

Curso Nacional de Reciclagem em
Cardiologia da Região Sul – Florianópolis, de
20 a 24 de setembro de 2006

CONTRATILIDADE. FUNÇÃO DE
BOMBA DO CORAÇÃO

Roberto Henrique Heinisch

UFSC/UNISUL

Introdução

- Bomba: máquina usada para movimentar fluidos – gases ou líquidos –, geralmente ao longo de tubulações.
- Função ininterrupta.
- Mecanismos de controle: instantâneos (FC, capacitância venosa), intermediários (retenção de sal e água) ou a longo prazo (remodelação).

Contratibilidade: função de bomba do coração

1. Músculo cardíaco
2. Sarcômero
3. Proteínas contráteis
4. Pré-carga e o mecanismo de Frank-Starling
5. Pós-carga, estresse de parede, Lei de Laplace

1. Músculo Cardíaco

- **Cardiomiócitos**

- Céls. Alongadas, estriações transversas, uni ou binucleadas, maior qtidade de sarcoplasma, mitocôndrias e glicogênio.
- **Sarcolema**: membrana celular complexa.
- **Túbulos T**: invaginações do sarcolema no espaço extracelular, formando uma rede tubular.
- **Discos intercalares**: próprio do músculo cardíaco, linhas transversais, que se repetem em intervalos regulares, conectam as céls. p/ desmossomos, os filamentos de actina e permitem conexão iônica p/ junções tipo gap.

Características das células cardíacas

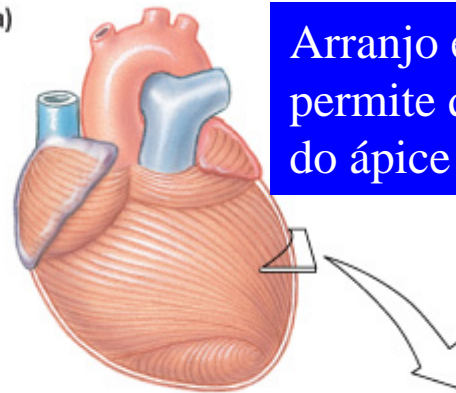
- **Miócito ventricular**

- Longo, estreito
- 60-140 microns
- Diâm.: 20 microns
- Tub. T: cheios
- Discos intercal: fim/fim
- Pouco colágeno interst.

- **Miócito atrial**

- Elíptico
- 20 microns
- 5 – 6 microns
- Raros ou nenhum
- Lado/lado; fim/fim
- Mais colágeno

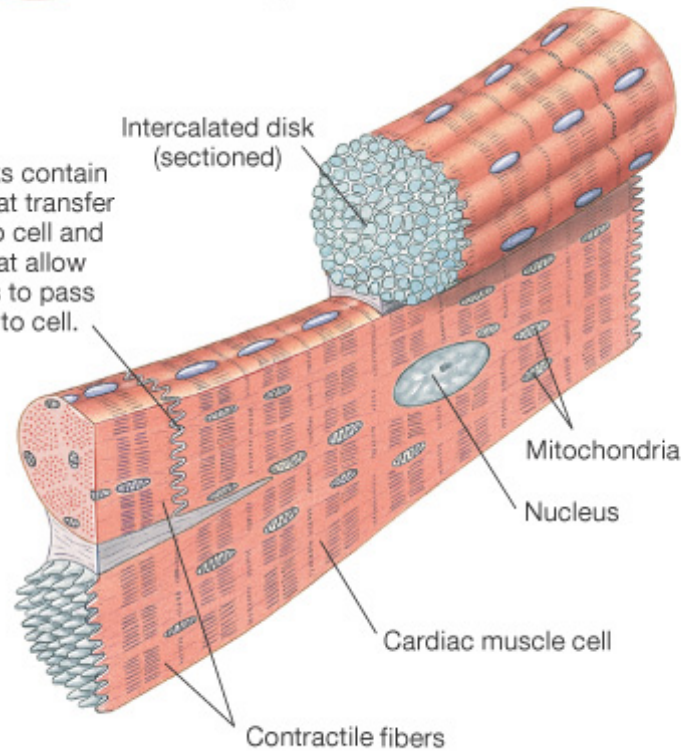
(a)



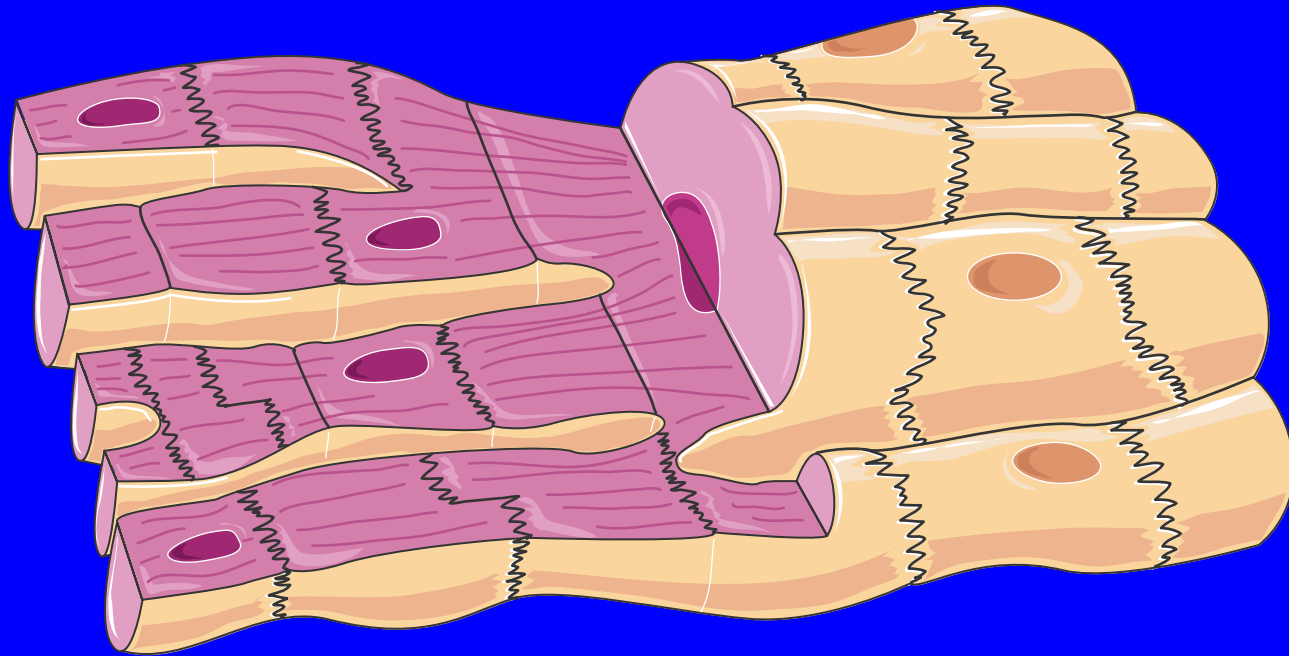
Arranjo espiral do músculo ventricular permite que o sangue seja comprimido do ápice para a base do coração

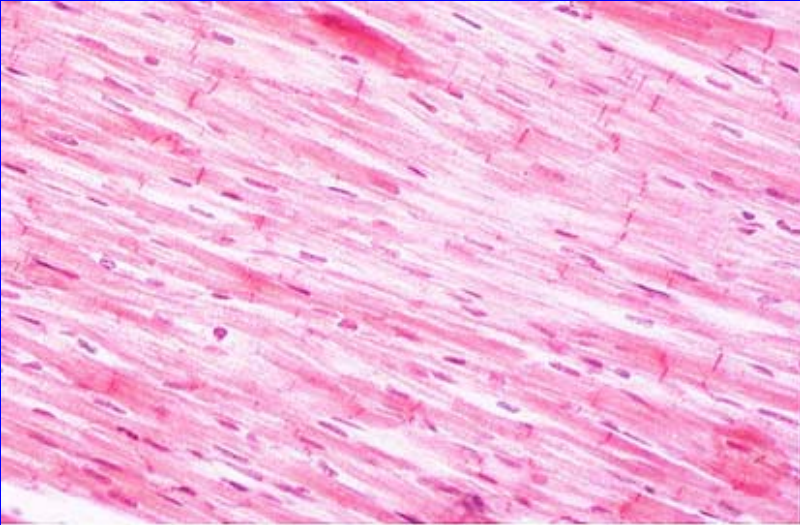
(b)

Intercalated disks contain desmosomes that transfer force from cell to cell and gap junctions that allow electrical signals to pass rapidly from cell to cell.



