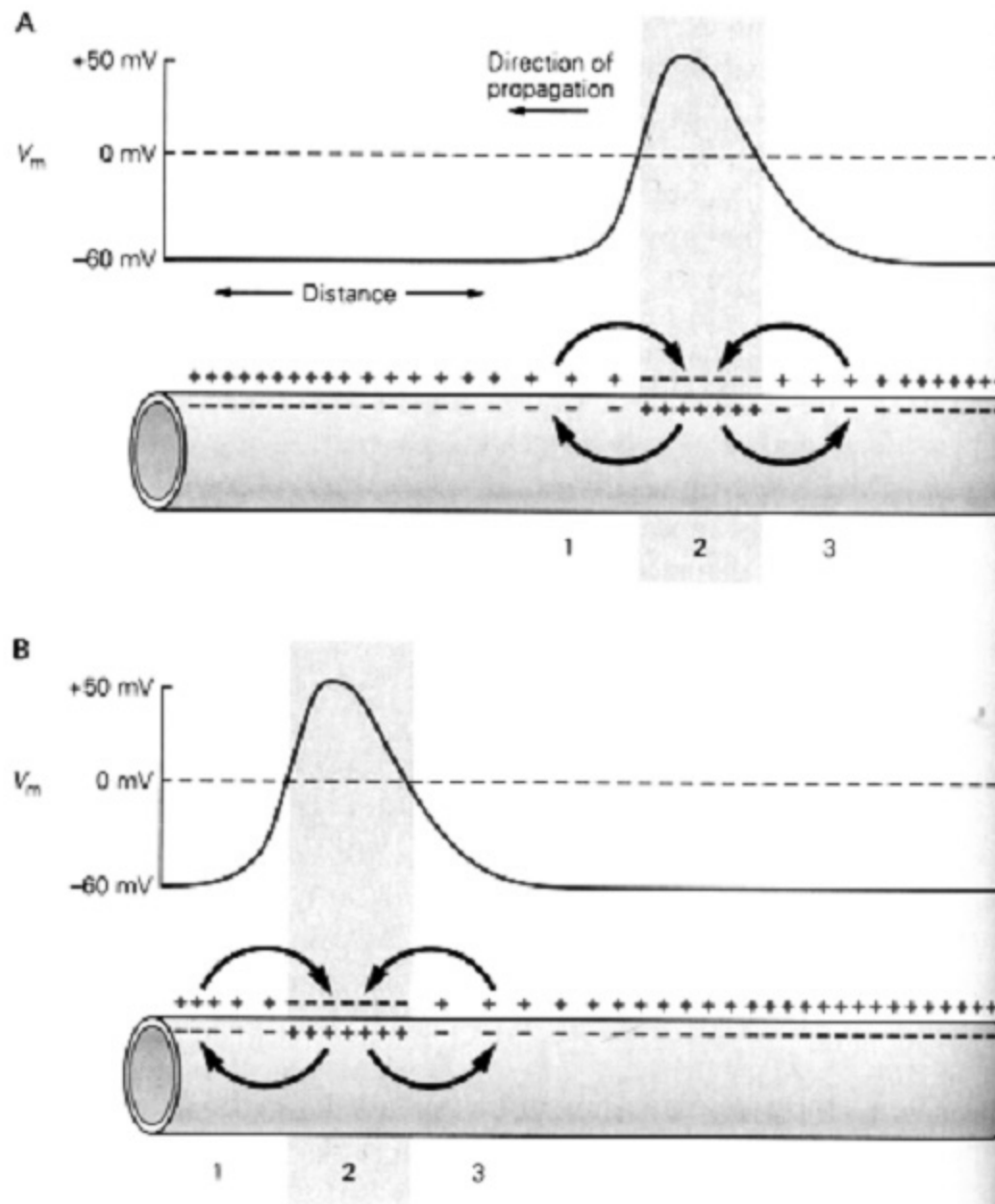
Potencial limiar – limiar de excitabilidade



Fases do potencial de ação:

- ✦ Estado de repouso
- ✦ Etapa de despolarização
- ✦ Etapa de repolarização

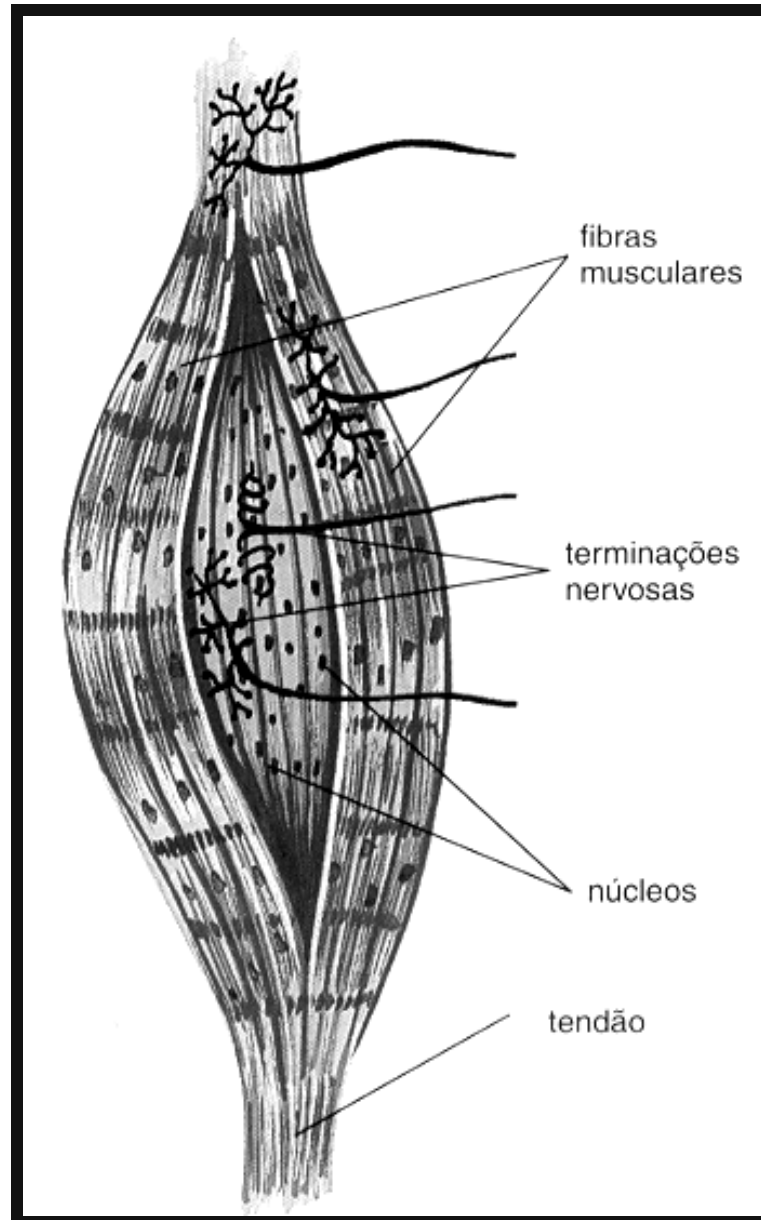




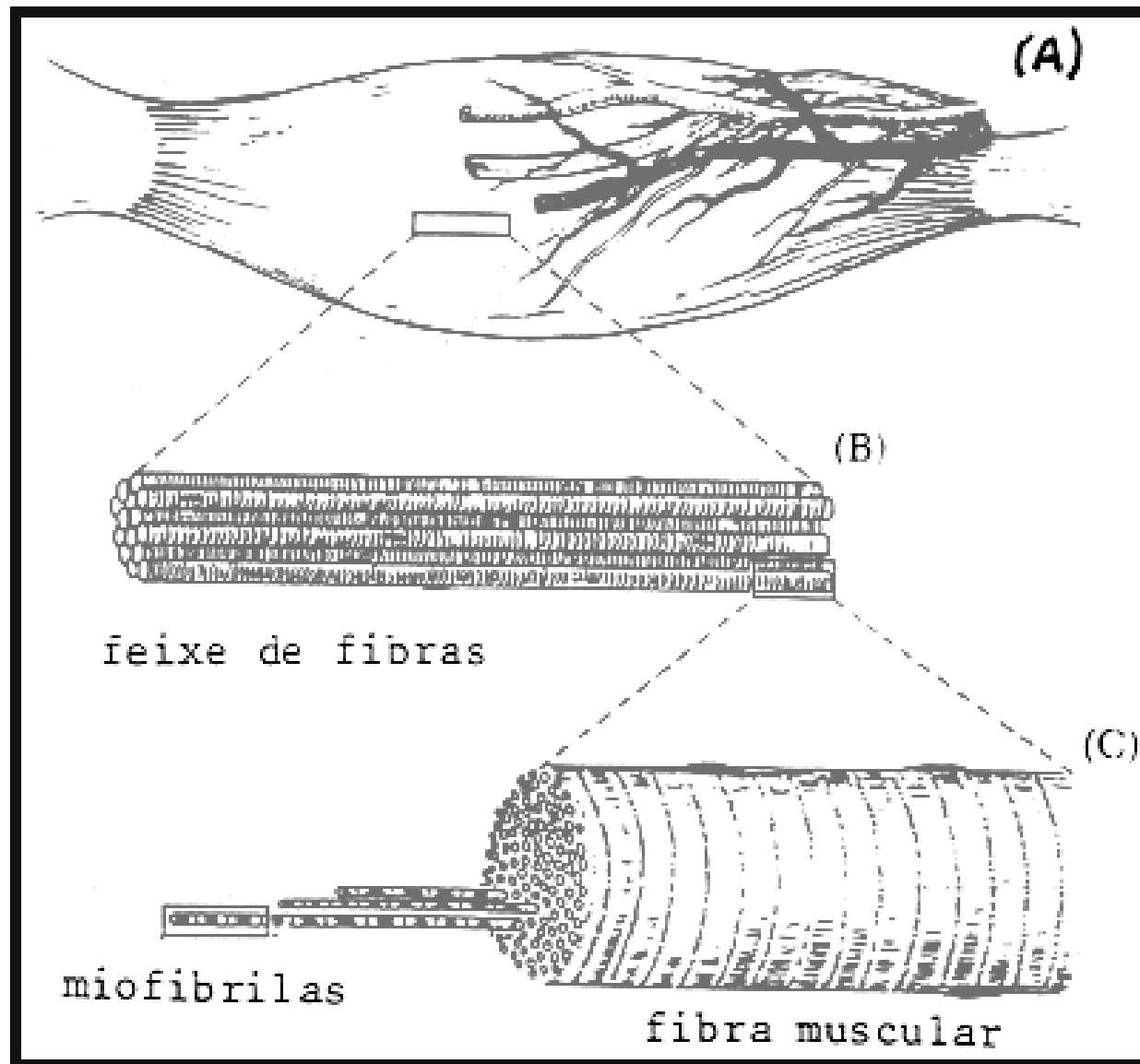
ação passiva da
 rização ao longo
 io contribui para
 propagação do
 potencial

