

Sistemas Circulatórios

[3]

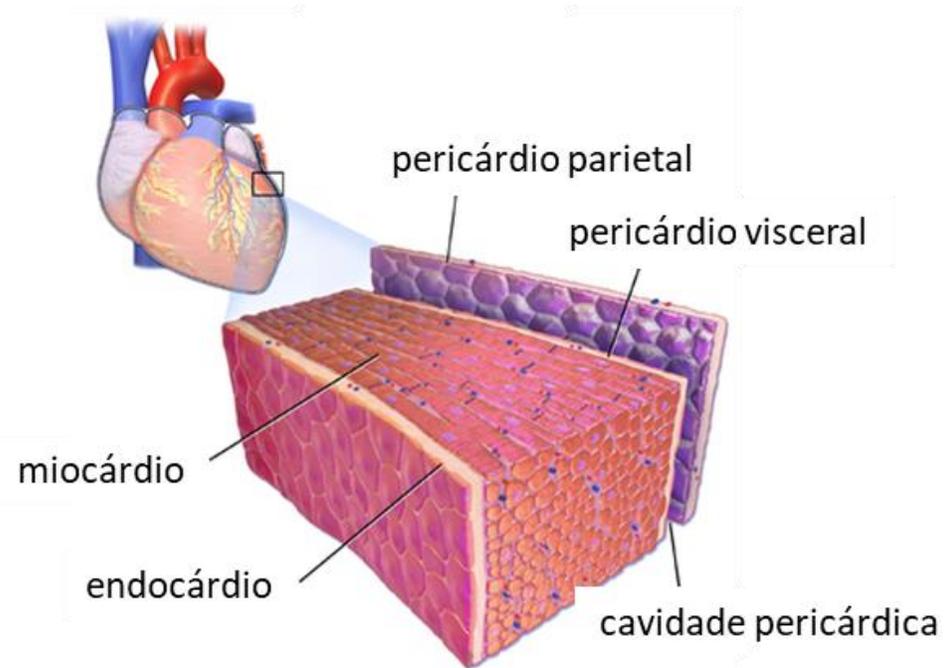
Assuntos

- Revisão anatômica do coração
- O coração elétrico
- Diagrama de Wiggers
- O coração mecânico