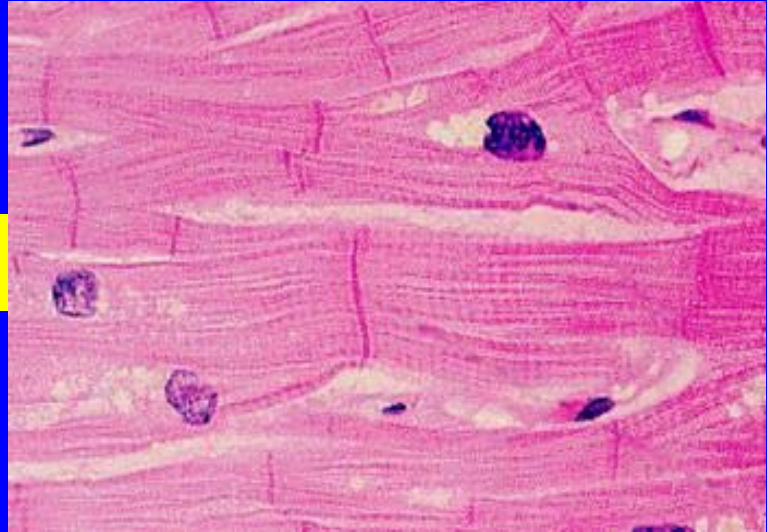
Miócitos



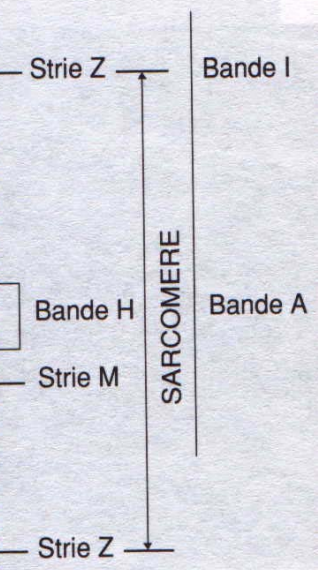
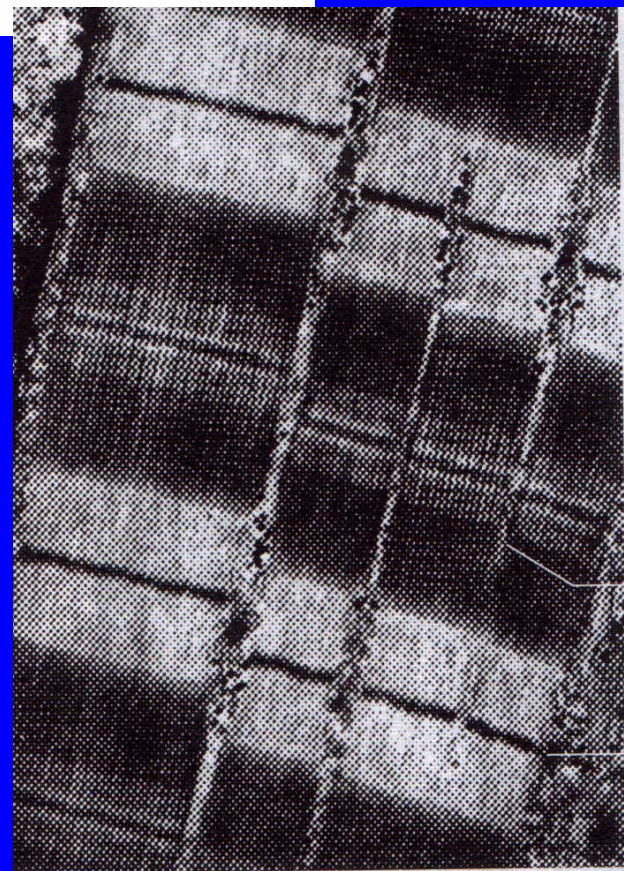