- Contração muscular
- Músculo esquelético

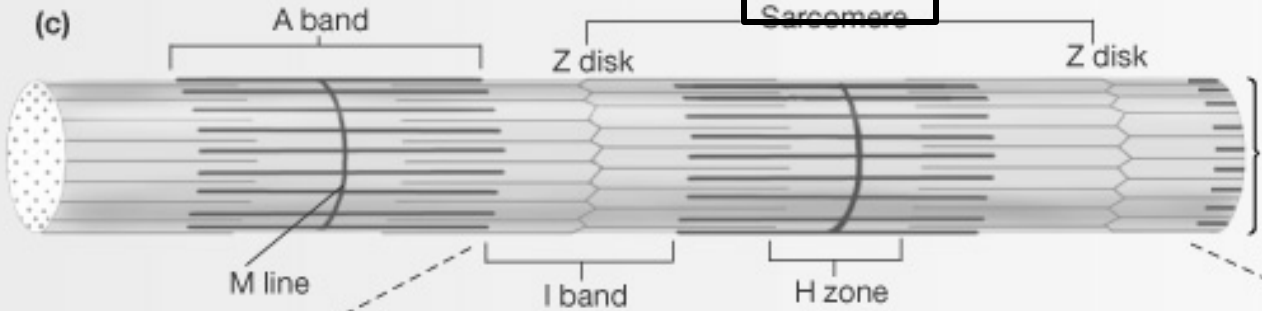
Sistema muscular



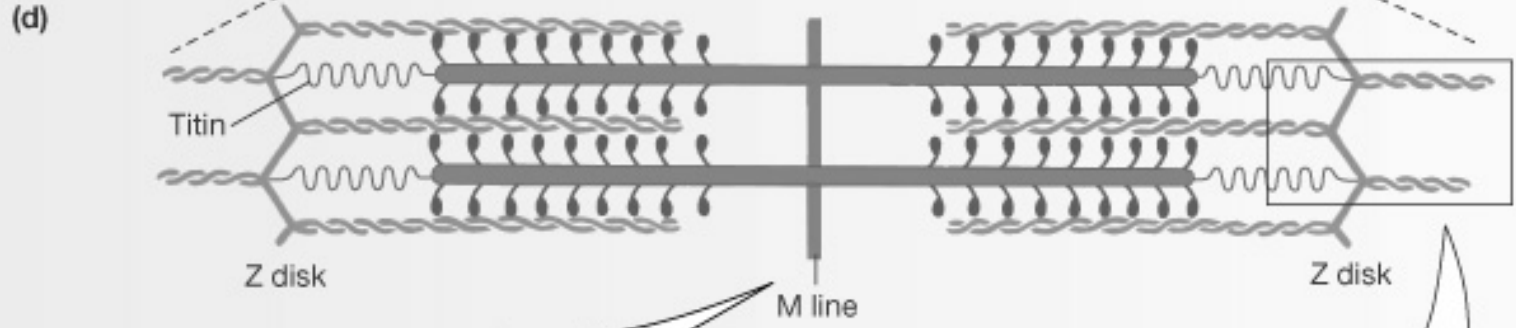
Estrutura do músculo



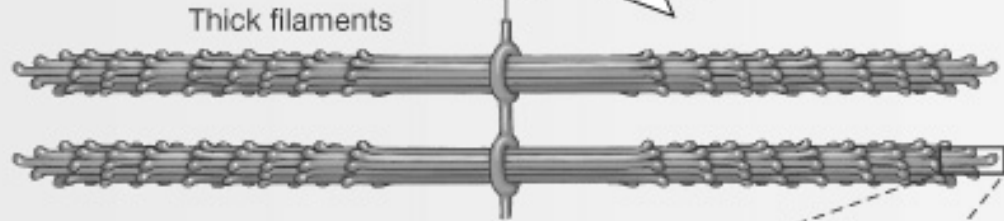
Sarcomere



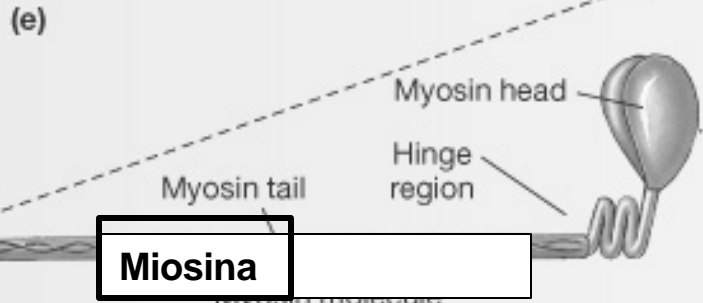
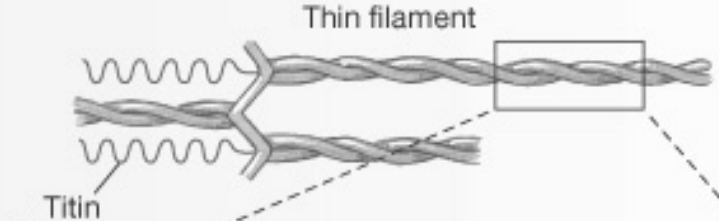
Miofibrila (1 a 2 μm)