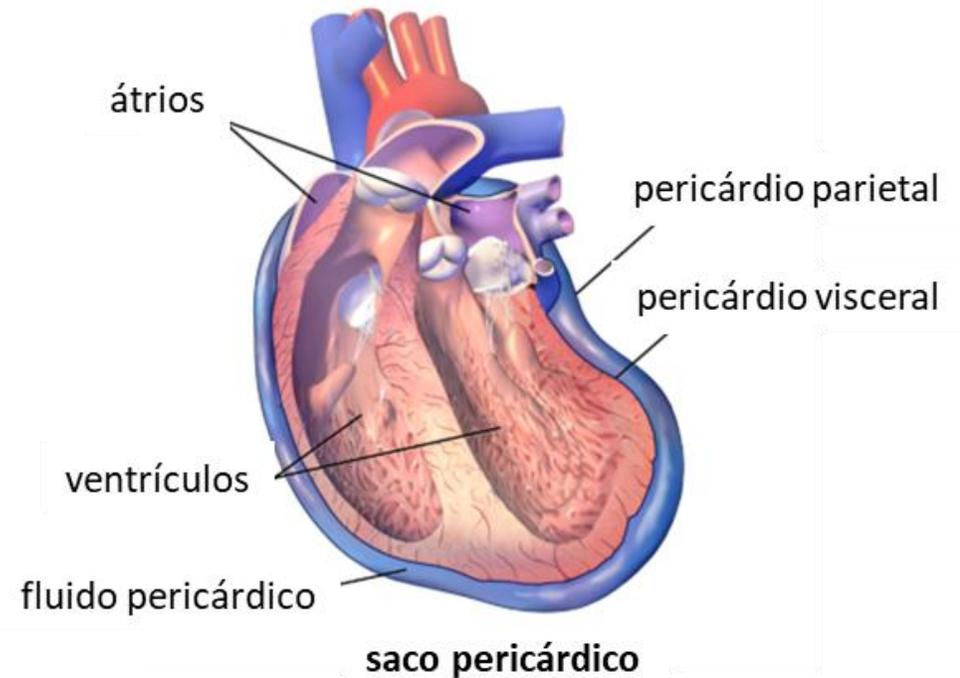
Anatomia do coração

Anatomia e histologia gerais

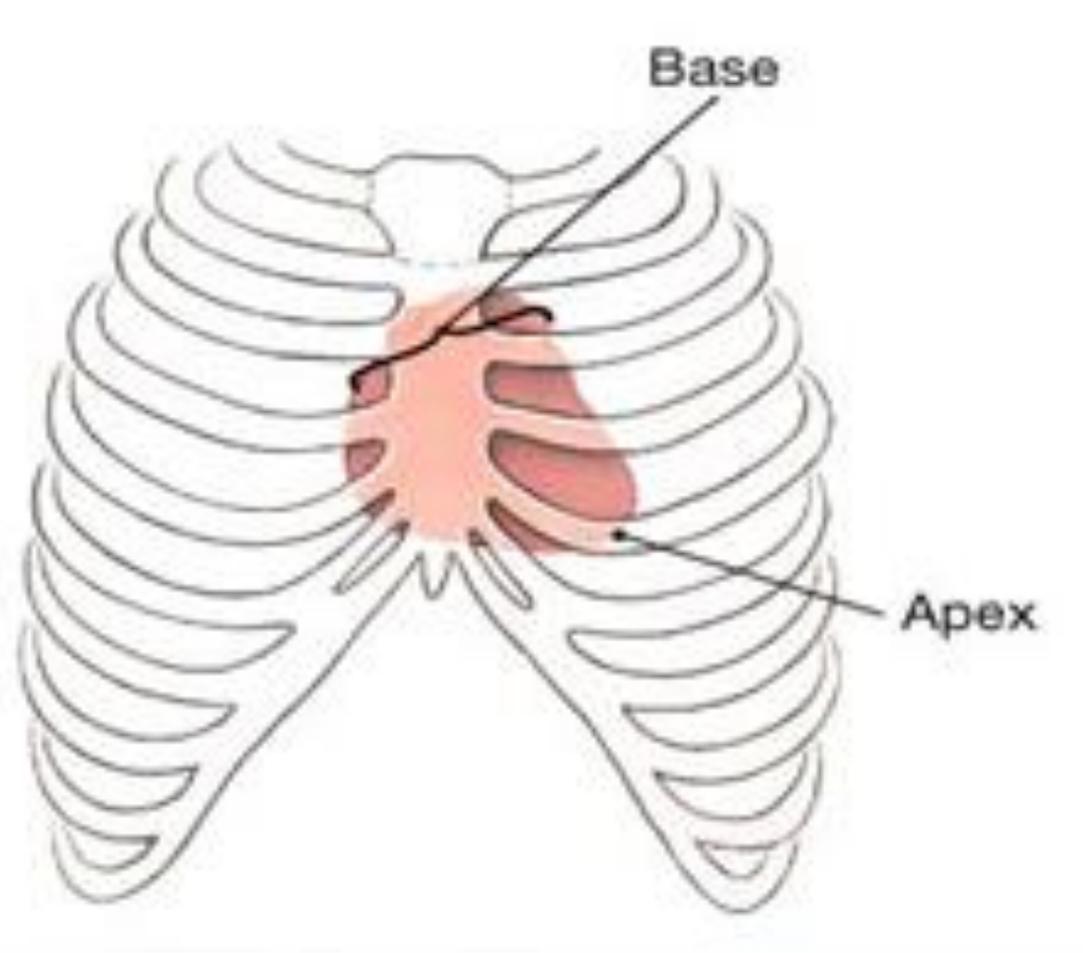
A



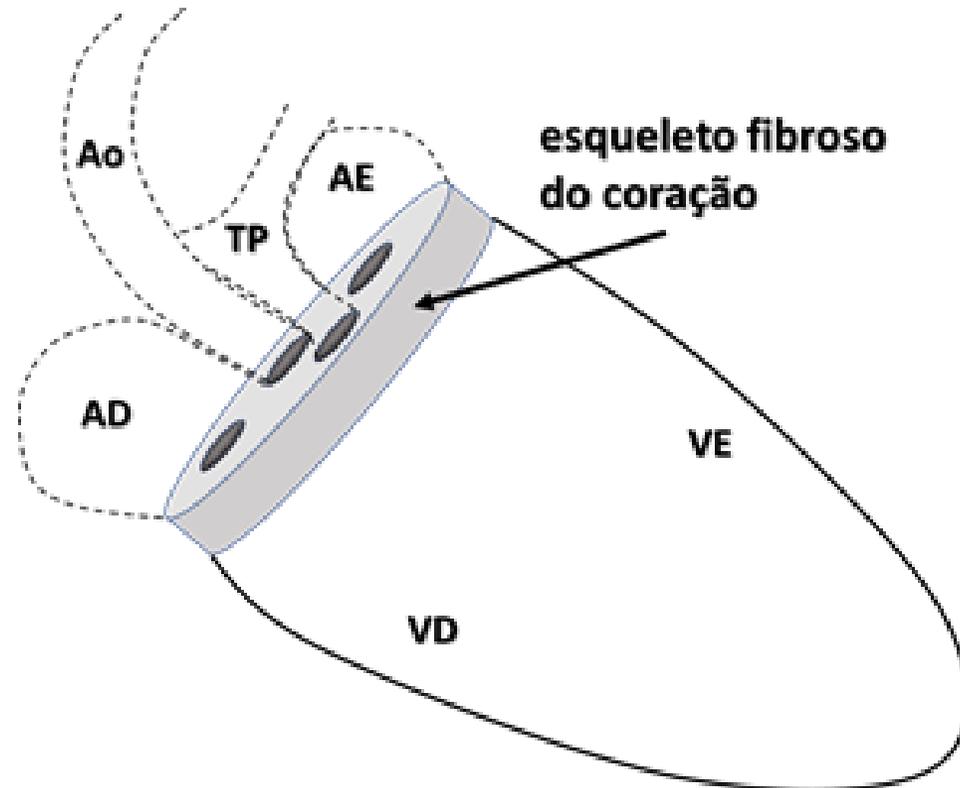
B



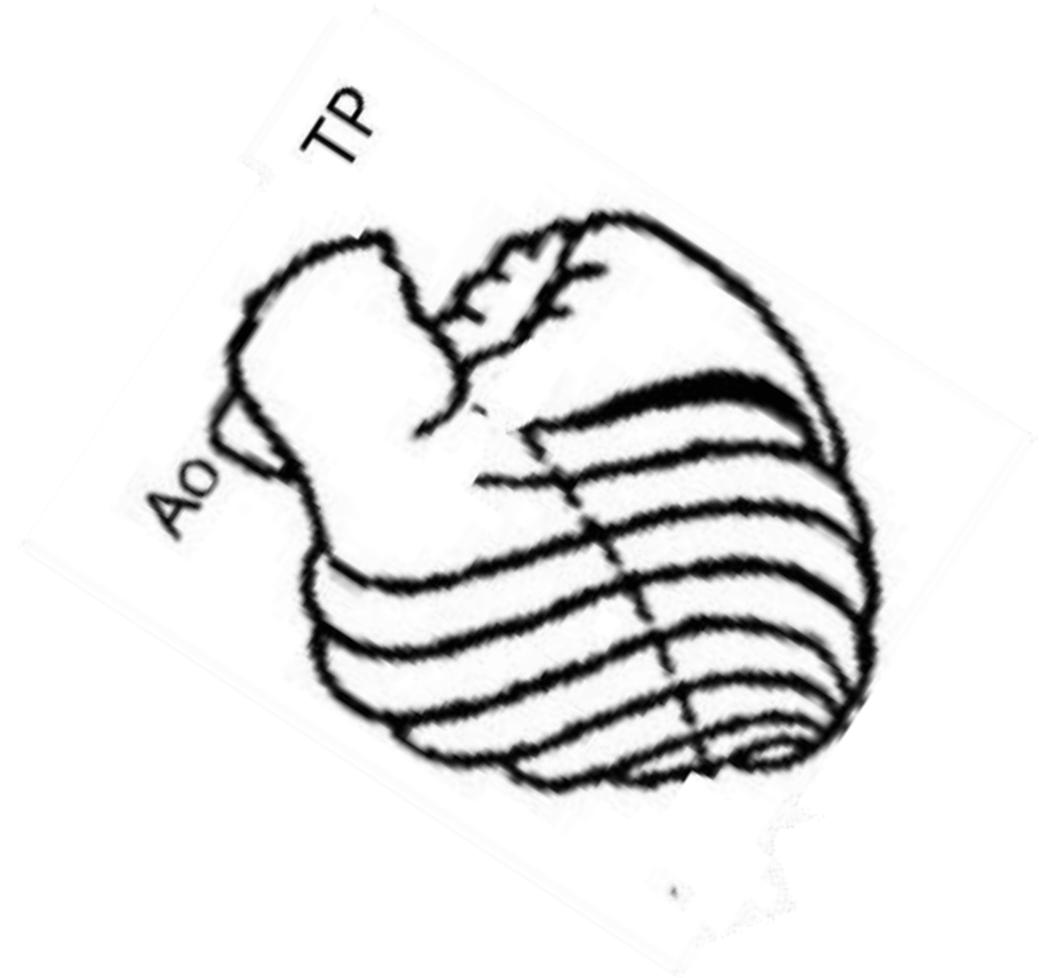
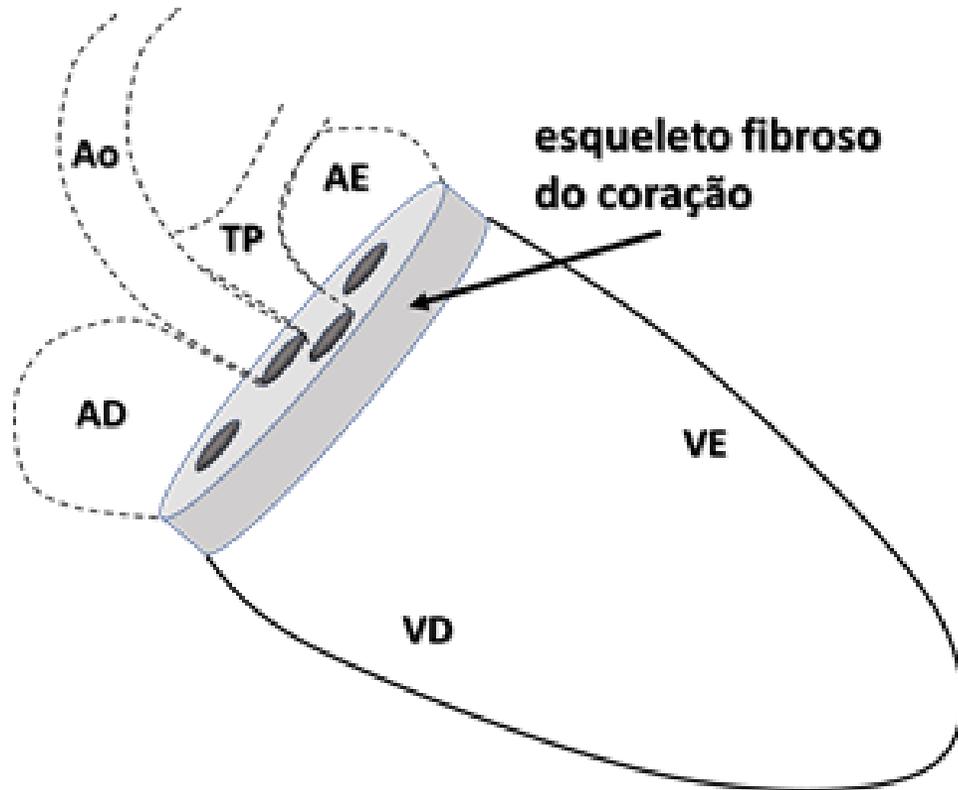
Ápice e base: o coração como músculo estriado



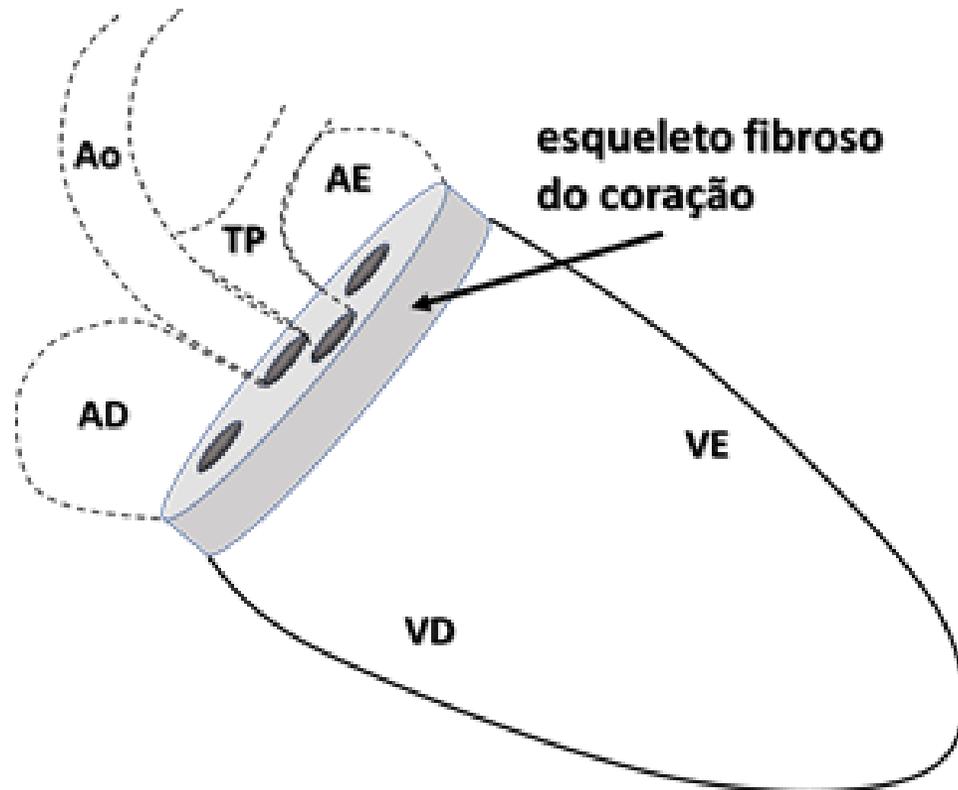
Ápice e base: o coração como músculo estriado



Ápice e base: o coração como músculo estriado – origem e inserção das fibras



Ápice e base: o coração como músculo estriado – funções do esqueleto fibroso



- apoio mecânico (origem e inserção das fibras miocárdicas)
- isolamento elétrico entre átrios e ventrículos

O coração elétrico

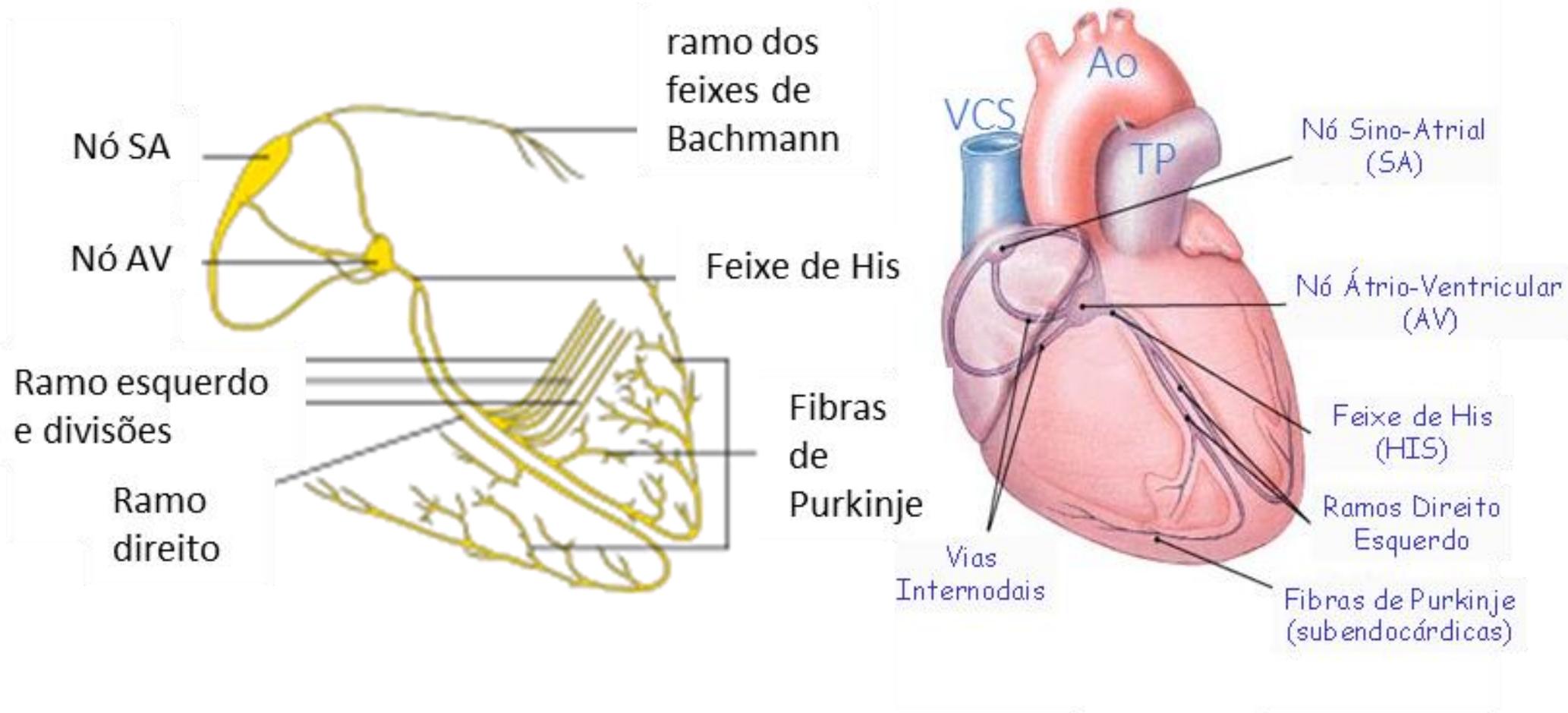
Estímulo elétrico para a contração

- Coração de Vertebrados é **miogênico**: não necessita de estimulação via neural para induzir a contração da musculatura.
- Isso significa que há estimulação rítmica para contração mesmo em um coração desnervado.
- O sistema nervoso apenas modula a atividade do miocárdio, via SNA, em termos da frequência cardíaca, força de contração e velocidade da condução do estímulo.