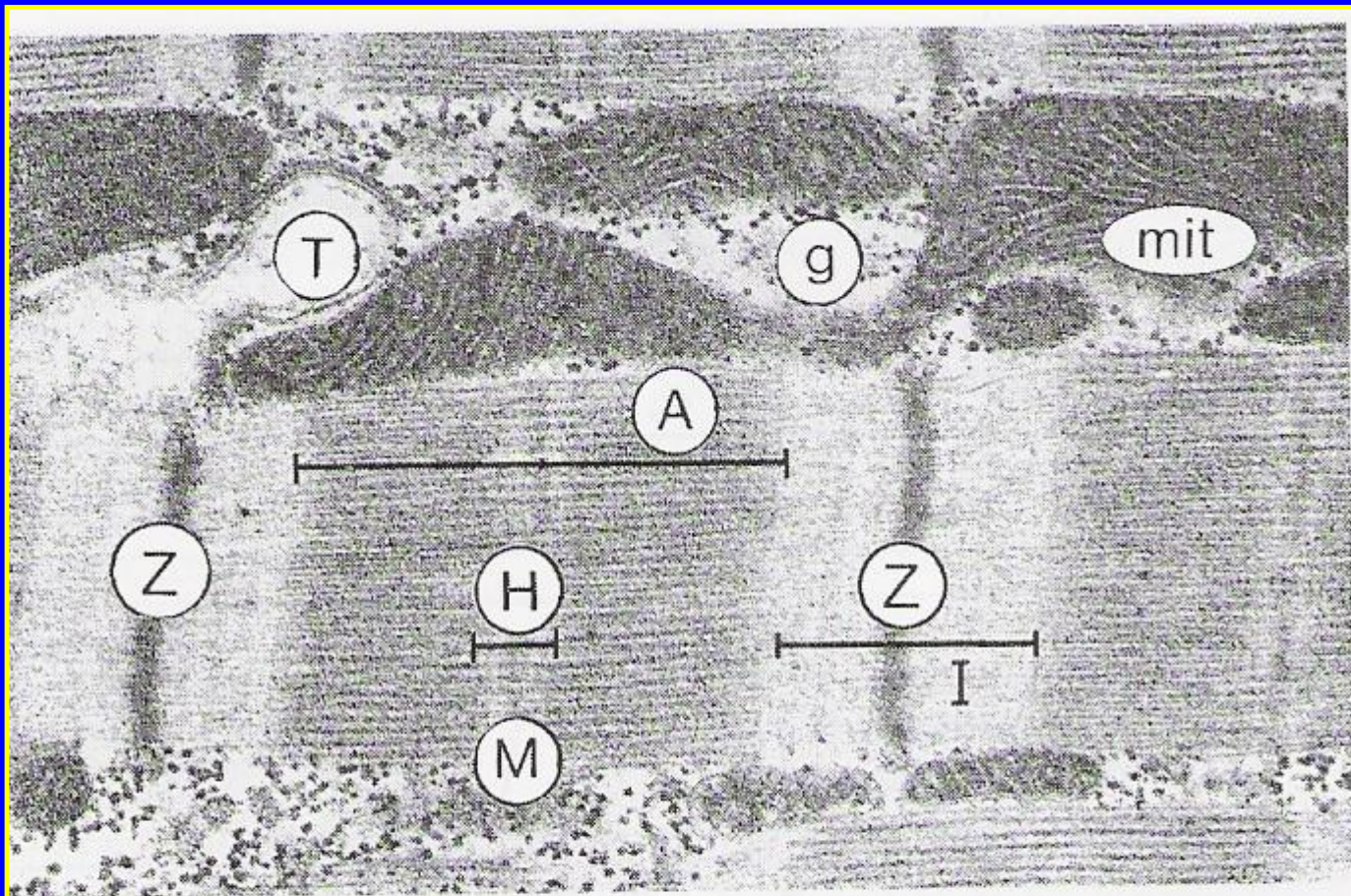
Myocardium (long.) 400x H&E

Miócitos



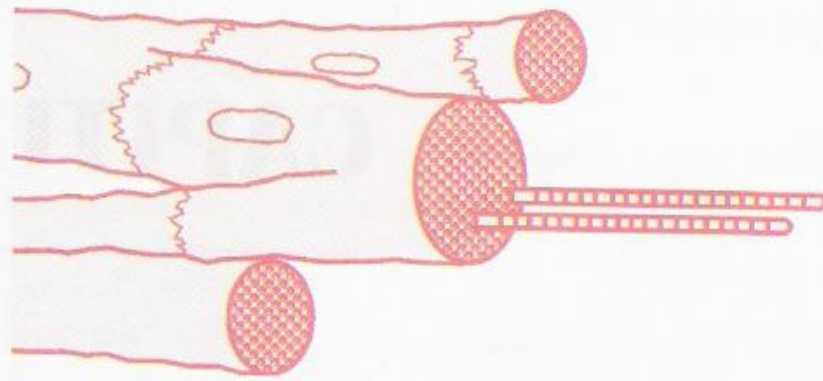
**Sarcômero
(unidade contrátil)**



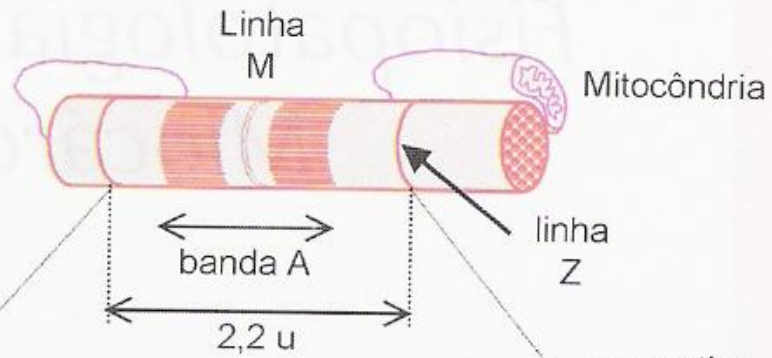


The sarcomere is the distance between the two Z lines. Note the presence of numerous mitochondria (mit) sandwiched between the myofibrils and the presence of T tubules (T), which penetrate into the muscle at the level of the Z lines. This two-dimensional picture should not disguise the fact that the Z line is really a "Z disc," as is the M line (M), also shown in Figure 19-1. A = band of actin-myosin overlap; g = glycogen granules; H = central clear zone containing only myosin filament bodies and the M line; I = band of actin filaments, titin, and Z line. Rat papillary muscle, 32,000. (Courtesy of Dr. J. Moravec, Dijon, France.)

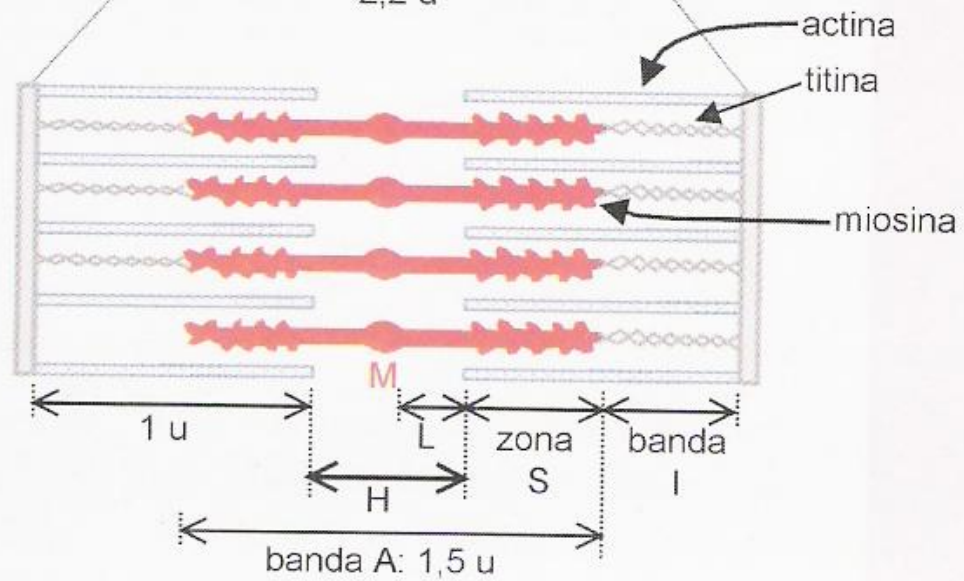
A. Fibra miocárdica



B. Miofibrila



C. Sarcômero



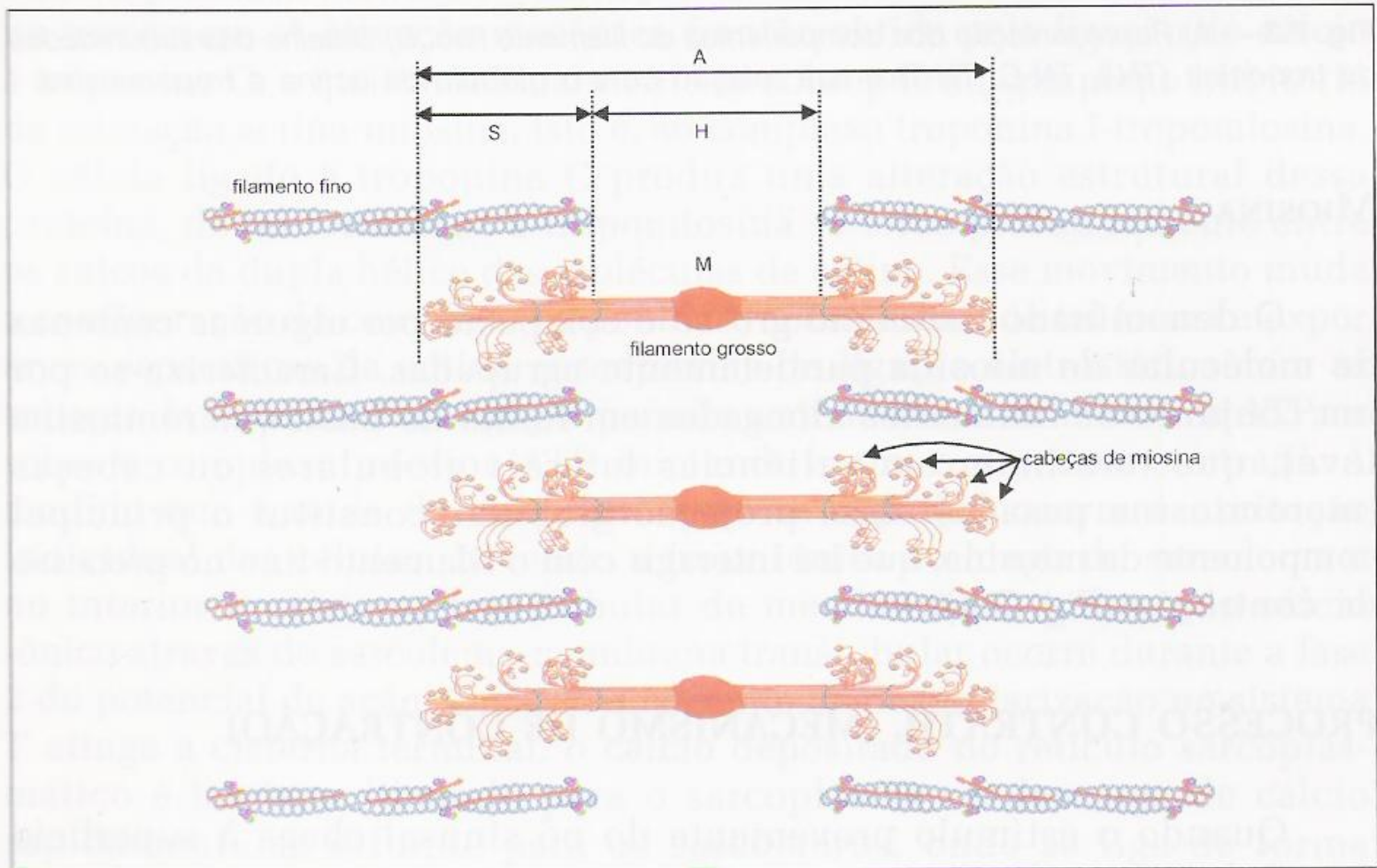


Fig. 7.2 — Relação estrutural do filamento fino (actina) com o filamento grosso (miosina).