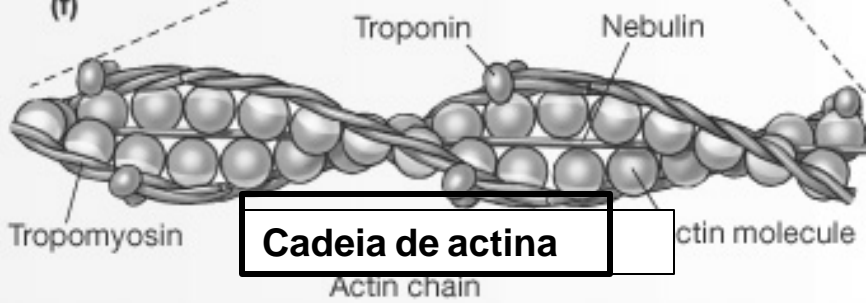
Filamentos espessos



Filamentos finos

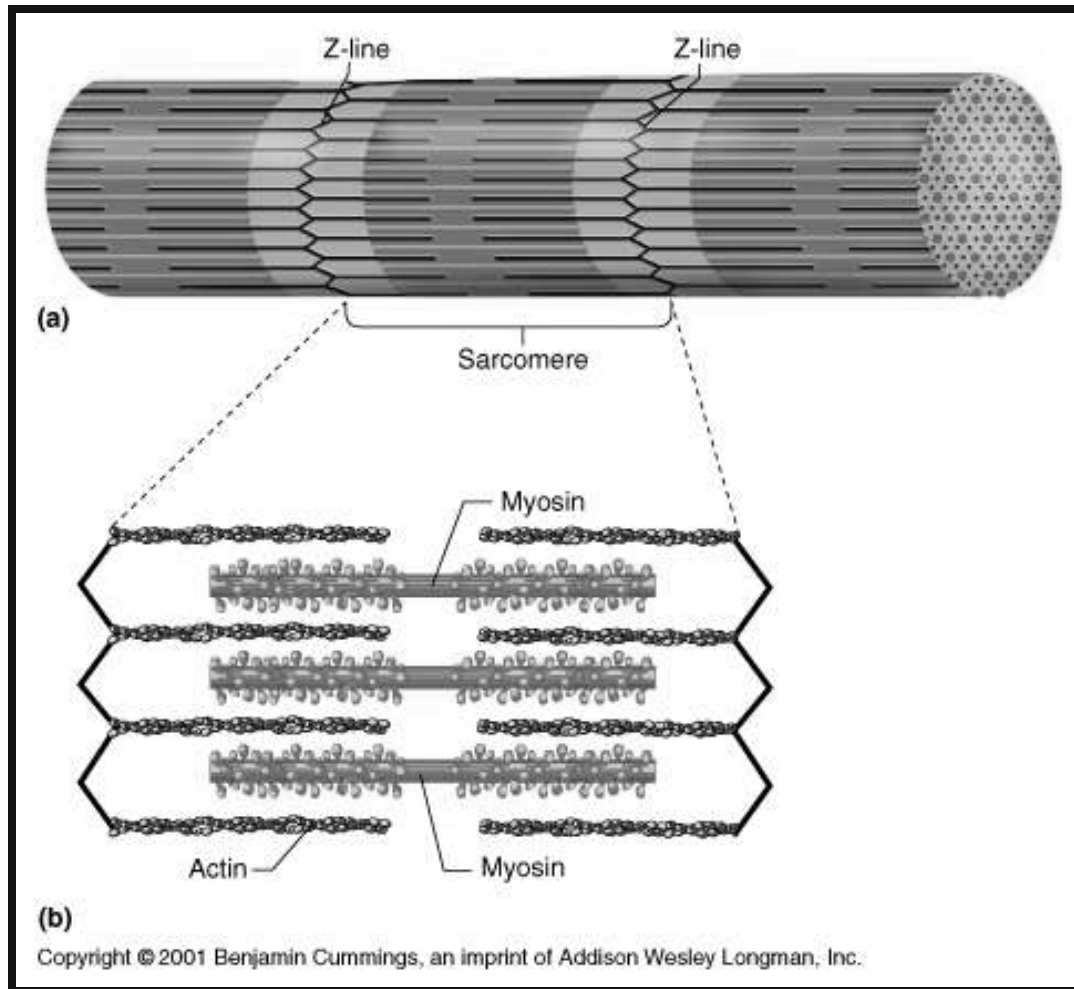


Miosina



Cadeia de actina

Sarcômero



Características do músculo esquelético

_ O tecido muscular é tão diferenciado e tem características tão peculiares, que os componentes de suas células recebem nomes especiais:

✍ A membrana citoplasmática é o sarcolema;

✍ O citoplasma (com exceção das miofibrilas) é o sarcoplasma;

✍ O retículo endoplasmático é o *retículo* sarcoplasmático;

✍ As mitocôndrias são os sarcossomas (Pardi et al., 1993).

1. Transmissão do impulso nervoso

Estímulo nervoso



Chega sarcolema (nervos motores na junção mioneural)



Terminações implantam-se no sarcolema e formam placa motora na superfície da fibra muscular



Fibras transmitem estímulo à musculatura

2. Ampliação do impulso nervoso

Quando impulso chega junção ocorre liberação acetilcolina



Potencial de ação se propaga



Do sarcolema o impulso é ampliado para as miofibrilas através do túbulos T



Estímulo é transferido para o reticulo sarcoplasmatico em cada miofibrila



Cada sarcômero recebe o impulso



Músculo em repouso: baixa concentração de cálcio no sarcoplasma (no retículo sarcoplasmático, armazena-se a maior parte do cálcio da fibra muscular)



Em repouso: [? ATP] na forma complexo isolante (ATP-Mg) que impede a interação da actina com a miosina

Quando [? Cálcio] [? ATP] a tropomiosina e a troponina inibem o entrecruzamento



Impulso transmitido ao sarcolema, libera o cálcio do reticulo sarcoplasmatico



Cálcio liberado do reticulo sarcoplasmatico liga-se ` a troponina, causando alteração na sua estrutura e ligacao com a tropomiosina e actina

- A elevacao dos niveis de cálcio no citoplasma da celular muscular e' essencial para a contração muscular.

O calcio estimula a quebra o complexo ATP-Mg e prende-se ao Mg, liberando ATP como fonte de energia para a contração