O sistema condutor especializado

- Células do miocárdio perdem a função contrátil e passam a gerar e conduzir impulsos elétricos

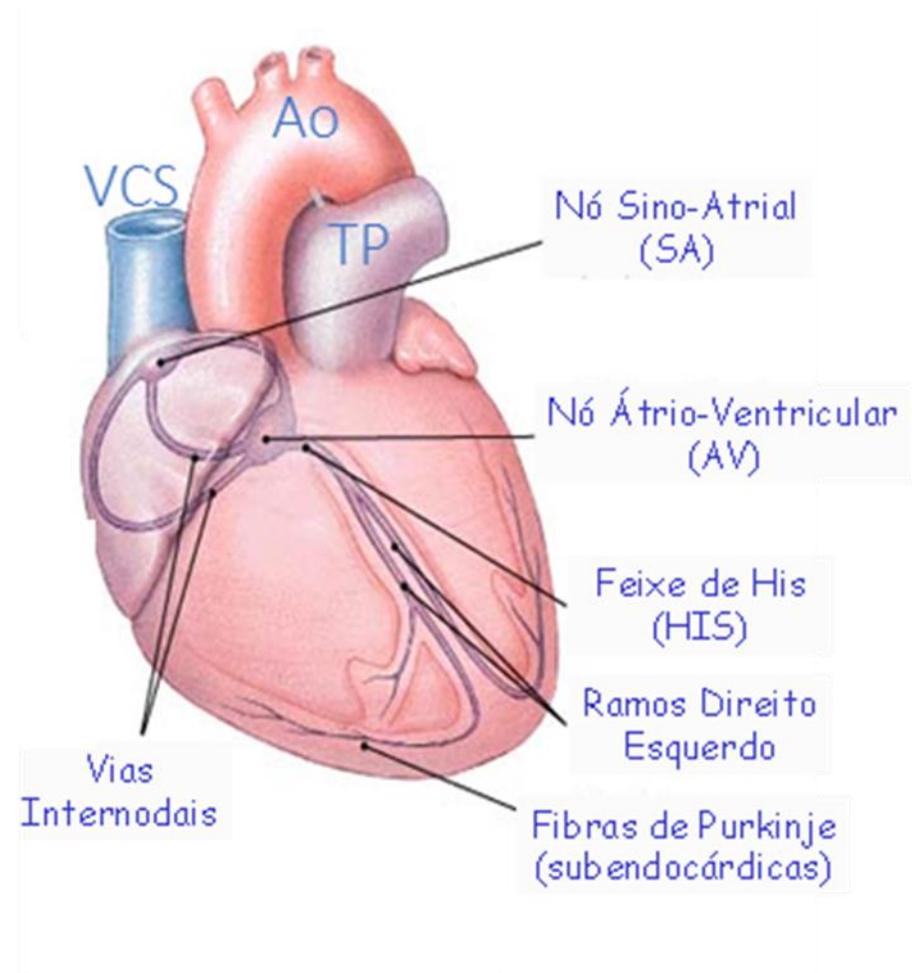
O sistema condutor especializado



O sistema condutor especializado

O coração se contrai de maneira rítmica (e constante) em aves e mamíferos.

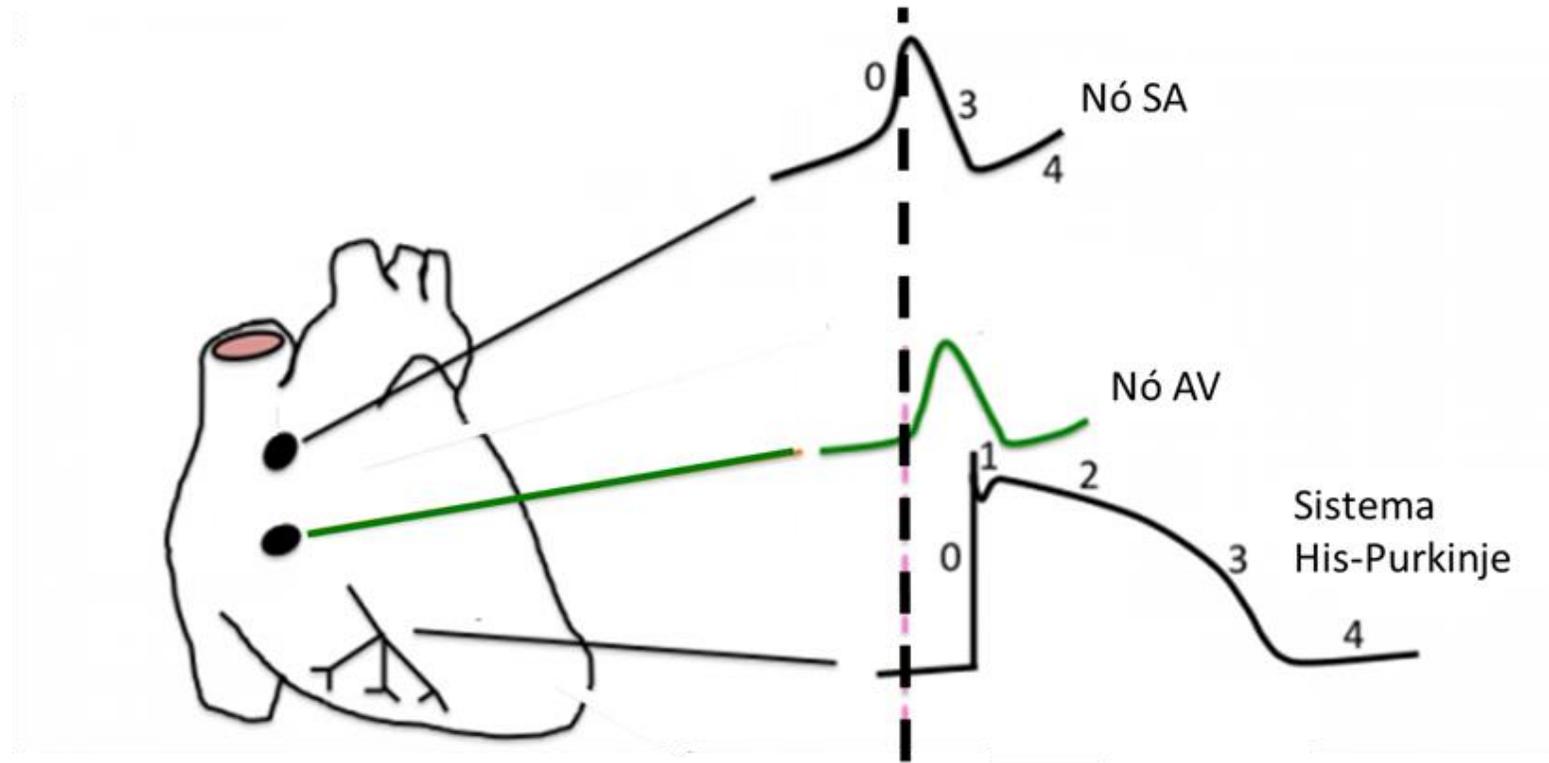
1. Como o ritmo é gerado?
2. Qual grupo de células comanda este ritmo?



O sistema condutor especializado

O coração se contrai de maneira rítmica (e constante) em aves e mamíferos.

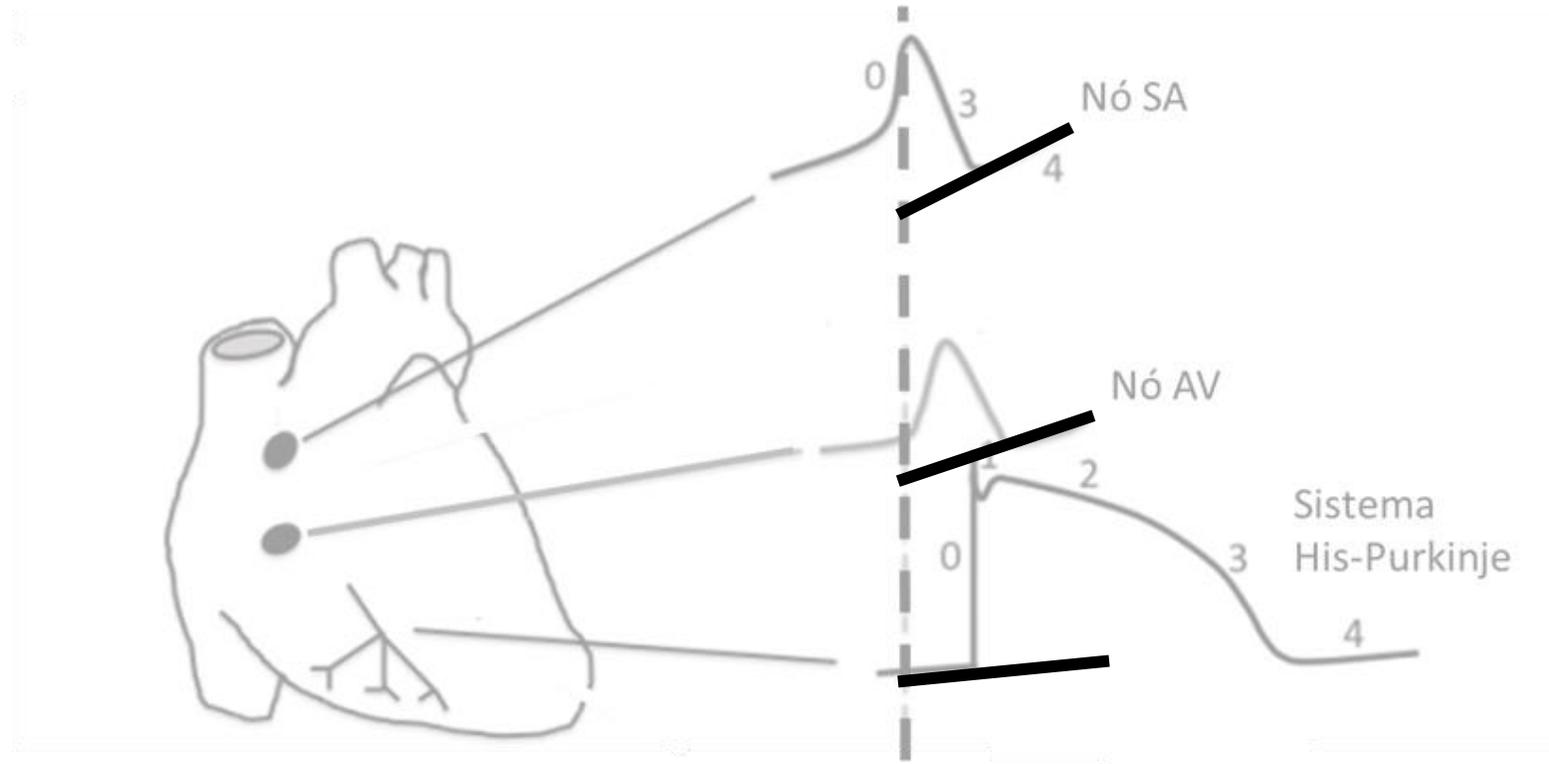
1. Como o ritmo é gerado?
2. Qual grupo de células comanda este ritmo?