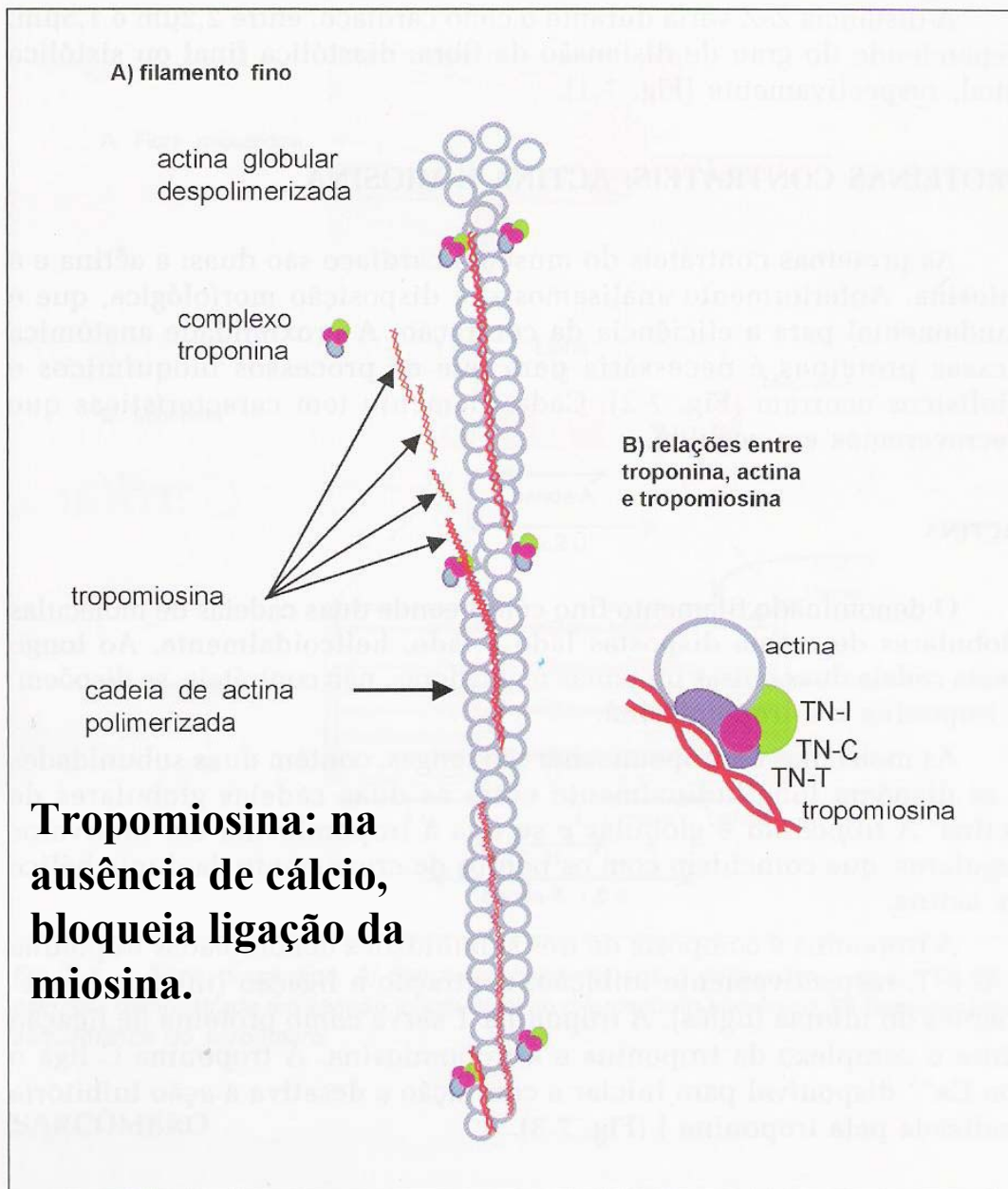


Fig. 7.3 — A) Representação dos componentes do filamento fino. B) Detalhe das subunidades da troponina (TN-I, TN-C, TN-T) e sua relação com o glóbulo da actina e tropomiosina.

Pontes cruzadas

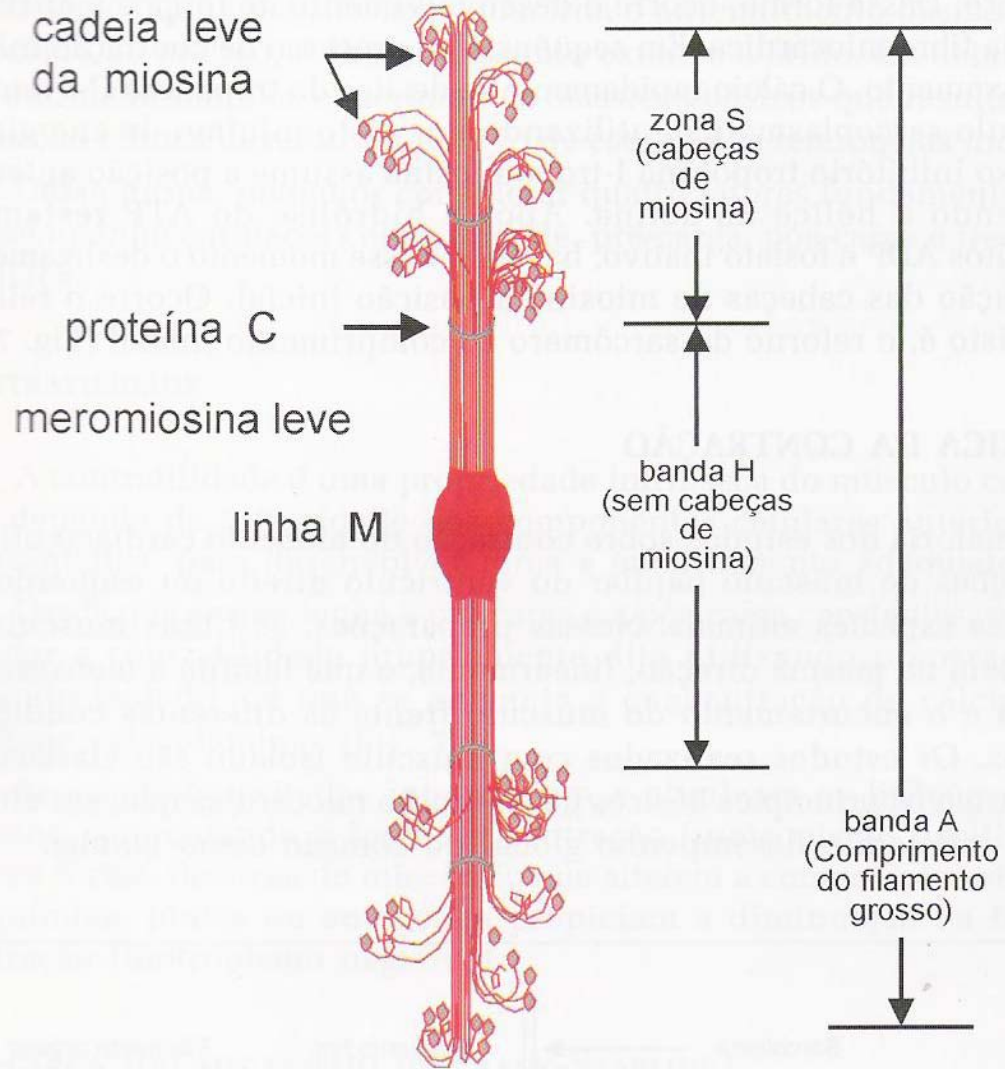
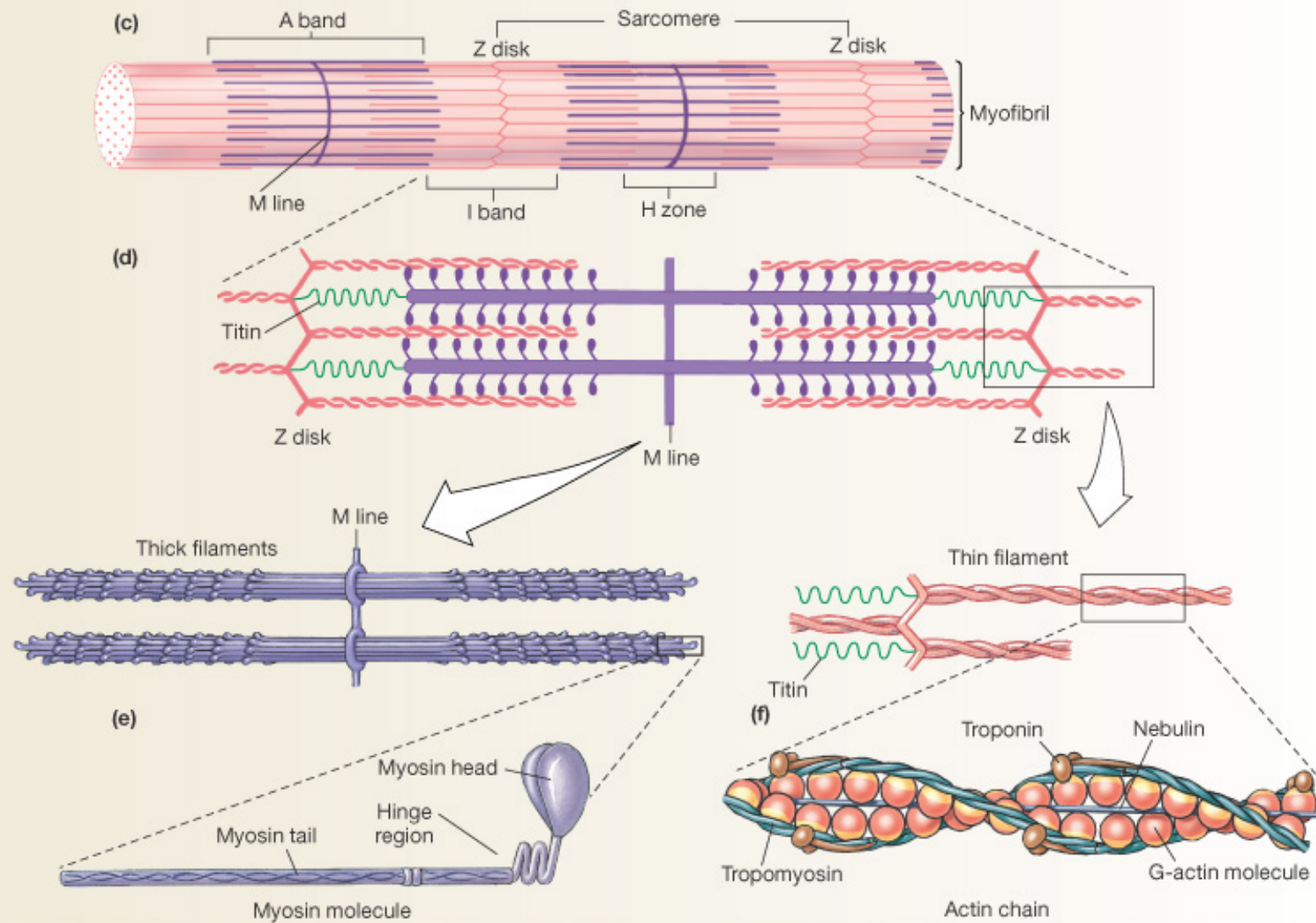