Actina e miosina estão livre para se unirem



Formação do complexo actomiosina



Mudanças estruturais no sarcômero

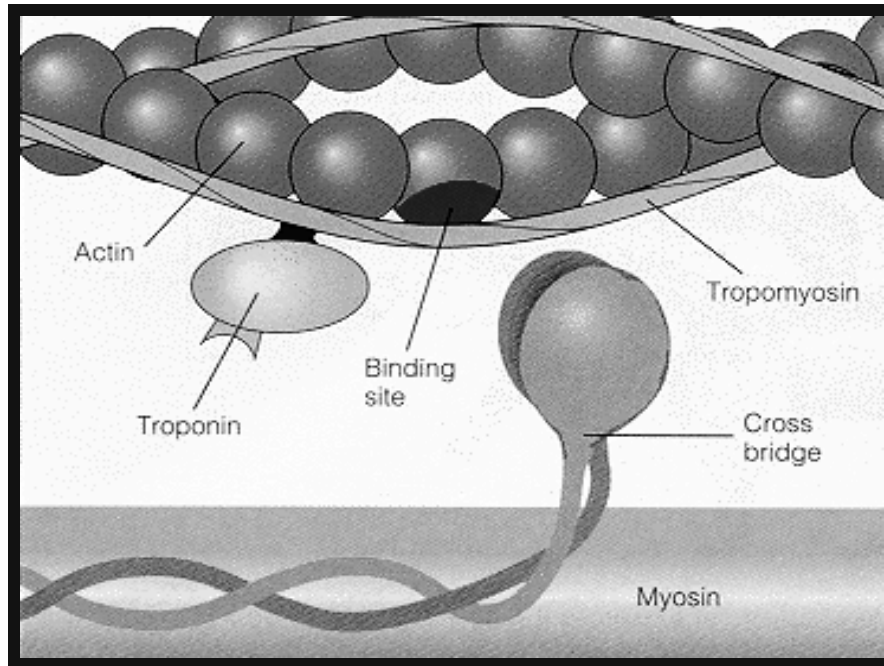


Aproximação das linhas Z

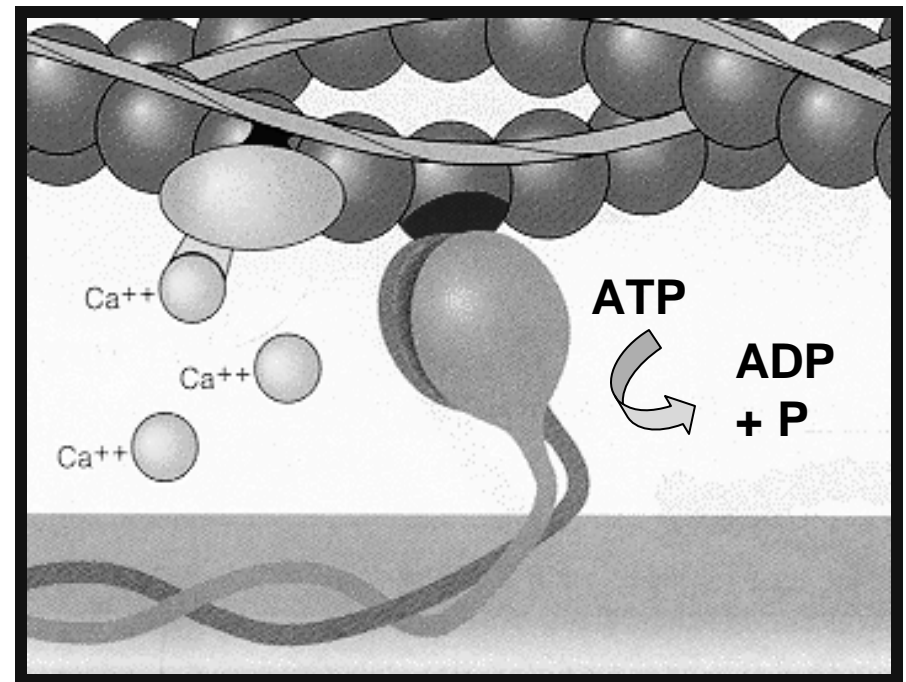


Contração muscular

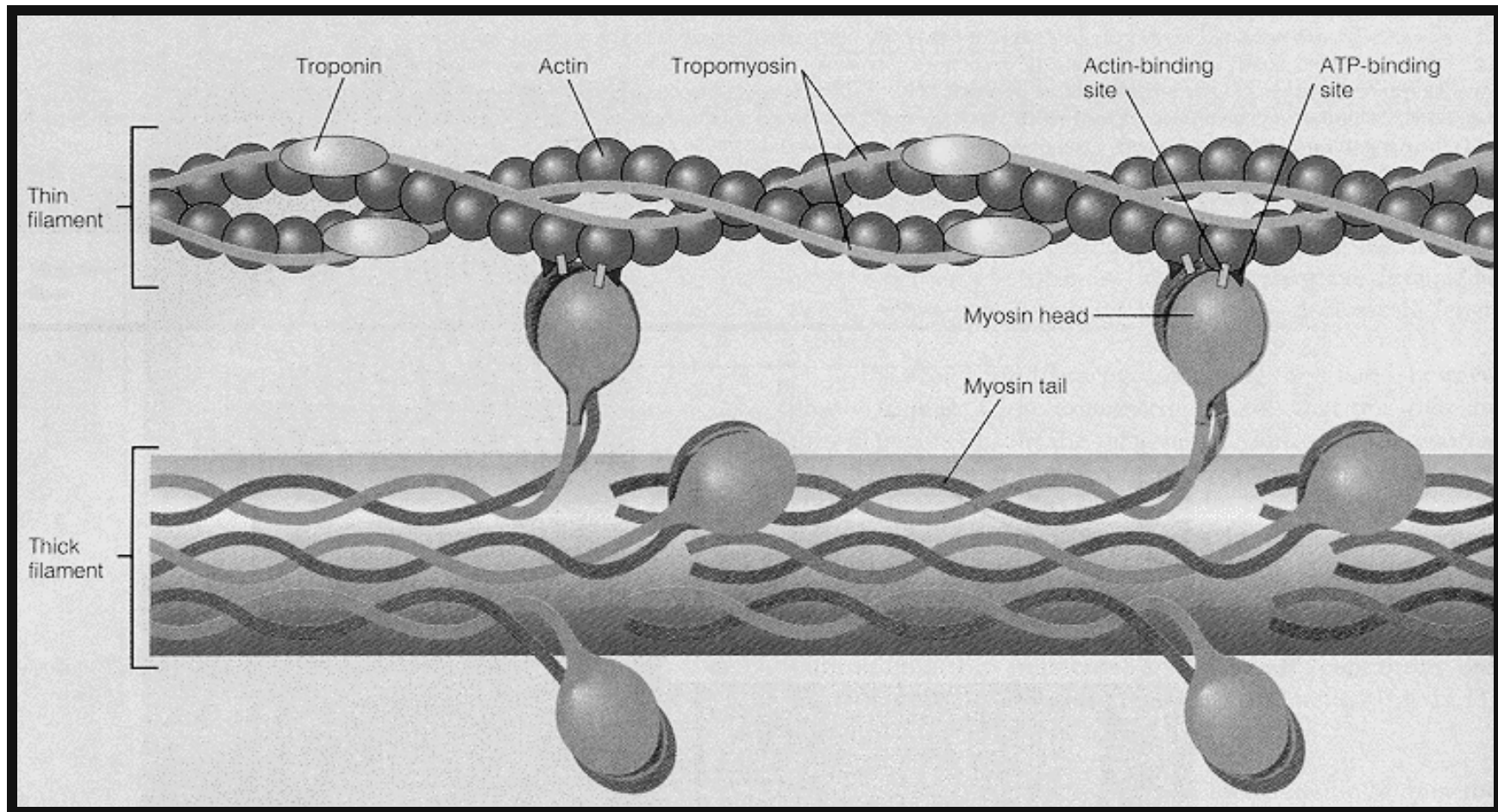
Ação do cálcio na contração muscular



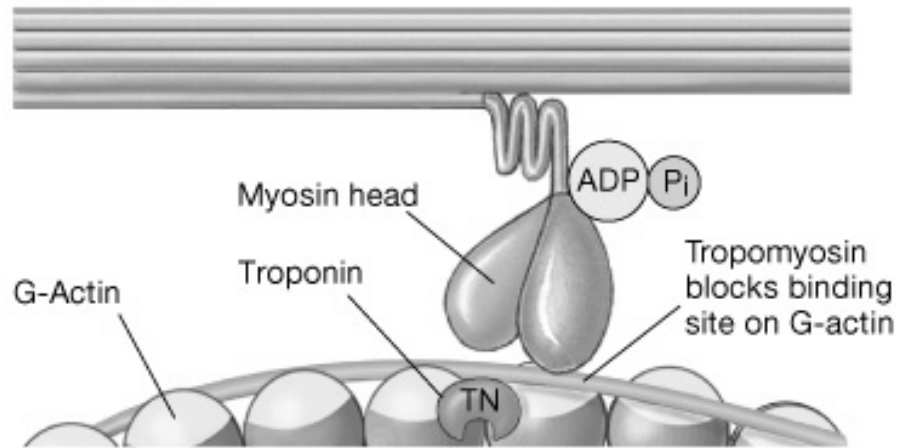
Ca^{++} liga-se a troponina e permite a ligação da miosina com a actina.



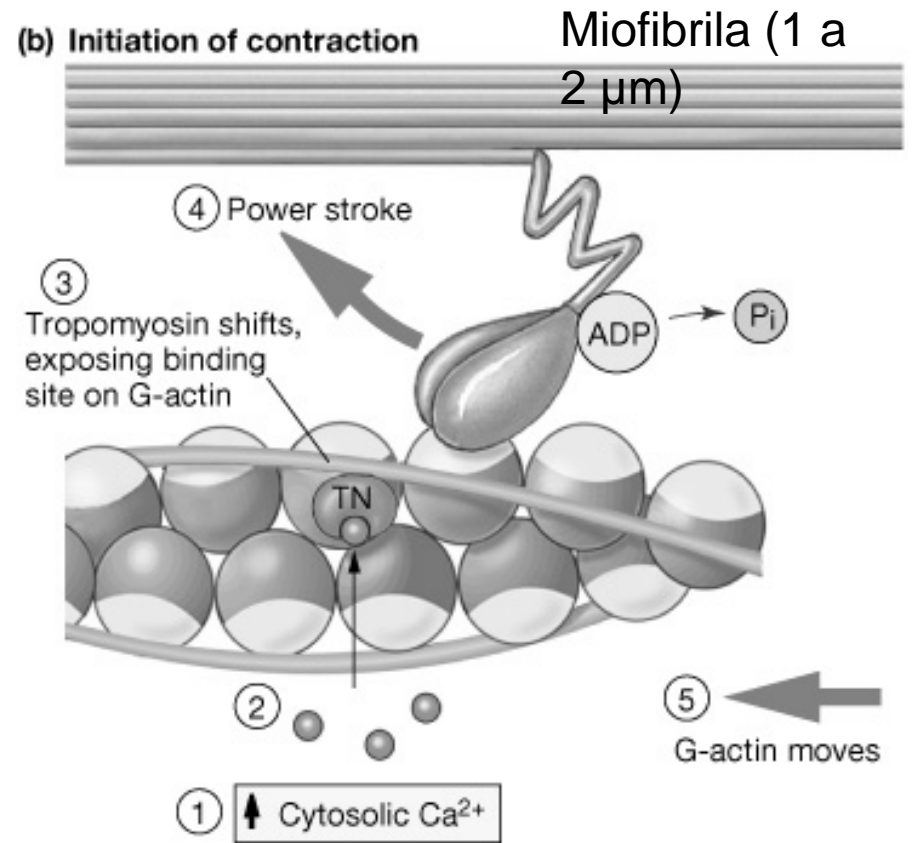
Interação da actina e miosina

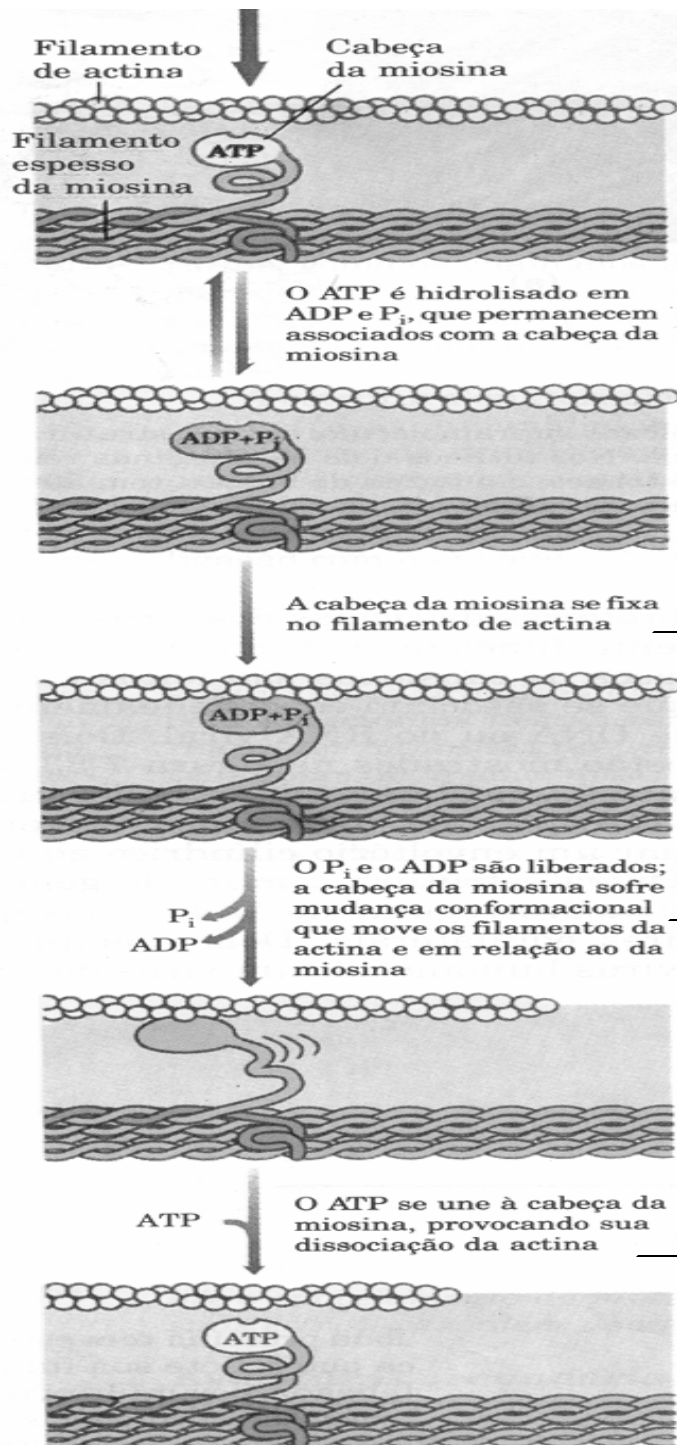


(a) Relaxed state



(b) Initiation of contraction





O ATP é hidrolisado em ADP e P_i , os quais permanecem associados com a cabeça da miosina.