O sistema condutor especializado

O coração se contrai de maneira rítmica (e constante) em aves e mamíferos.

1. Como o ritmo é gerado?
2. Qual grupo de células comanda este ritmo?

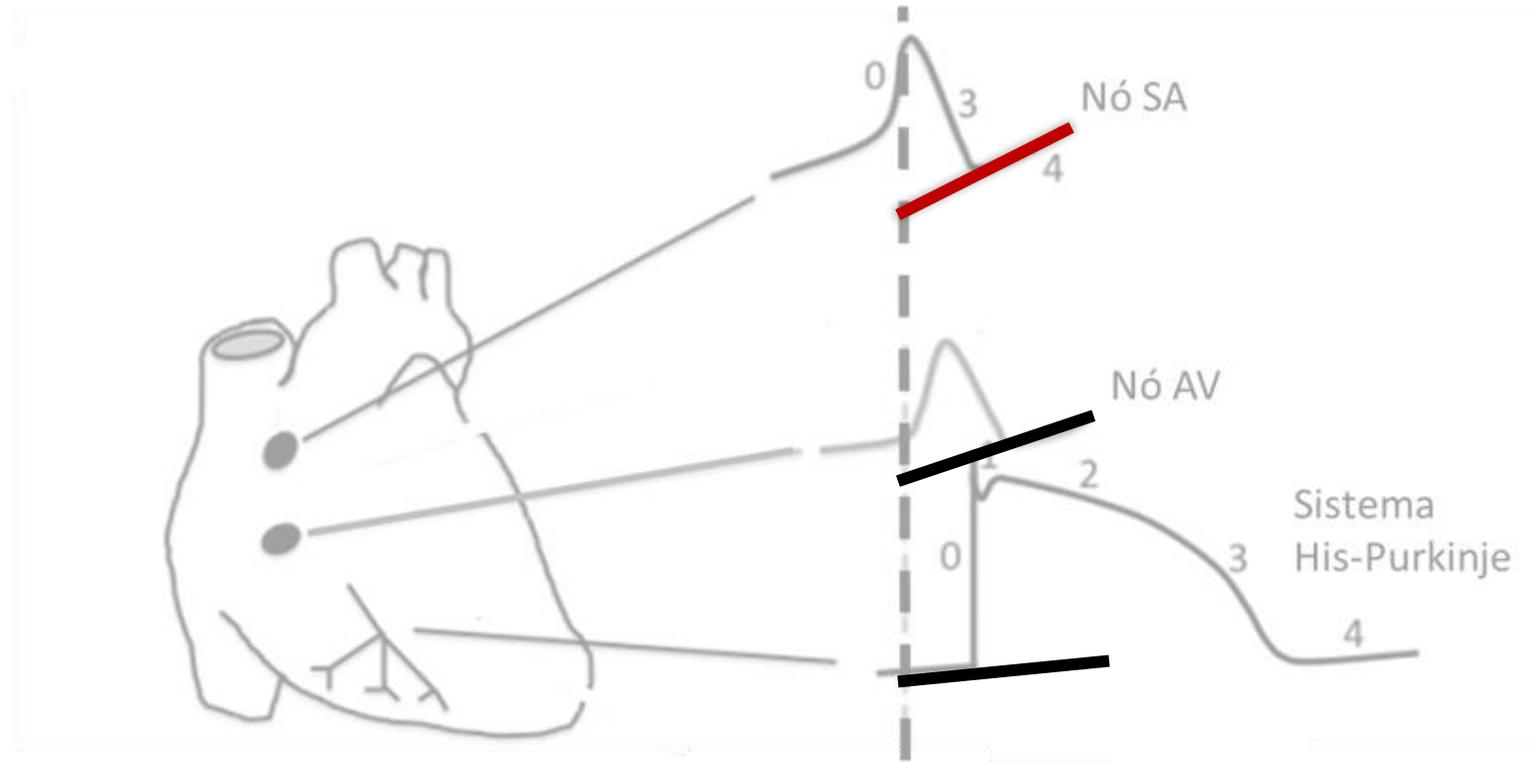


O sistema condutor especializado

O coração se contrai de maneira rítmica (e constante) em aves e mamíferos.

1. Como o ritmo é gerado?
2. Qual grupo de células comanda este ritmo?

o nó sinoatrial é o marcapasso fisiológico do coração pois é ele que tem a frequência natural de disparo mais elevada

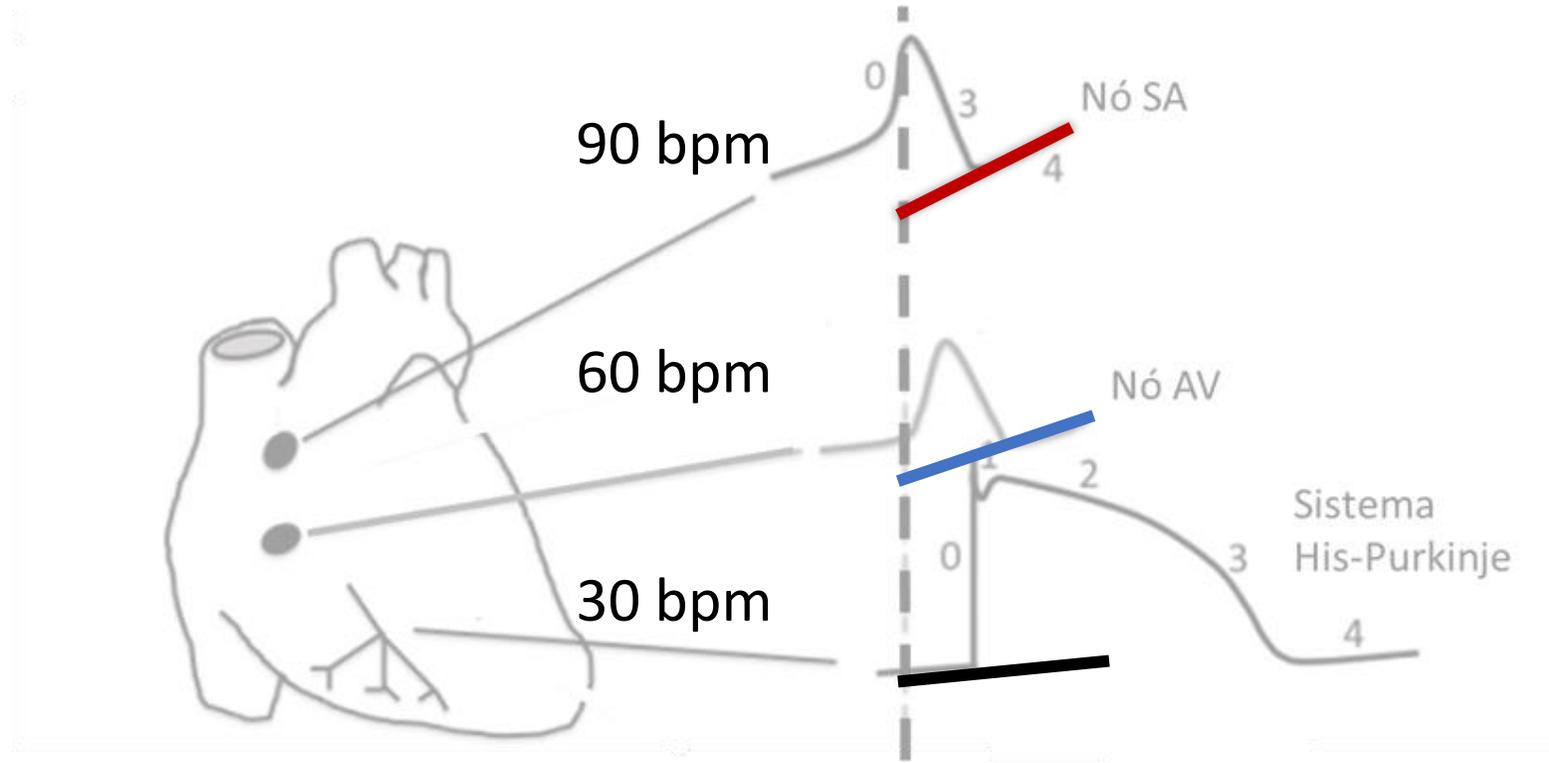


O sistema condutor especializado

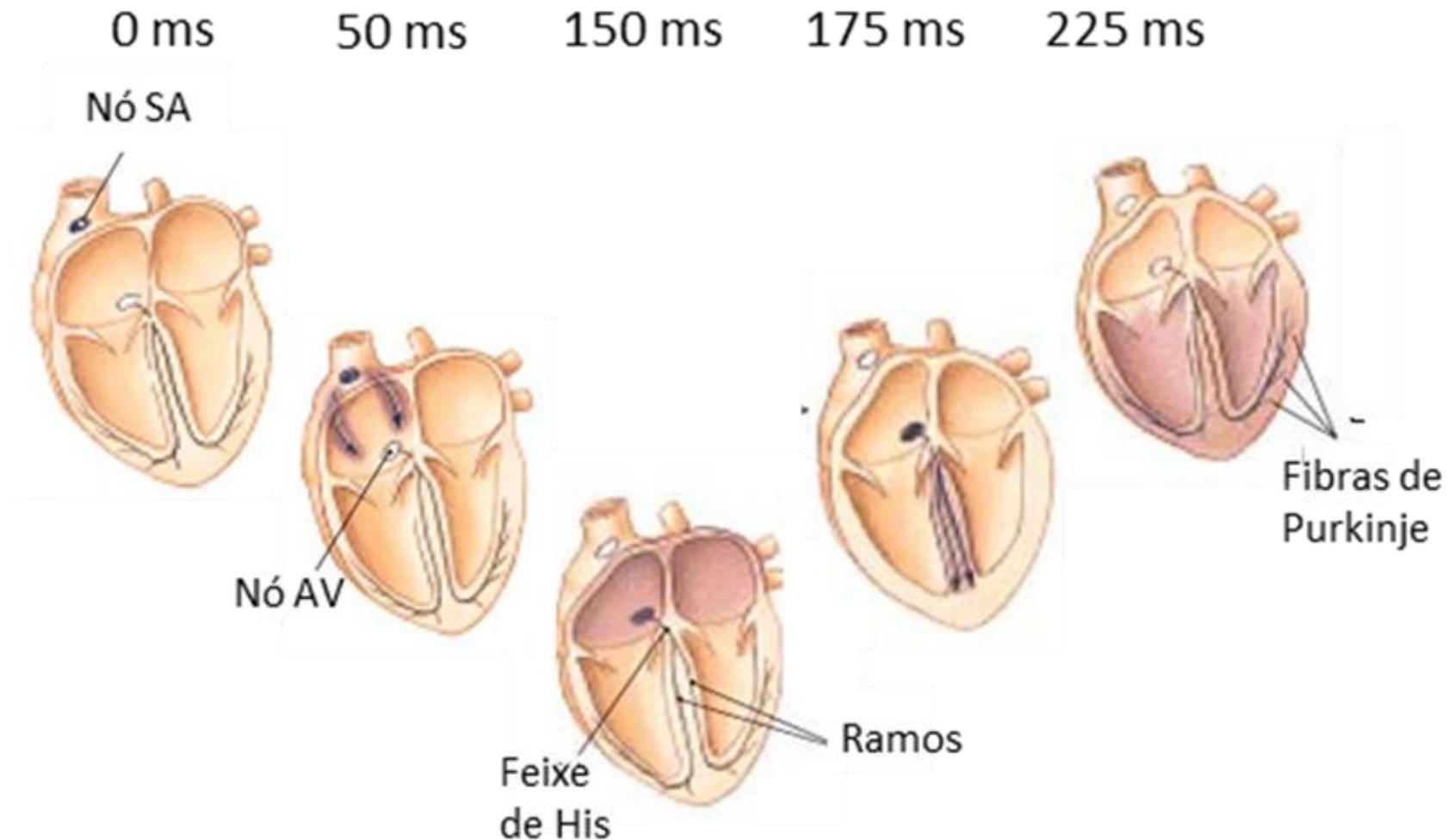
Um fator de segurança (?)