Fig. 7.4 — Representação tridimensional do filamento grosso.

ULTRASTRUCTURE OF MUSCLE FIBER



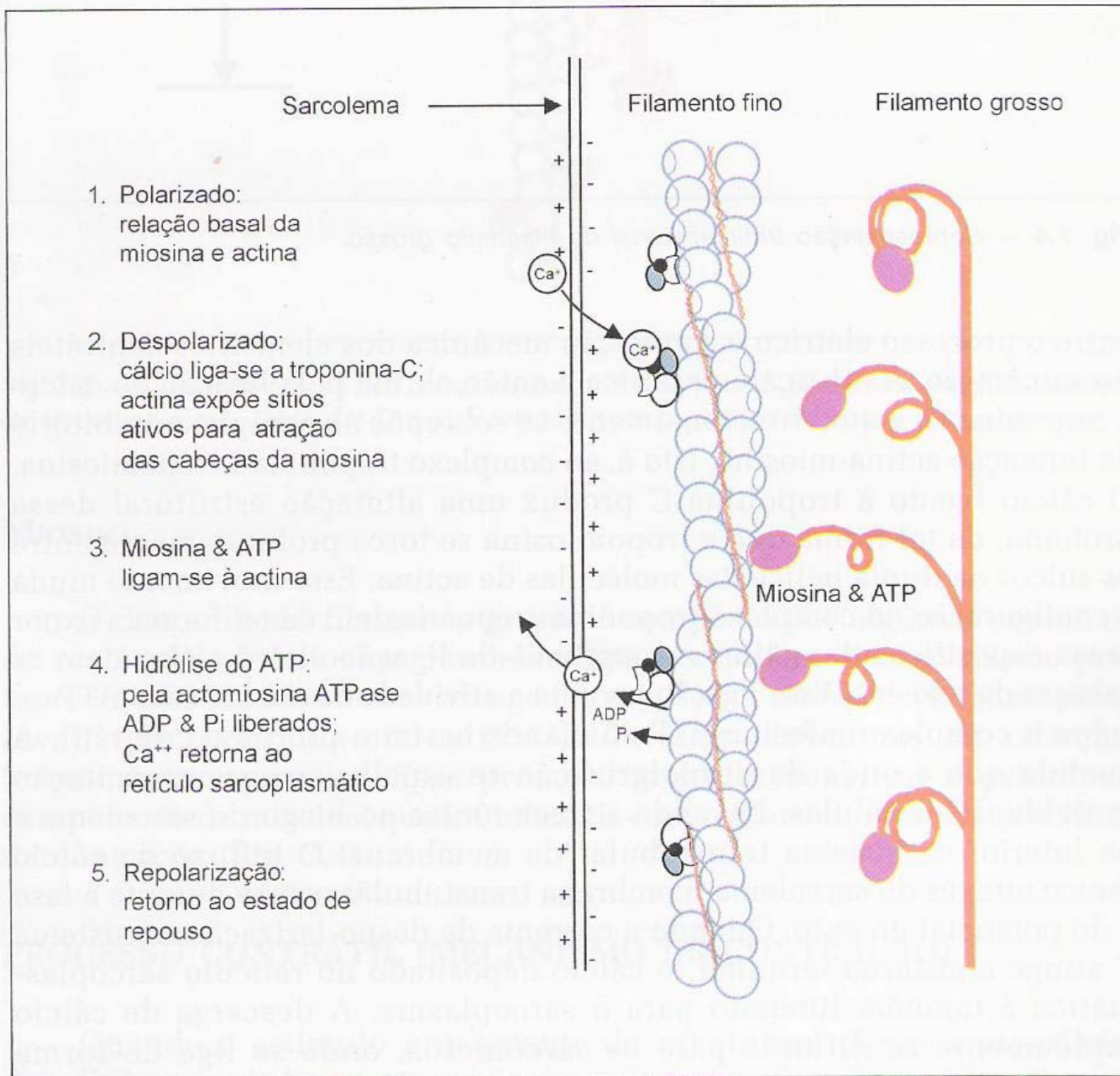


Fig. 7.5 — Seqüência dos eventos moleculares da contração miocárdica.

Contração do músculo cardíaco

- A contração muscular é resultado da ativação da miosina pela actina em resposta à elevação intracelular de cálcio.
- AMP cíclico: ativa várias quinases no sarcolema, ret. Sarcop., e complexo troponina/tropomiosina
 - A fosforilação acelera o seqüestro de cálcio, melhorando o relaxamento diastólico.
 - A formação do AMPc depende do consumo de ATP e é iniciada pela ativação dos receptores B-adrenérgicos.