A cabeça da miosina fixa-se no filamento da actina.

O P_i e o ADP são liberados. A cabeça da miosina sofre mudança conformacional que move os filamentos da actina e em relação ao da miosina.

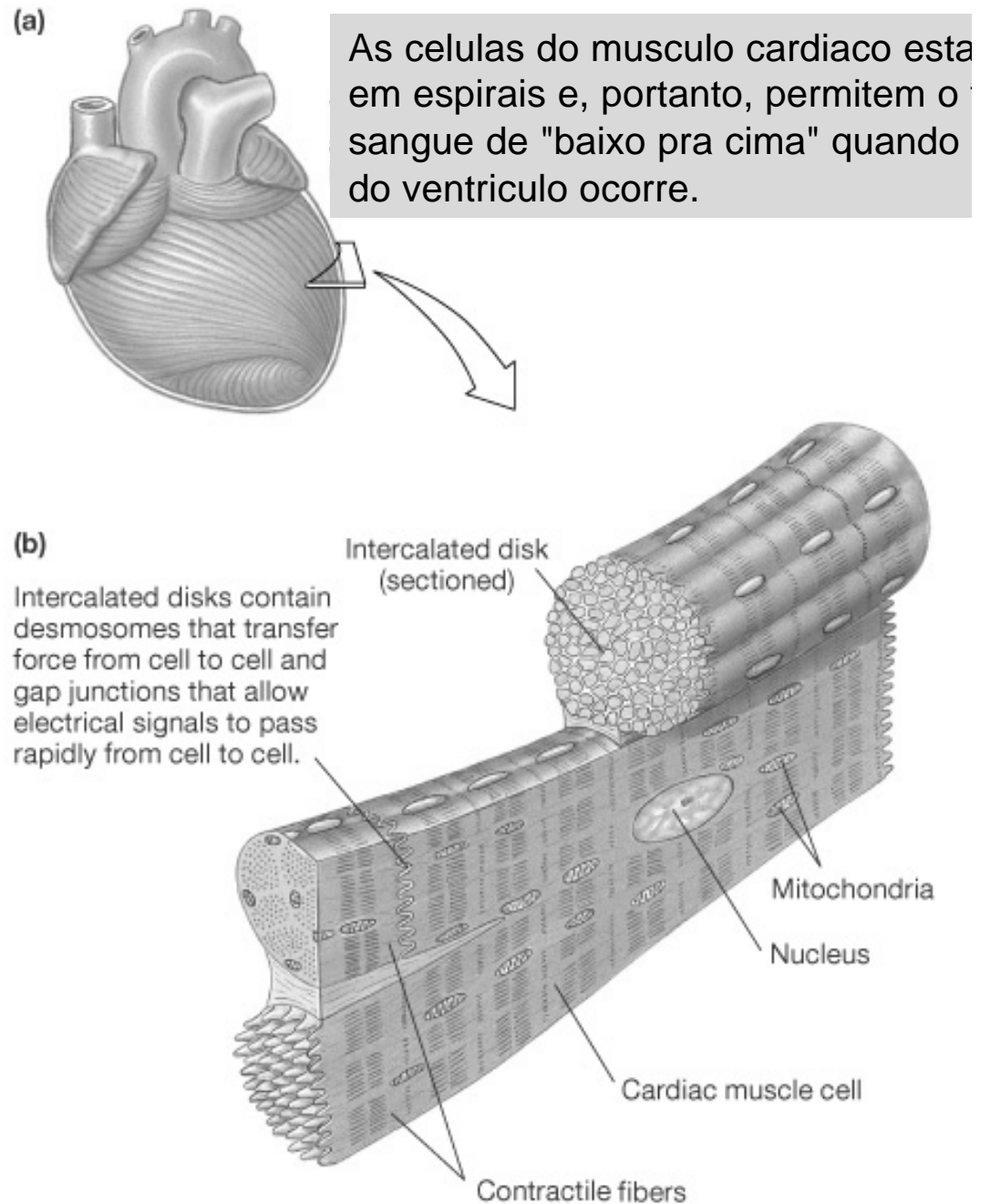
O ATP uni-se à cabeça da miosina, provocando sua dissociação da actina.

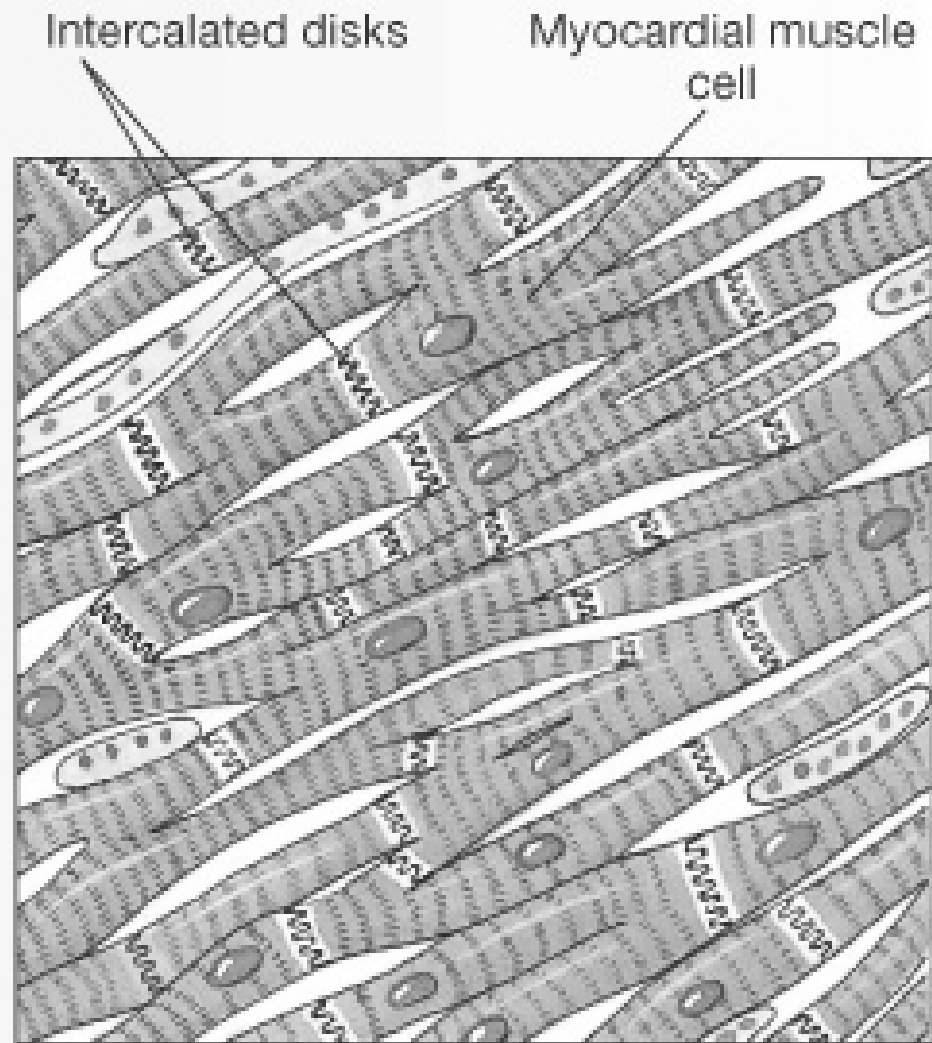
Musculo cardiaco

Musculo cardiaco

As células do músculo cardíaco possuem sarcomeros e arranjos da actina e miosina da mesma forma que o músculo esquelético. No entanto, as células do coração são mononucleadas e com ramificações, conectando-se umas às outras através de discos intercalares. Estas conexões permitem a passagem de estímulos químicos e elétricos entre células adjacentes.