Se o nó AS deixa de funcionar, o nó AV assume.

Se o nó AV deixa de funcionar, His-Purkinje assume

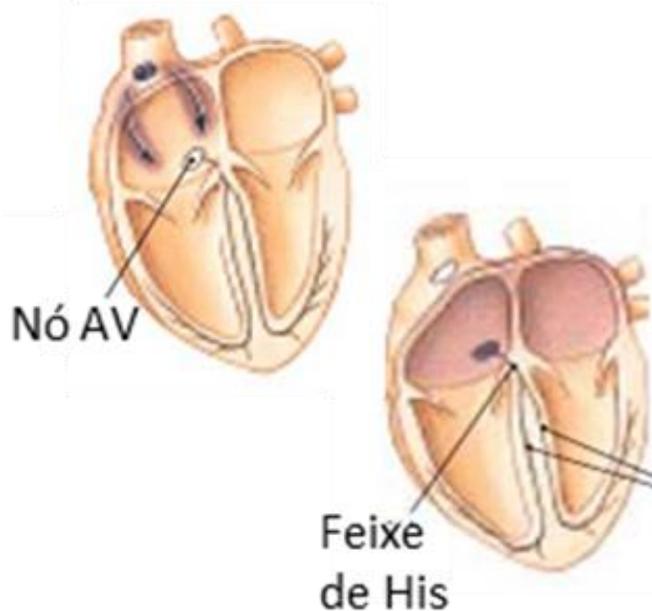


O sistema condutor especializado – propagação do estímulo

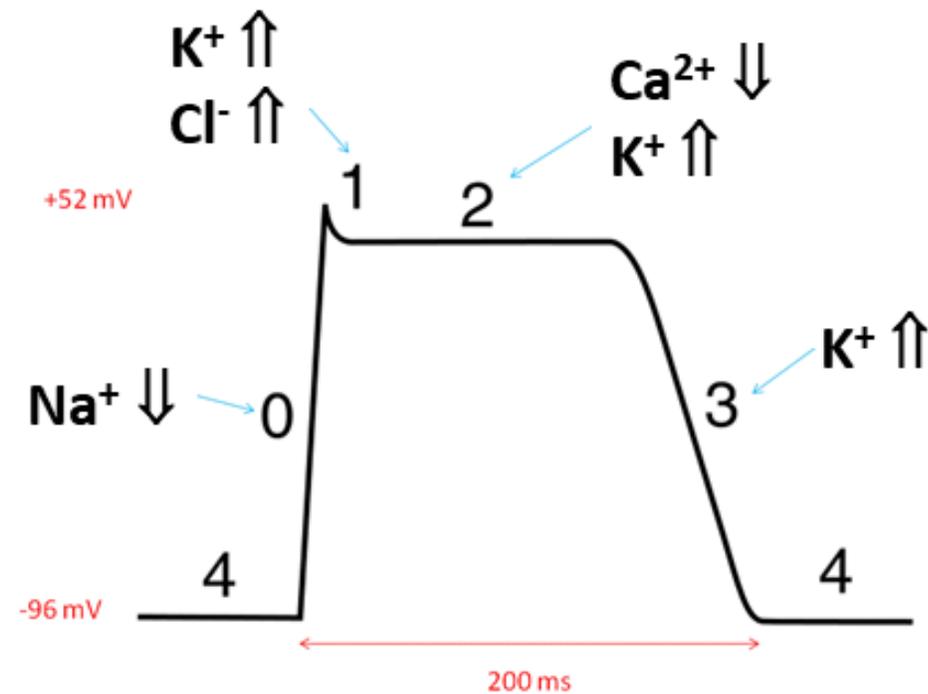


O sistema condutor especializado – o atraso no nó AV

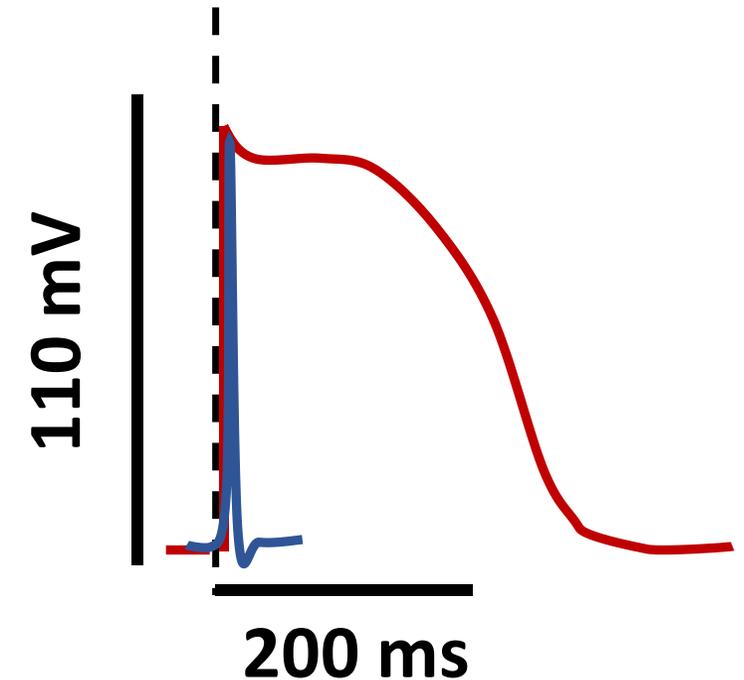
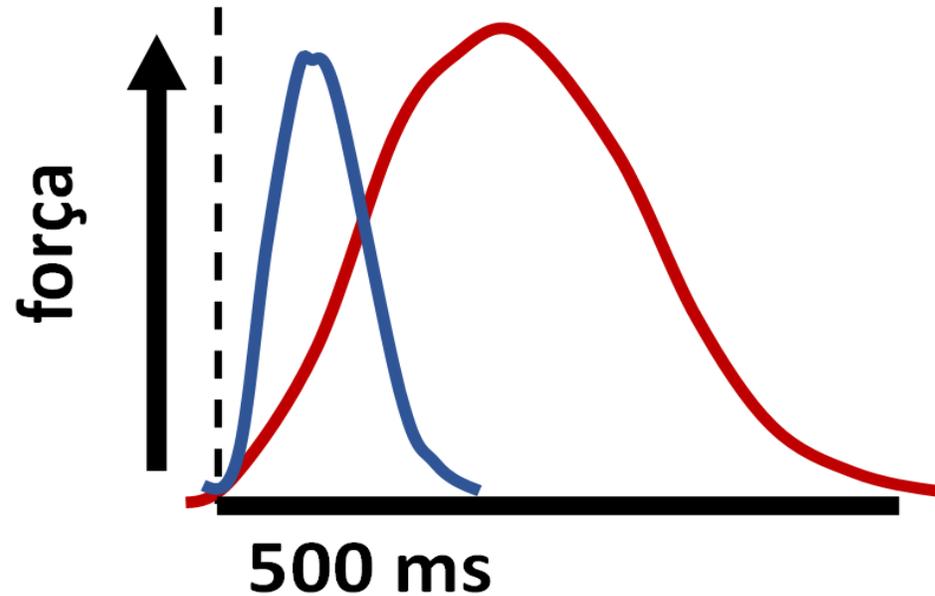
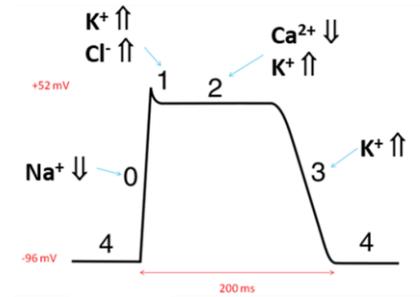
50 ms 150 ms