Contratibilidade: função de bomba do coração

1. Músculo cardíaco
2. Sarcômero
3. Proteínas contráteis
4. Pré-carga e o mecanismo de Frank-Starling
5. Pós-carga, estresse de parede, Lei de Laplace

Débito Cardíaco

Medida de desempenho do coração

$$DC = FC \times \text{Volume sistólico}$$

$$FC=100\text{bpm} \quad VS=50\text{ml} > DC= 5 \text{ litros/min}$$

Determinantes:

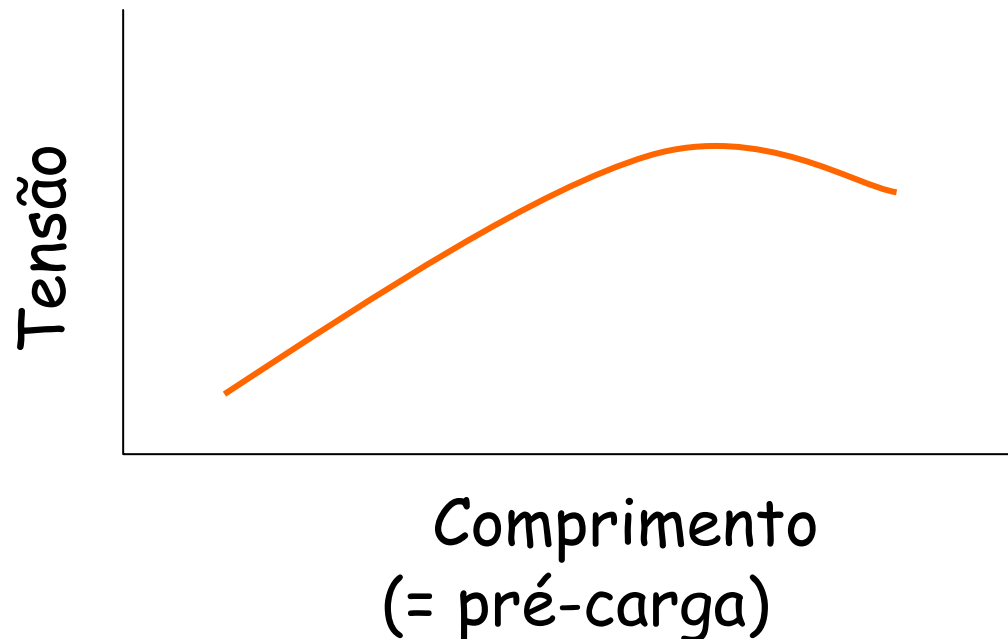
- **Frequência Cardíaca**
- **Contratilidade**
- **Pré-carga**
- **Pós-carga**

Volume sistólico

Regulação do Volume Sistólico

Pré-Carga

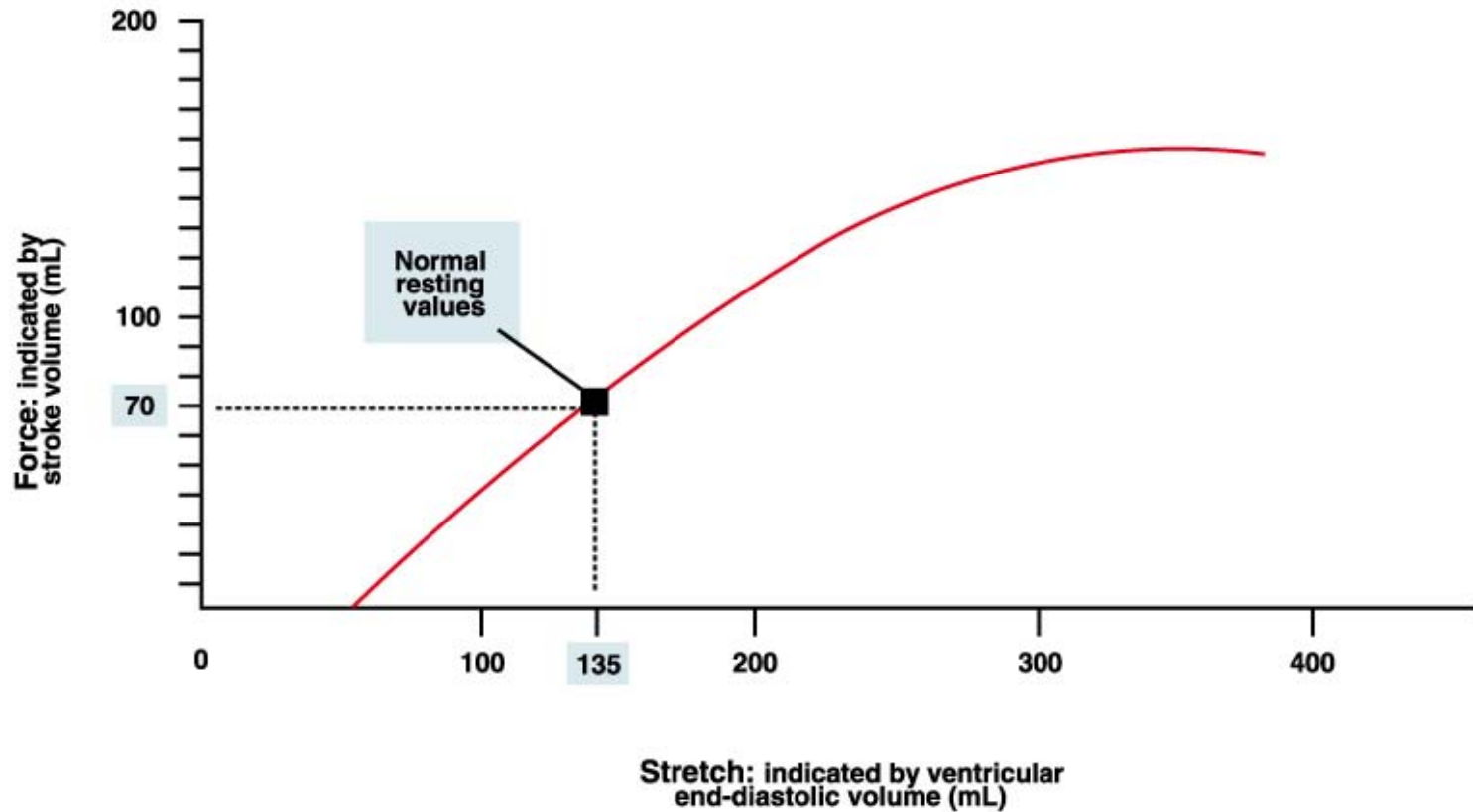
Lei de Frank-Starling - a energia de contração é proporcional ao **comprimento inicial** da fibra cardíaca