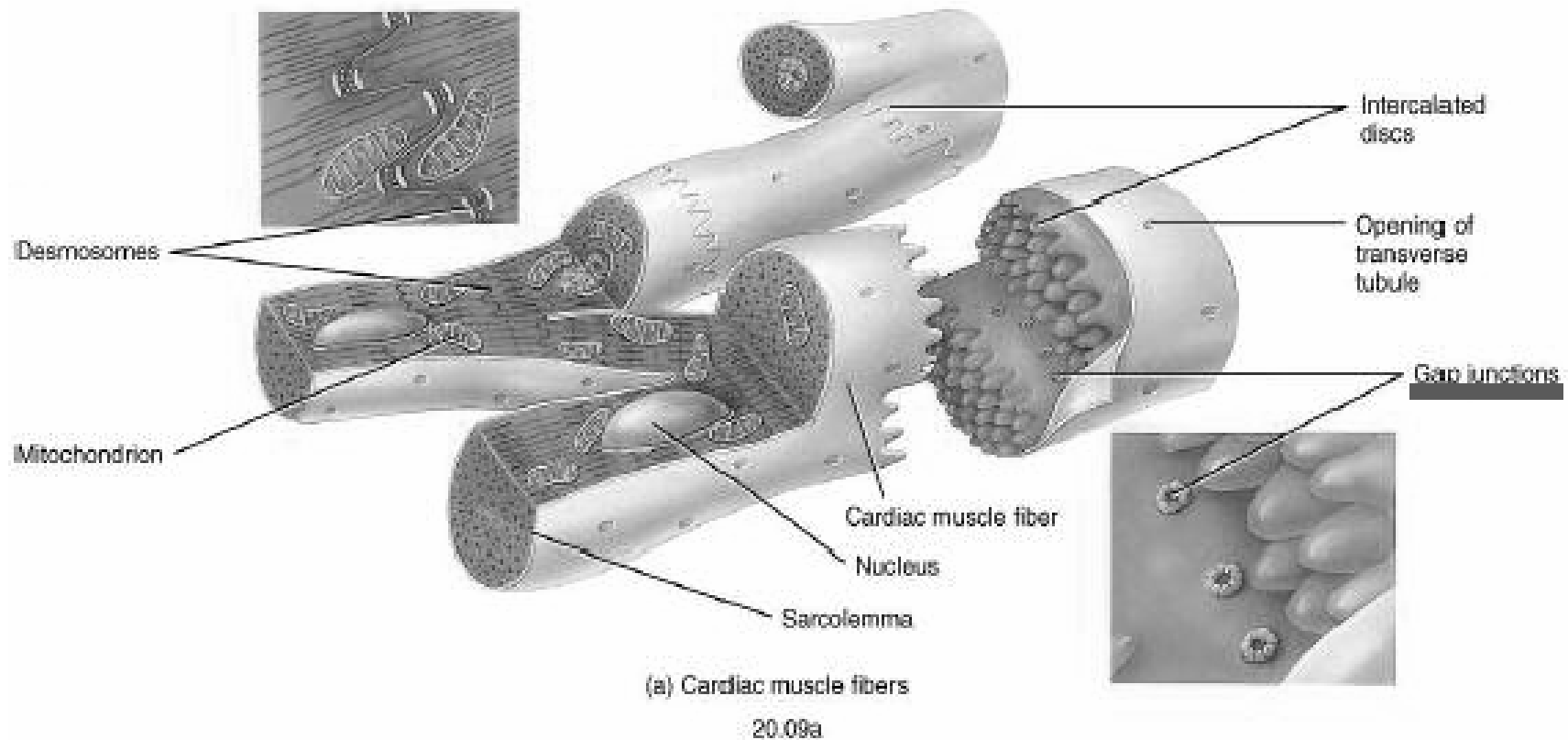
As células do músculo cardíaco possuem um grande número de mitocôndrias, com uma intensa utilização de O_2 .



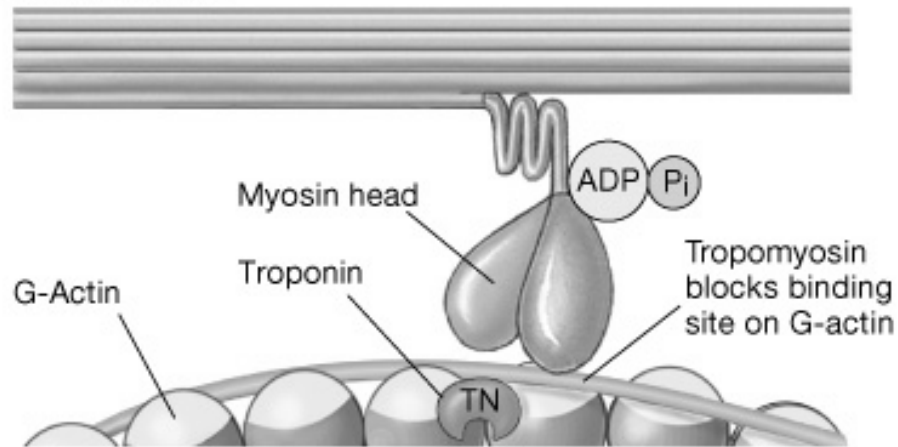


As células do músculo cardíaco são mononucleadas e com ramificações, conectando-se umas às outras através de discos intercalares.

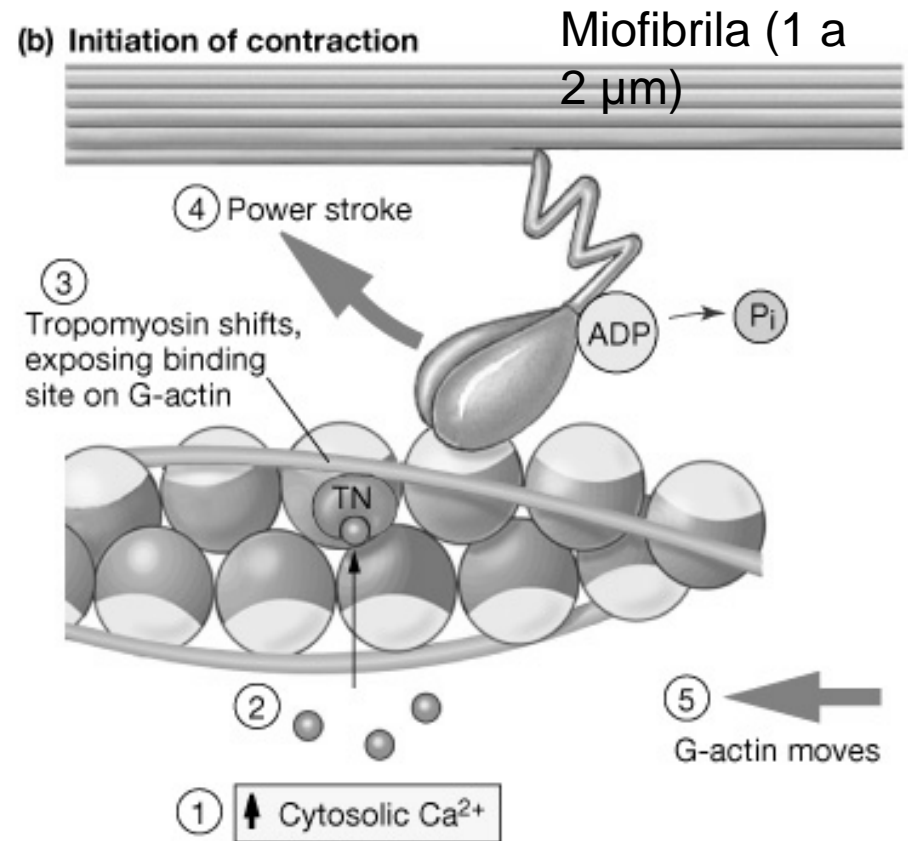
Músculo Cardíaco



(a) Relaxed state

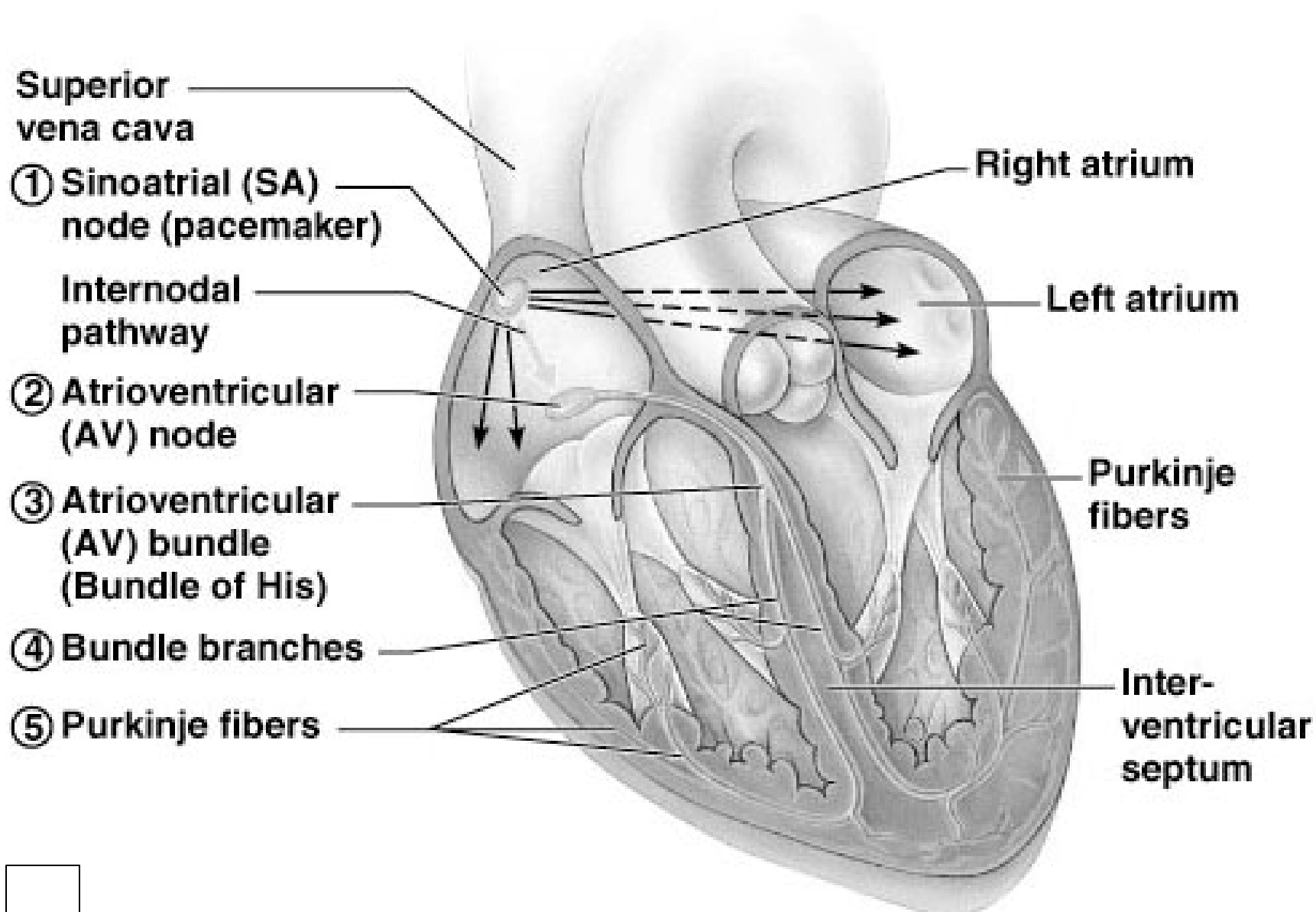


(b) Initiation of contraction



A contração do músculo cardíaco é similar ao mecanismo no músculo esquelético. No entanto, no primeiro, há a entrada de Ca através da membrana plasmática através de poros de cálcio. Há também a liberação de Ca do retículo sarcoplasmático, mas em menor quantidade do que na célula do músculo esquelético.