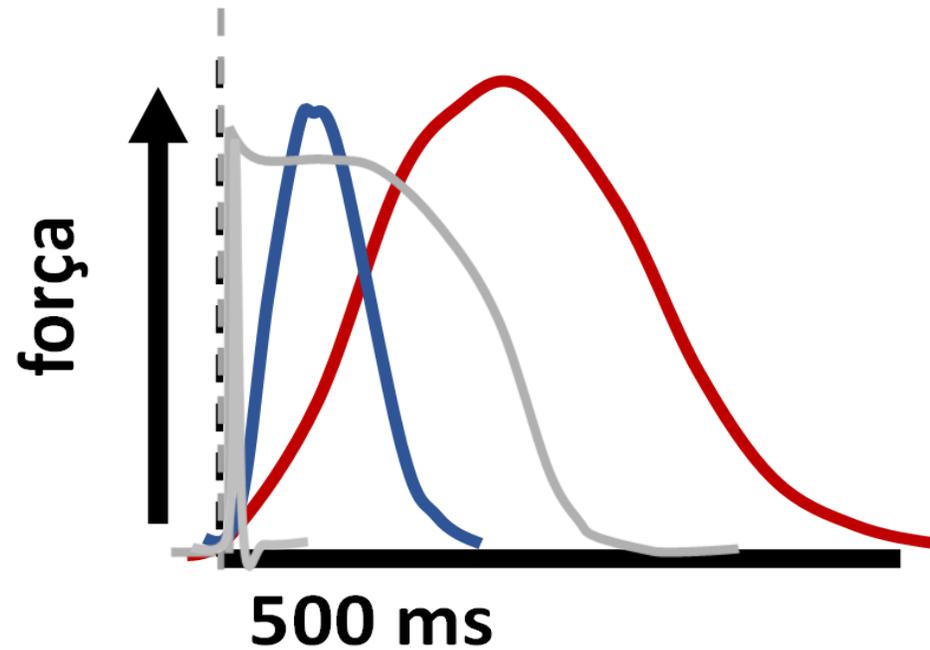
O potencial de ação no miocárdio



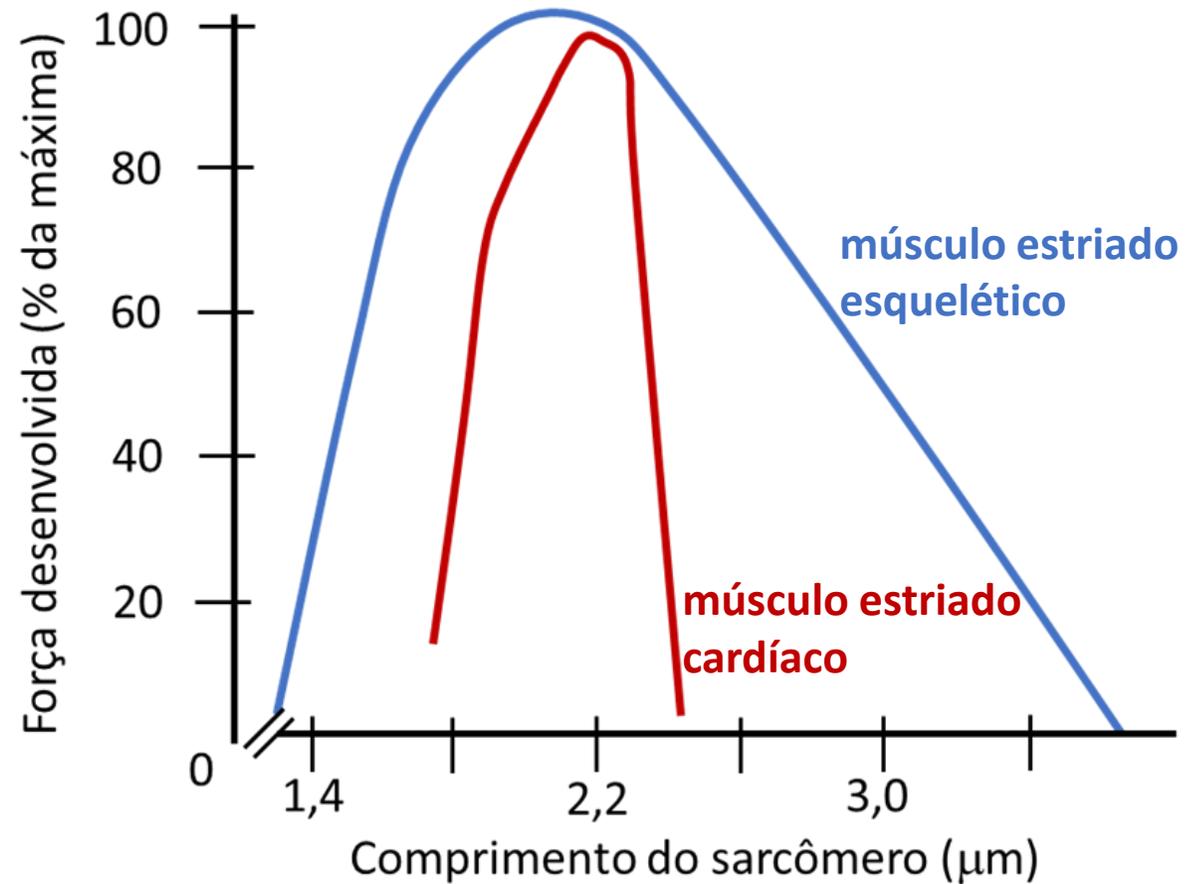
O potencial de ação no miocárdio – consequência mecânica



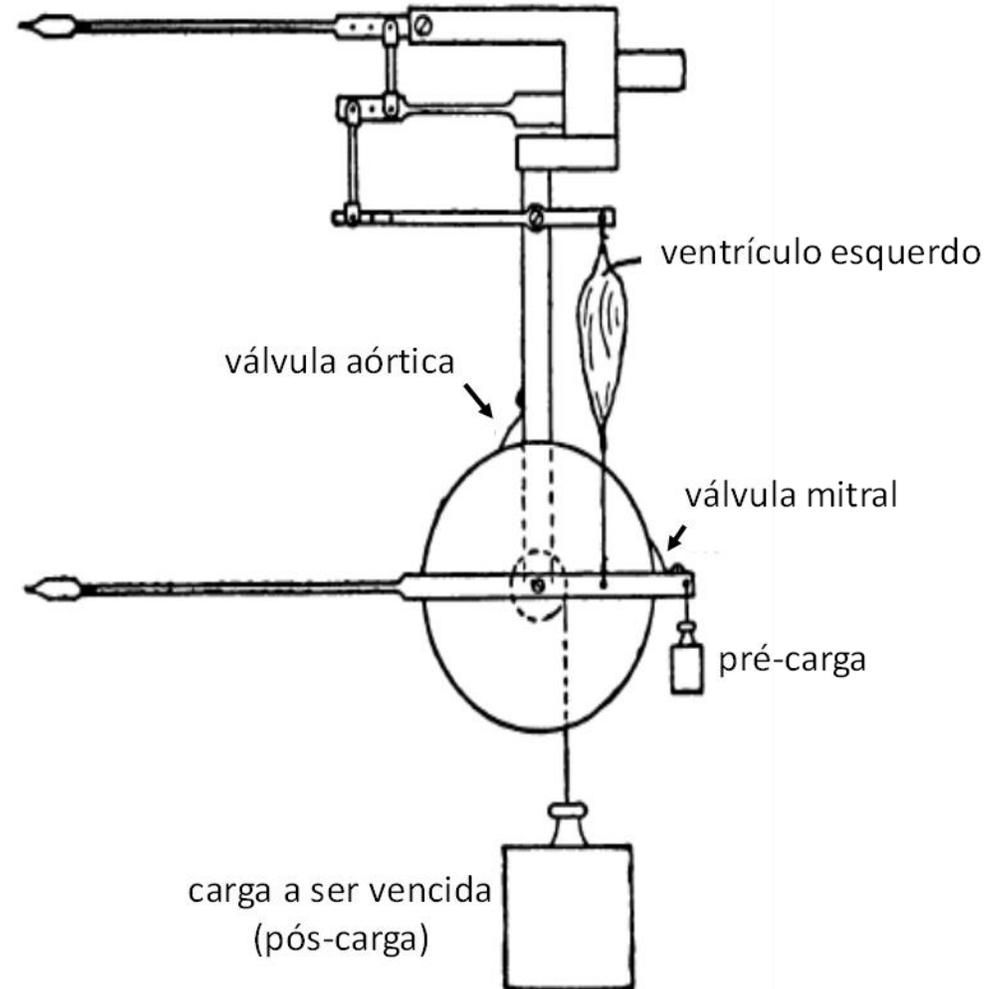
O potencial de ação no miocárdio –
consequência mecânica