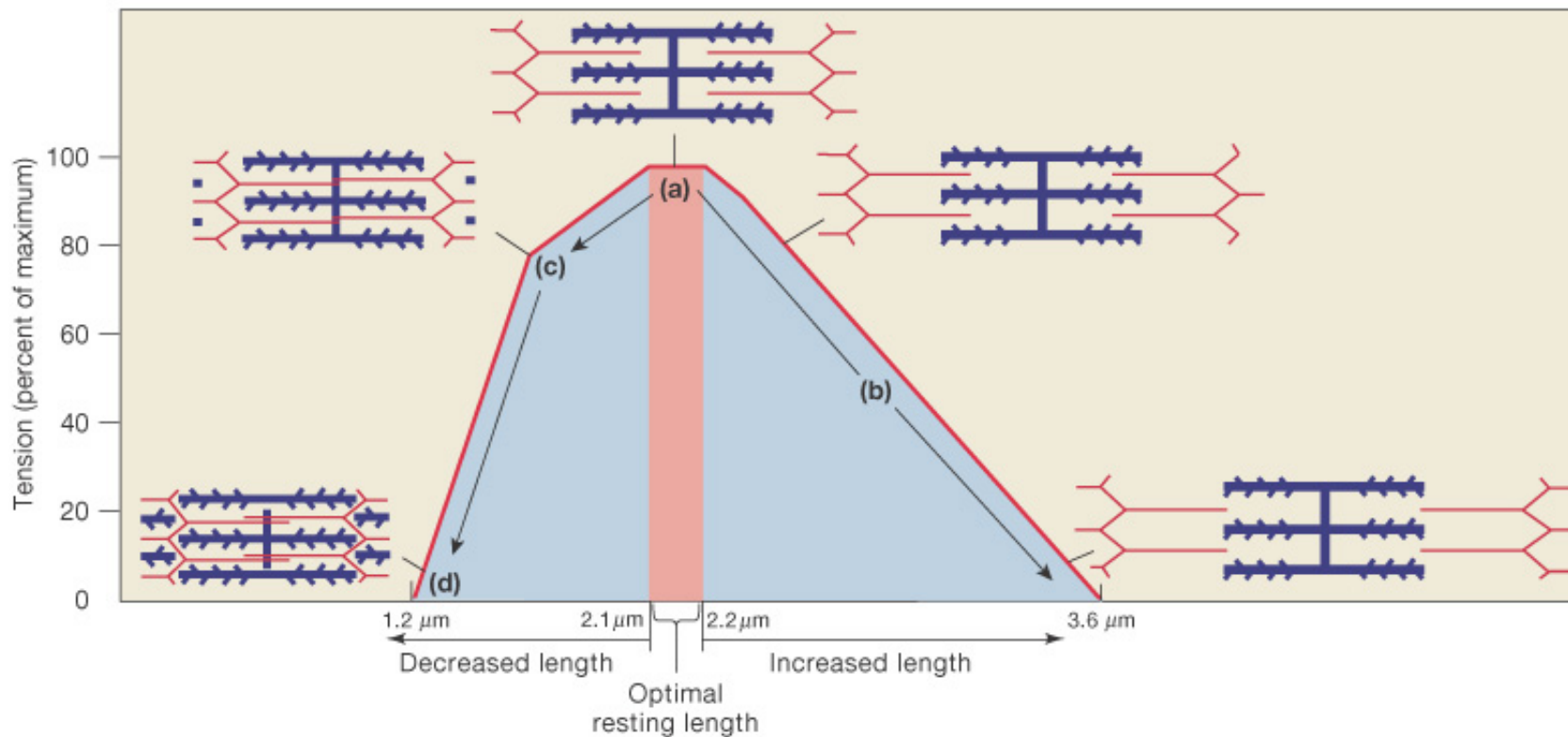
Pré-carga

- Definida como a tensão exercida na parede ventricular após a contração atrial.
- Depende do retorno venoso.
- Determina o grau de estiramento do sarcômero no final da diástole.
- Quanto maior o estiramento, maior o número de sítios onde haverá acoplamento actina-miosina (até um limite).
- Depois de um limite, a capacidade contrátil passa a declinar.

Lei de Frank-Starling



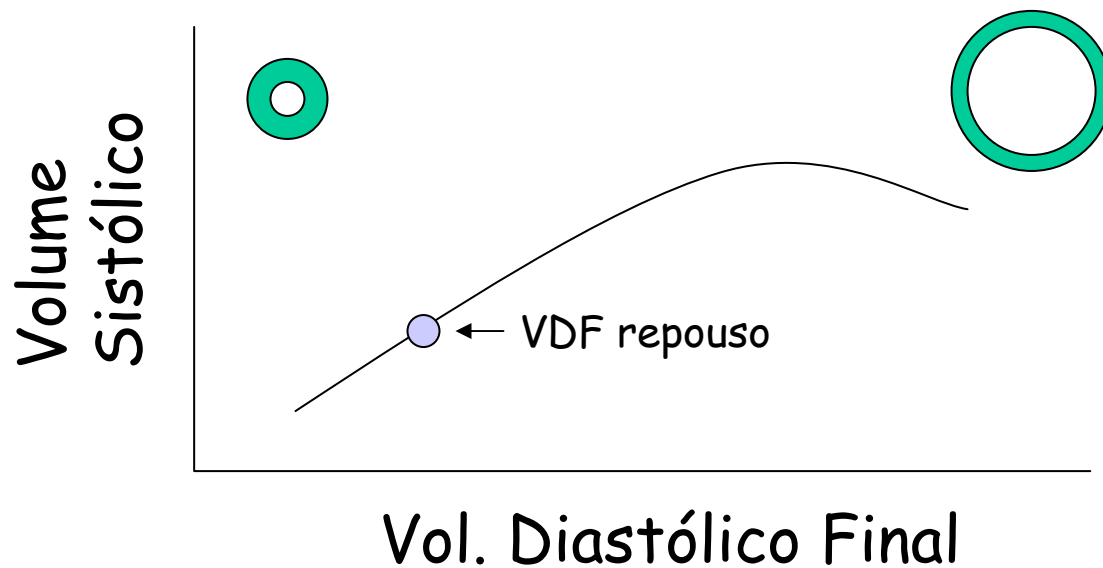
Frank-Starling e comprimento ótimo do sarcômero



Regulação do Volume Sistólico

Pré-carga

A pré-carga é afetada pelo **Volume Diastólico Final**



Aumento do retorno venoso → aumento do VDF
→ aumento do Volume Sistólico = auto-regulação

Mecanismo de Frank-Starling

- Maior interação dos filamentos actina/miosina.
- Alteração na cinética do cálcio: maior entrada do íon pelo sarcolema, maior liberação via retículo sarcoplasmático ou intensificação da afinidade da troponina C.

Contratilidade: função de bomba do coração

1. Músculo cardíaco
2. Sarcômero
3. Proteínas contráteis
4. Pré-carga e o mecanismo de Frank-Starling
5. **Pós-carga, estresse de parede, Lei de Laplace**

Pós-carga

- Definida como a carga contra a qual o coração contrai durante a sístole.
- Depende da complacência arterial e da resistência que determina a pressão arterial.
- Na prática clínica, a P.A. pode ser usada como parâmetro para estimar-se a pós-carga, sem que haja estenose aórtica ou alteração da complacência arterial.
- A pós-carga determina um estresse na parede ventricular.

Estresse na parede ventricular

- Definido como a tensão aplicada a uma determinada área.
- Lei de Laplace:

Estresse: <u>Pressão X Raio</u>
2 X espessura
- Estresse
 - quanto maior a cavidade (raio)
 - quanto maior a pressão intraventricular
 - explica a hipertrofia compensatória
 - aumento do consumo de O₂ pelo miocárdio

Regulação do Volume Sistólico

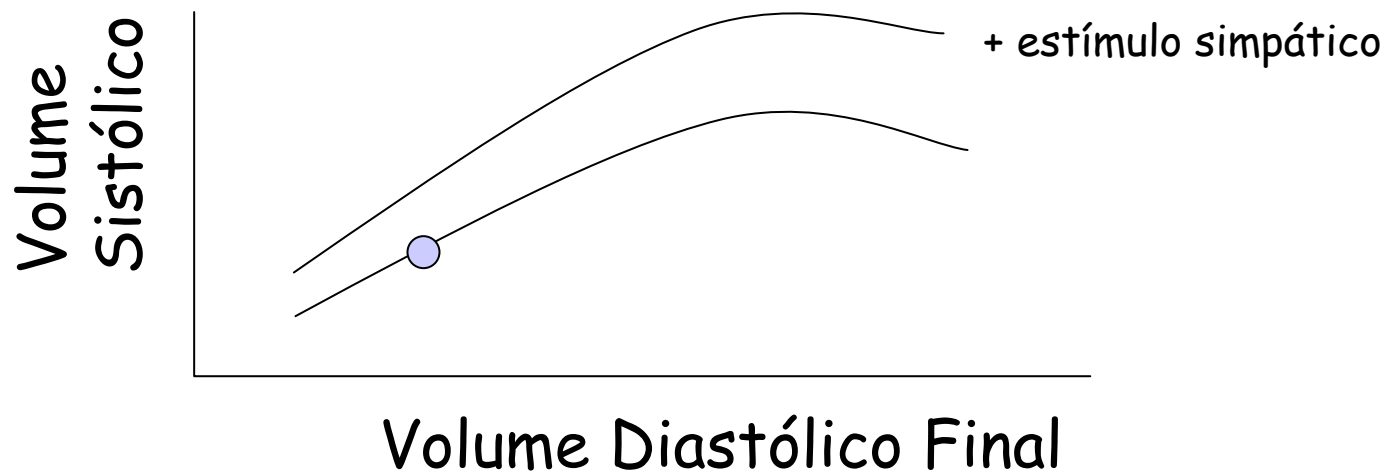
Pós-carga

- **Pós-carga** é a carga contra a qual o músculo cardíaco tenta se contrair
- *In vivo*, a pós-carga é dada pela pressão arterial contra a qual o sangue é ejetado (**Resistência Vascular Periférica**)
- Se a RVP aumenta, o volume sistólico diminui