Impulsos eletricos e contraçao do musculo cardiaco



Superior vena cava

① Sinoatrial (SA) node (pacemaker)

Internodal pathway

② Atrioventricular (AV) node

③ Atrioventricular (AV) bundle (Bundle of His)

④ Bundle branches

⑤ Purkinje fibers

Right atrium

Left atrium

Purkinje fibers

Inter-ventricular septum

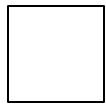


Figure 18.14a

Excitacao do coracao

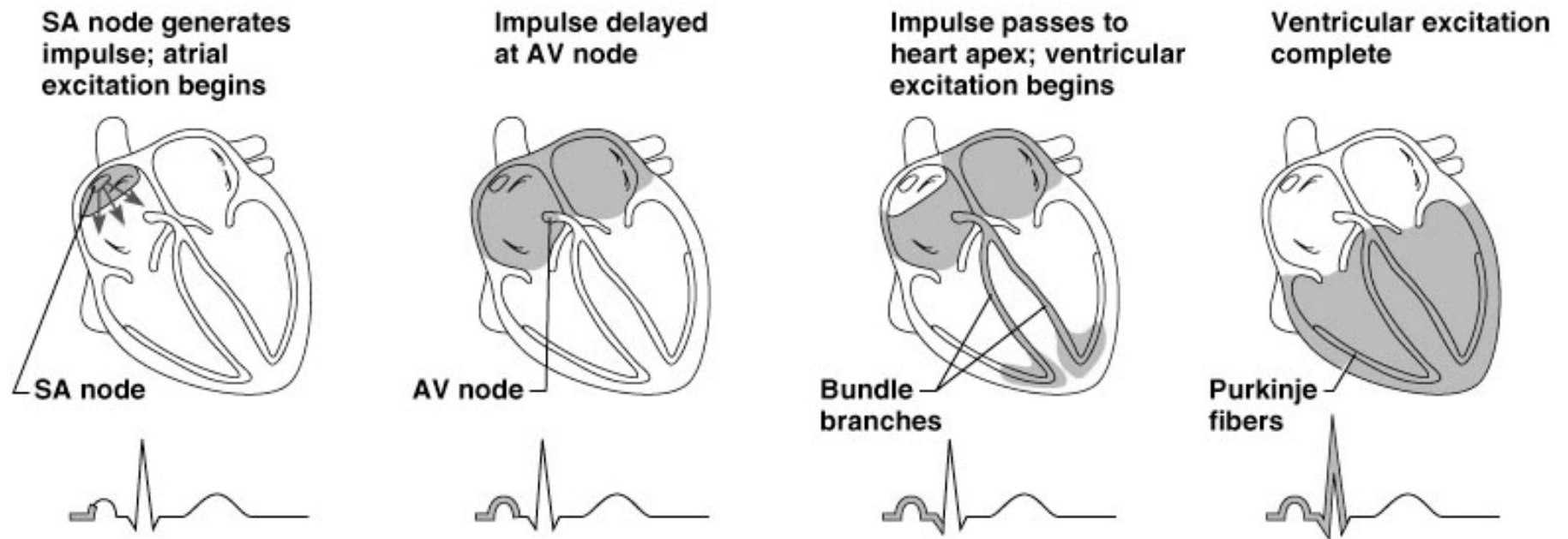
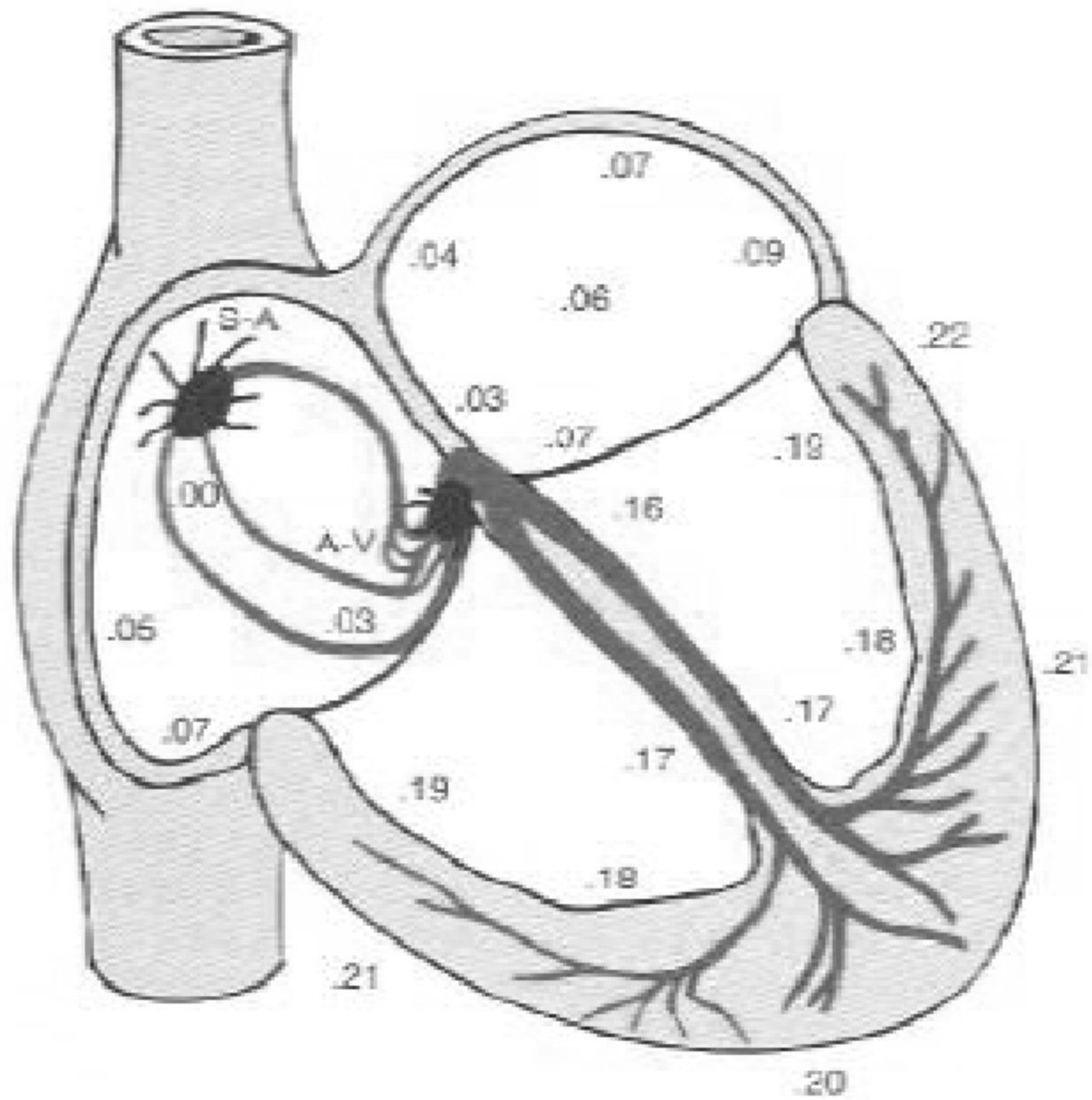
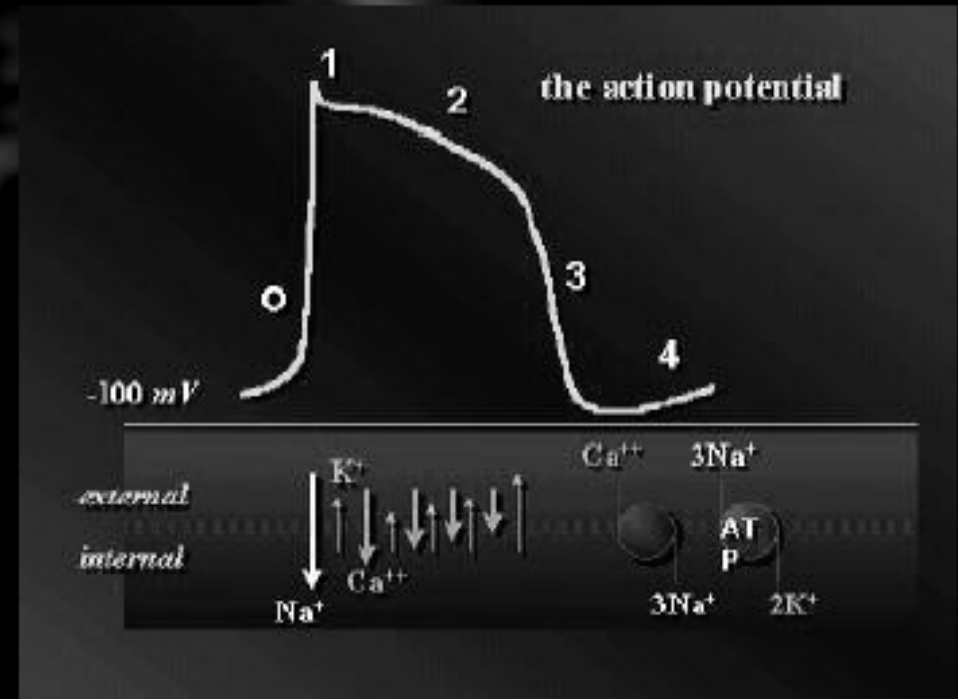


Figure 18.17



Nodo SA

- ❑ Fase 0: Abertura dos canais rápidos de Na^+ (-85 mV).
Abertura dos canais lentos de Ca^{++} (-40 mV).
- ❑ Fase 1: Canais de Na^+ fecham = fluxo de Na^+ acaba.
- ❑ Fase 2: Canais de K^+ abrem, continua o influxo de Ca^{++} .
Fase de “Plateau” responsável pelo prolongamento do potencial de acção cardíaco.)
- ❑ Fase 3: (Repolarização):
Fecho dos canais de Ca^{++} ,
continuação do fluxo de K^+ .
- ❑ Fase 4: Fecho dos canais de K^+ . Retorno ao normal do transporte activo de Na^+ e de K^+ .