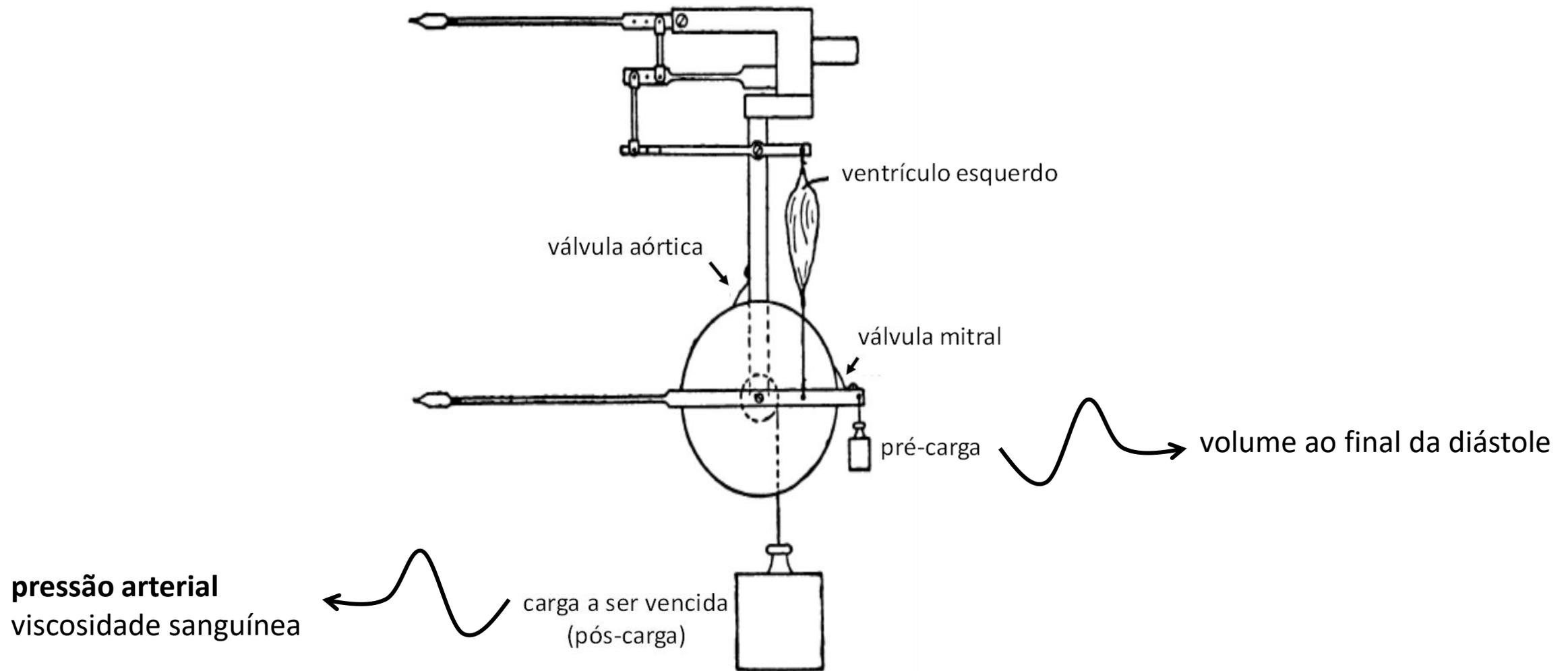
Relação força x comprimento



Cargas

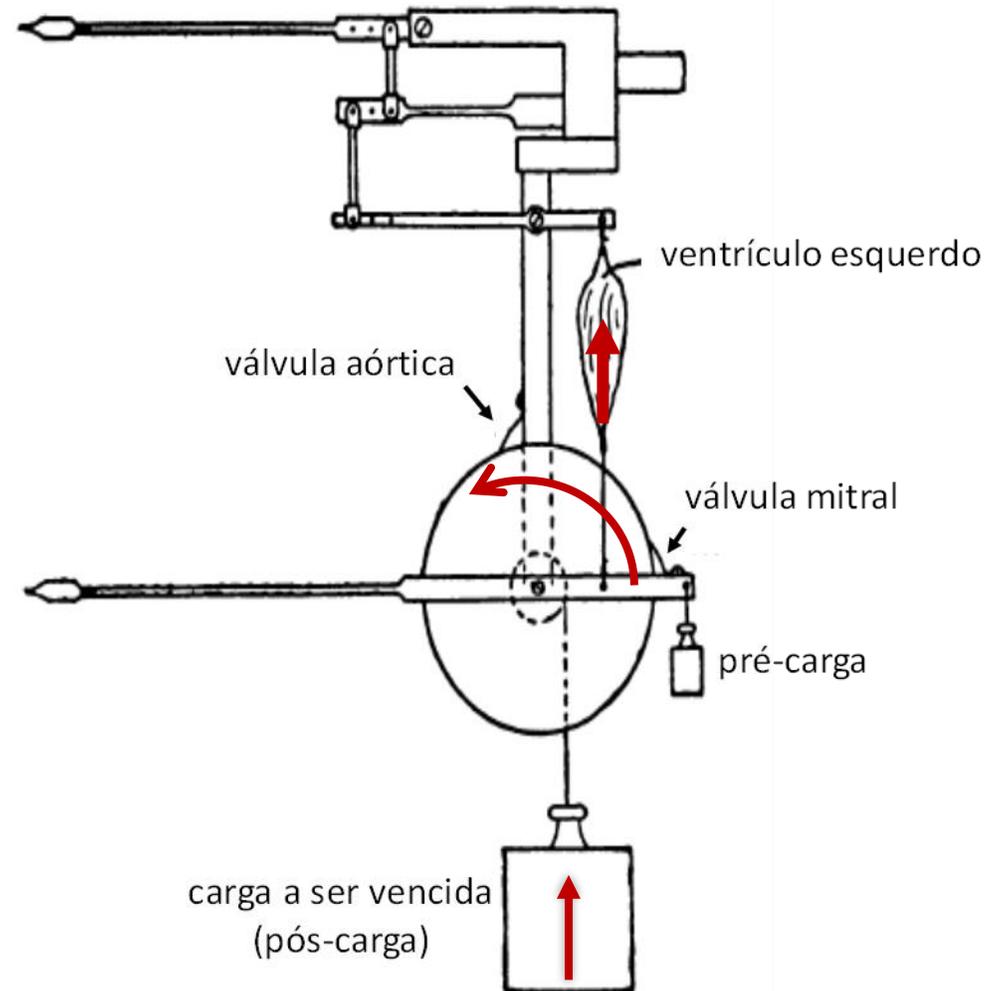


Cargas – quem é quem

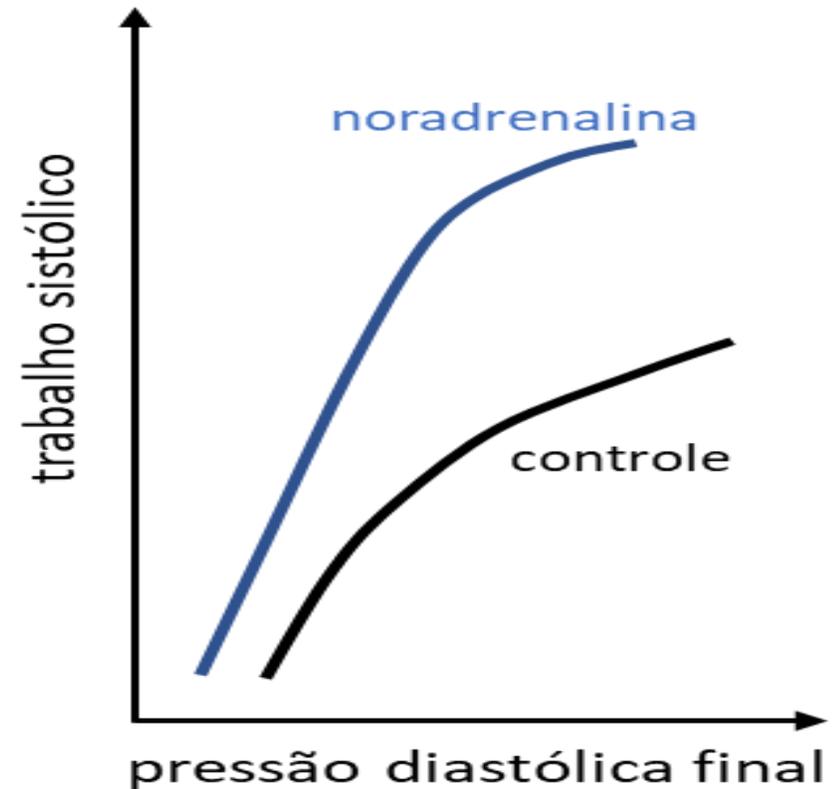
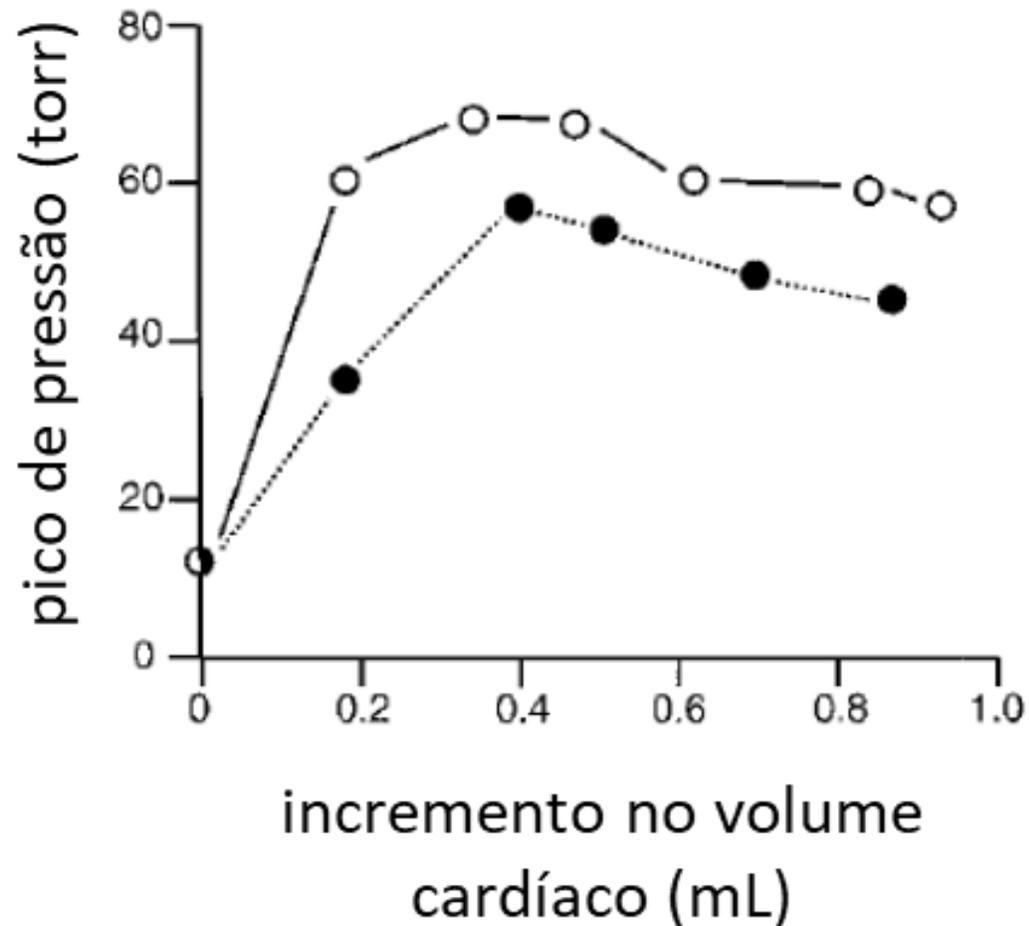


Cargas

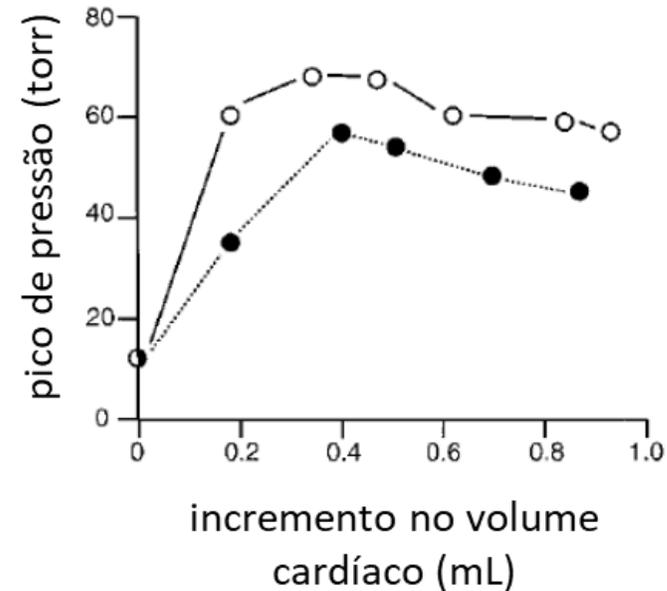
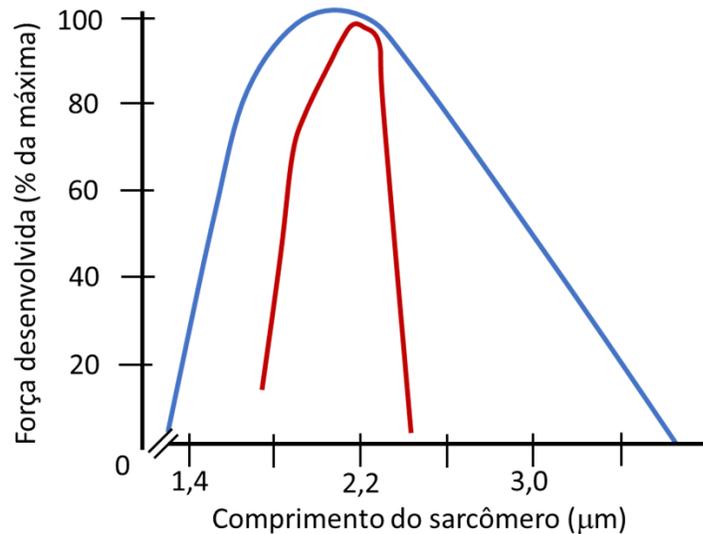
movimento na sístole