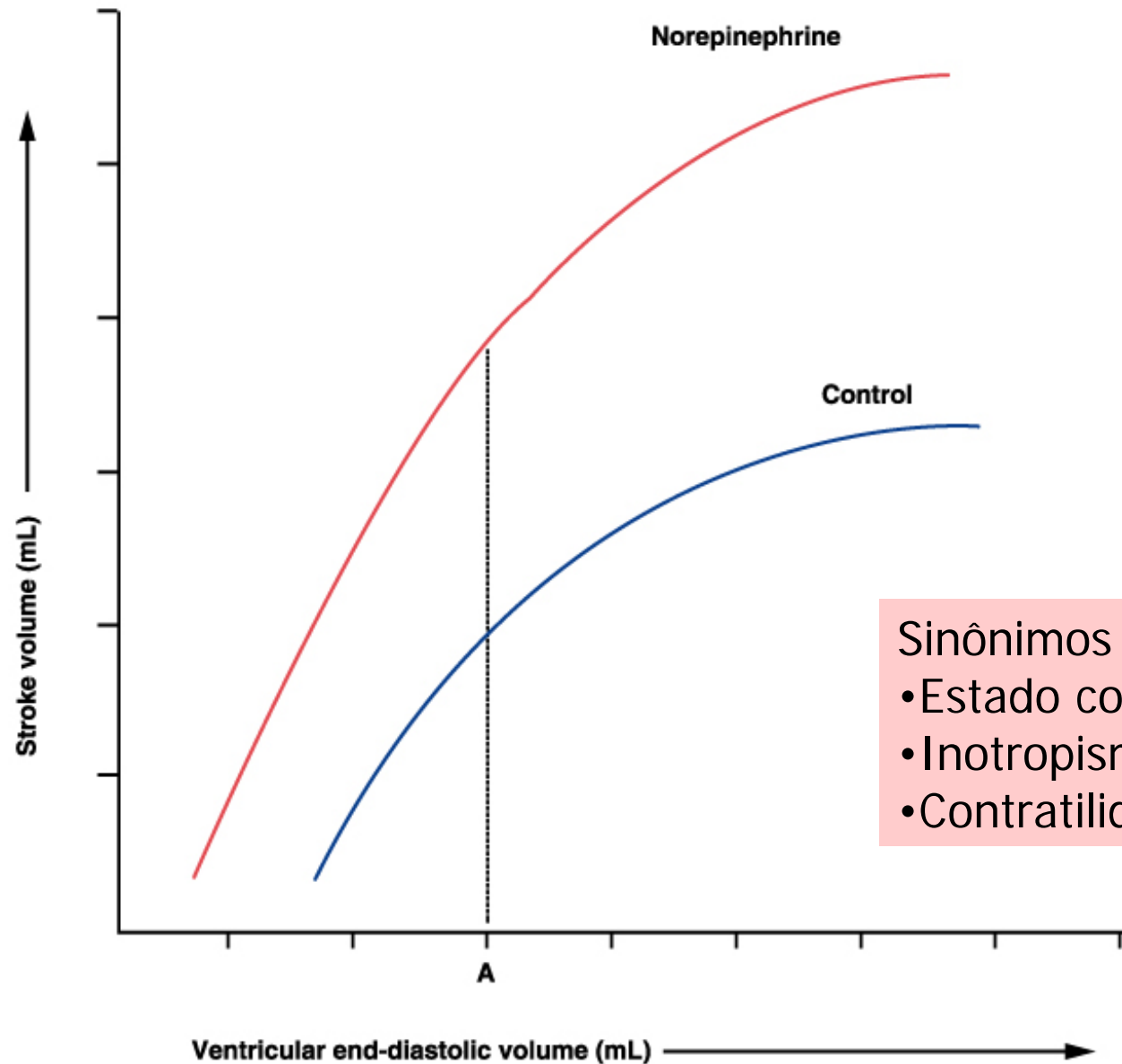
Regulação Neural do Volume Sistólico

- Sistema Nervoso Simpático

- Terminações nervosas liberam noradrenalina
- + adrenalina da medula adrenal
- Ambas agem sobre os receptores β_1 dos miócitos
- Aumento da contratilidade (efeito inotrópico positivo)
- Contrações fortes e de curta duração
- Sistema Nervoso Parasimpático : pouco efeito sobre o contratilidade



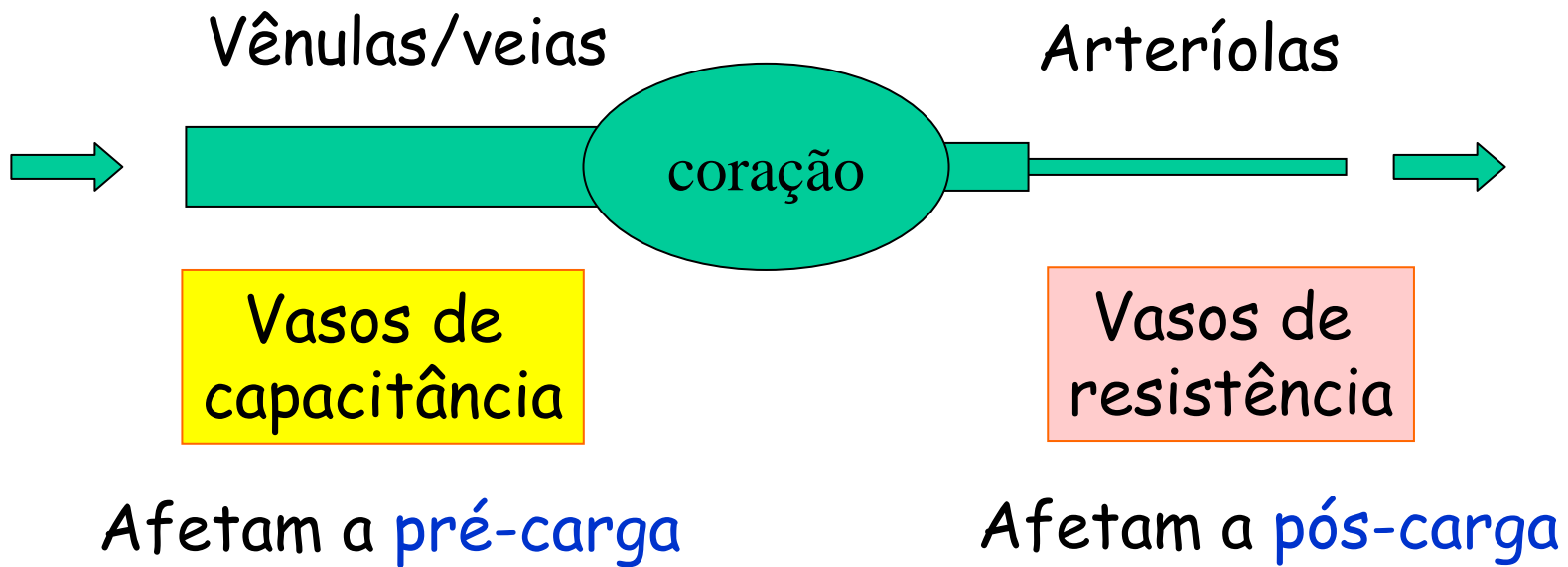
Estímulo simpático e Frank-Starling



Sinônimos

- Estado contrátil
- Inotropismo
- Contratilidade

Pré-carga e Pós-carga



Referências bibliográficas

- Chagas ACP, Faria Neto JR. Contratilidade: função de bomba do coração. In: Timerman A, César LAM (Eds). Manual de cardiologia: SOCESP. São Paulo: Editora Atheneu, 2000.
- Faraj M. As bases fisiológicas do aparelho cardiovascular. In: Pádua Fo., Barbosa MM, Chula ED (Eds). Cardiologia: Sociedade Mineira de Cardiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. Cap. 2, p.12-21.
- Lage SG. Fisiopatologia da contração miocárdica e falência cardíaca. In: Silva MR. Fisiopatologia cardiovascular. São Paulo: Editora Atheneu, 2000. Cap. 7, p. 103-113.