Biofísica da Contração Periódica do Coração

Condução e excitação nervosa do coração :

Nodo sino-auricular (SA): Onde é gerado o impulso rítmico normal (~70 b/min).

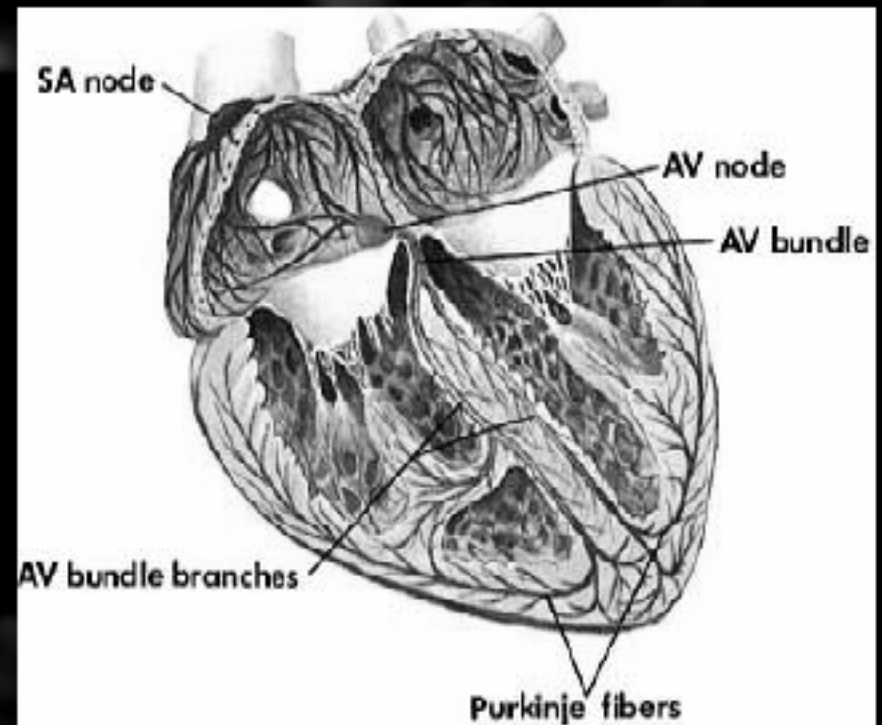
Fibras internodais: Encaminham o impulso do SA para o nodo atrioventricular (AV):
Feixe de His.

Nodo AV: O impulso é retardado antes de passar para os ventrículos devido às suas particularidades de condução eléctrica.

As aurículas podem assim acabar de contrair antes dos ventrículos.

Feixe AV: Conduz o impulso do nodo AV para os ventrículos.

Fibras de Purkinje: Conduzem o impulso a todas as regiões dos ventrículos.



Biofísica da Contração Periódica do Coração

Nodo AV e atraso na propagação do impulso para os ventrículos:

- ❑ O nodo AV está localizado na aurícula direita imediatamente atrás da válvula tricúspida.
- ❑ O atraso na propagação do impulso entre os dois nodos (SA e AV) permite que o sangue passe das aurículas para os ventrículos antes de estes iniciarem o processo de contração que expelle o sangue.
- ❑ O atraso na propagação do sinal deve-se, em particular, ao número limitado de junções existentes entre as células das fibras (fibras de junção) que levam o sinal do nodo SA ao AV e aos potenciais de repouso das respectivas células, significativamente menores do que os das fibras musculares normais. É um processo cooperativo.

Biofísica da Contração Periódica do Coração

Propagação do impulso cardíaco nas fibras de Purkinje

A propagação nas fibras de Purkinje é unidireccional, evitando a propagação de potenciais de acção dos ventrículos para as aurículas.

A propagação nas fibras de Purkinje é muito rápida (provavelmente devido ao contacto entre as suas células que permite a passagem de Iões entre elas) com velocidades da ordem de 1.5 m/s a 4 m/s (150x mais rápido do que nas fibras SA-AV).

A propagação do sinal a todo o ventrículo desde que este entra nas fibras de Purkinje é de cerca de 0.03 s.

Despolarização e Repolarização

- A despolarização do músculo cardíaco ocorre como uma frente de onda: as células despolarizam pois outras já despolarizaram e lhe “transmitem” essa informação por acção do campo eléctrico que criam.
- A re-polarização depende apenas porque o potencial de acção tem uma duração temporal limitada.

Inervacao extrinseca do coracao

- O coracao e' estimulado pelo sistema nervoso simpatico e inibido pelo parassimpatico.

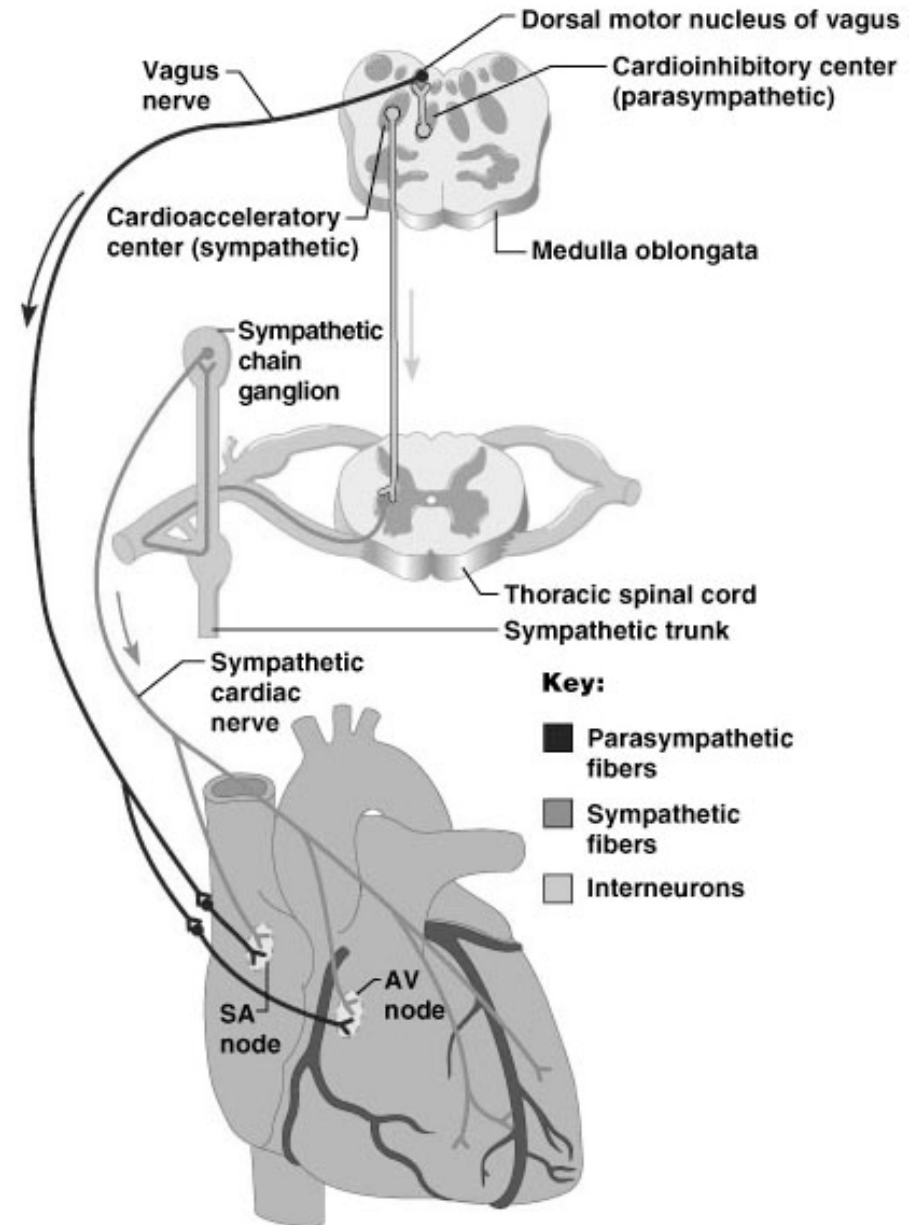


Figure 18.15