Mecanismo de Frank-Starling : relação força-comprimento

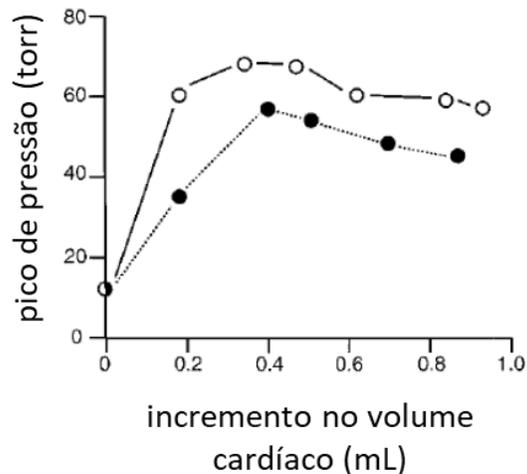


Mecanismo de Frank-Starling: relação força-comprimento



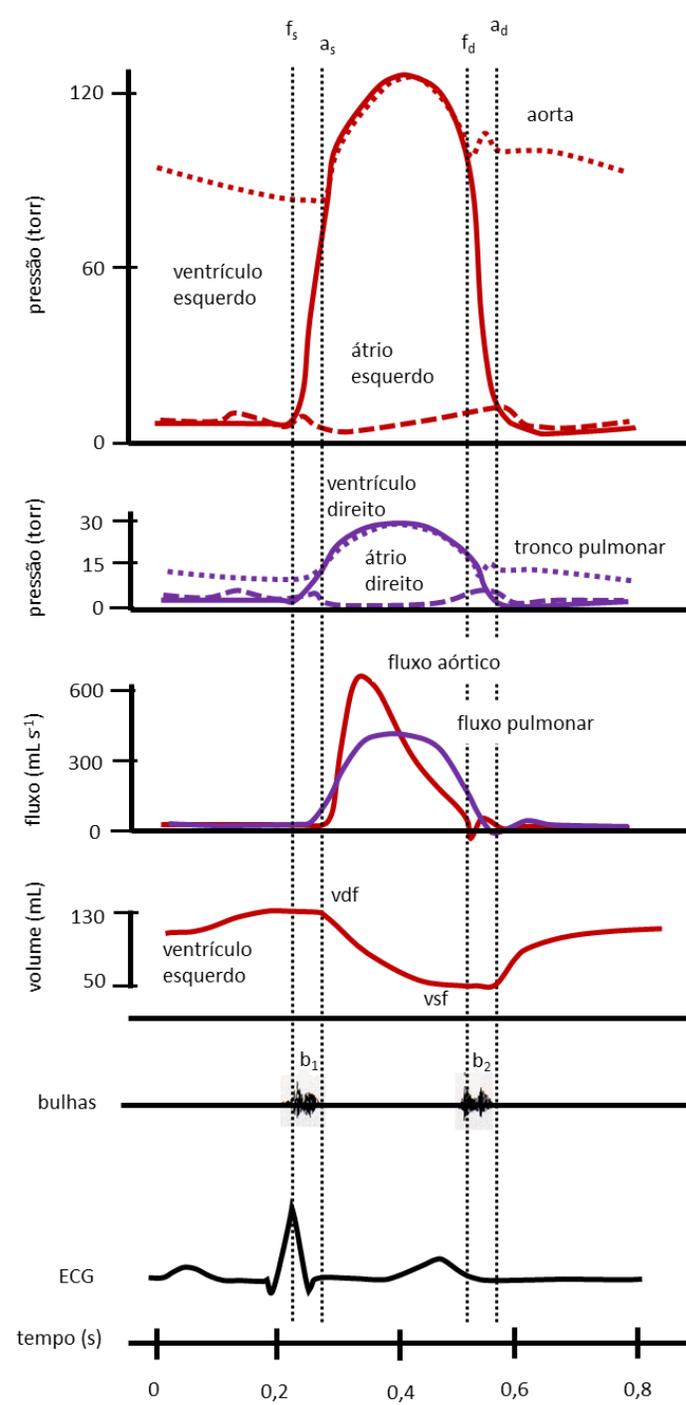
O aumento do volume diastólico final leva a um aumento na força de contração durante a sístole

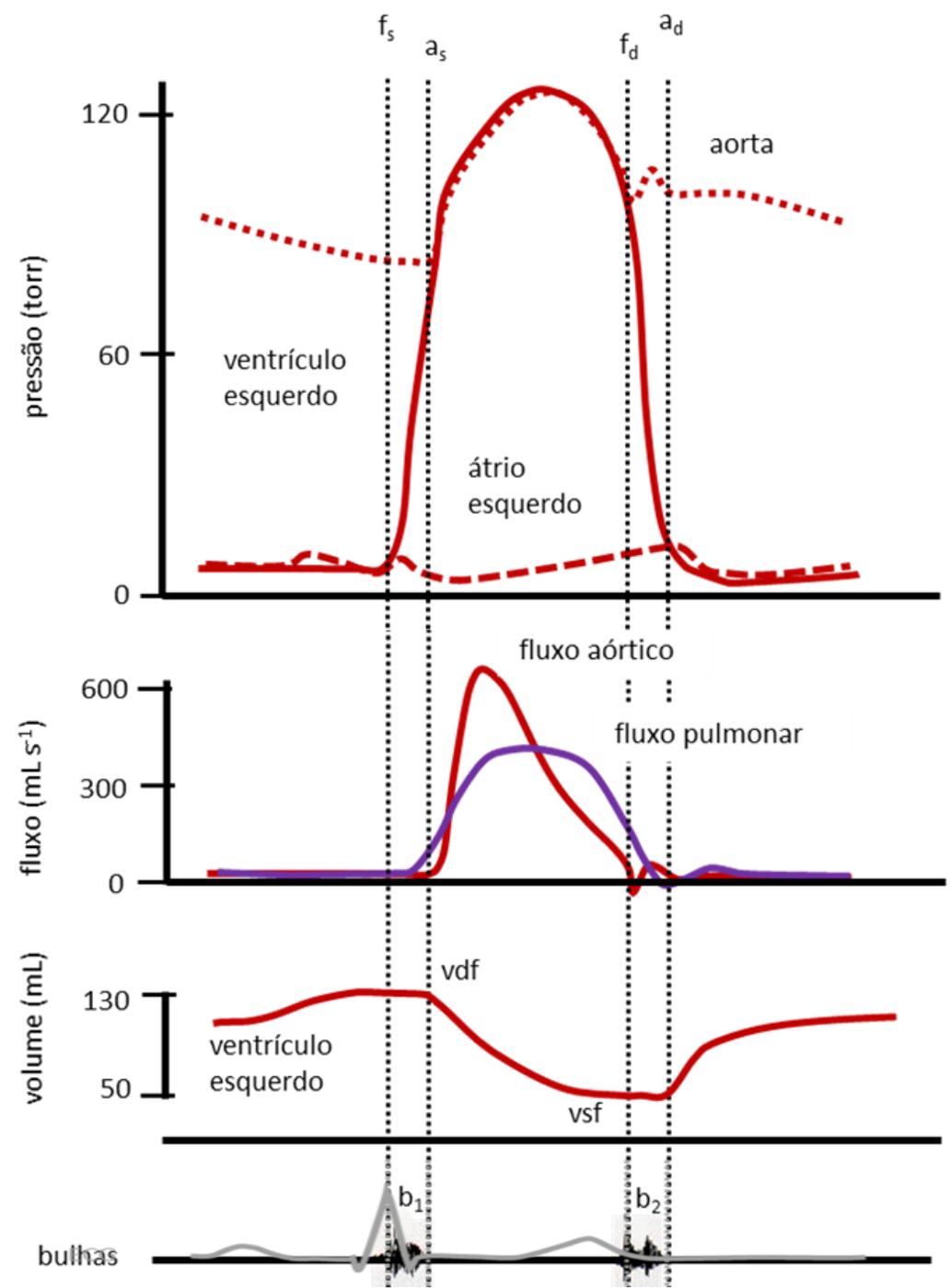
Mecanismo de Frank-Starling: relação força-comprimento

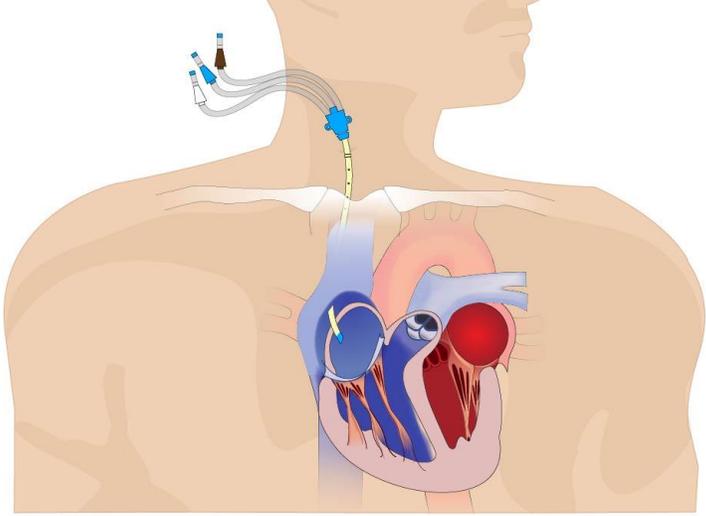


- Permite (ou causa) ajustes de volume ejetado batimento-a-batimento sem necessidade de controle central
- Após perturbações, permite retorno rápido às condições de operação estabelecidas
- Bônus evolutivo para 2 ventrículos: permite ajuste de volumes ejetados a cada 2º batimento

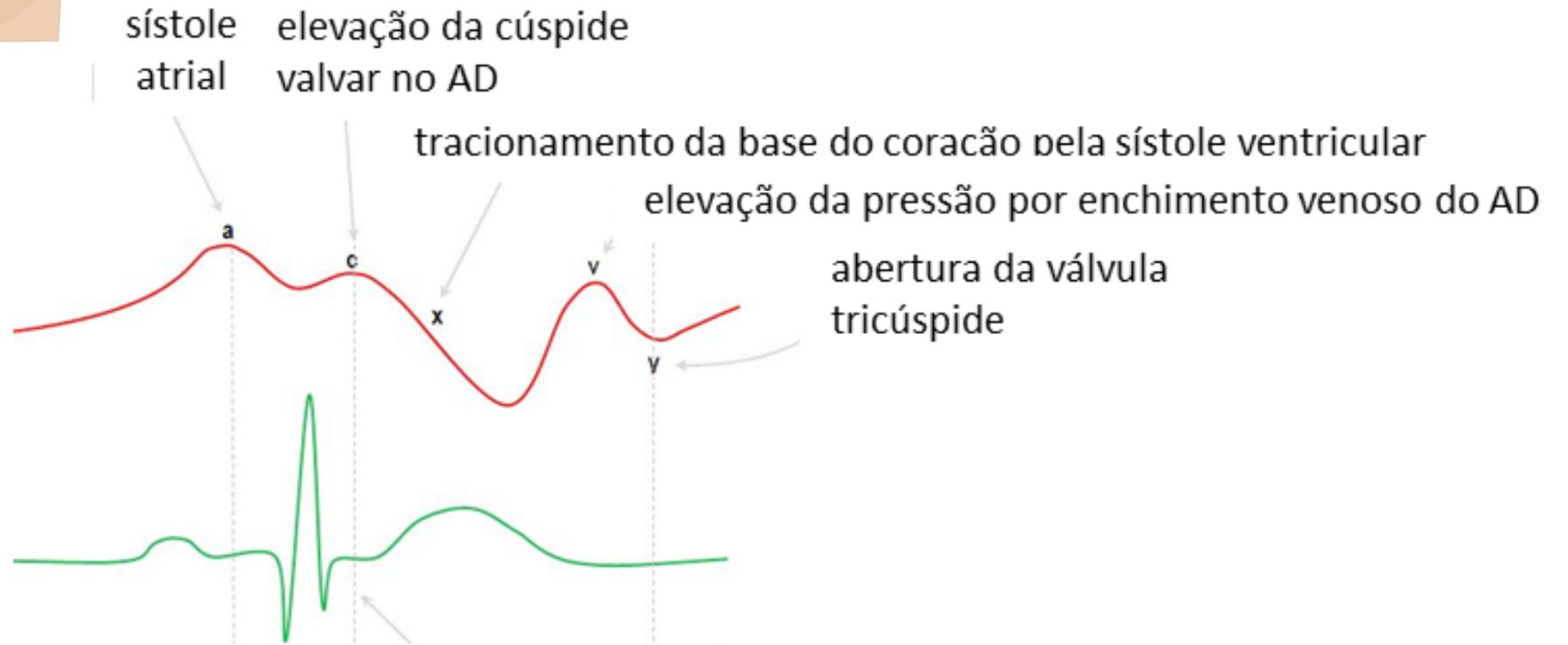
O Diagrama de Wiggers



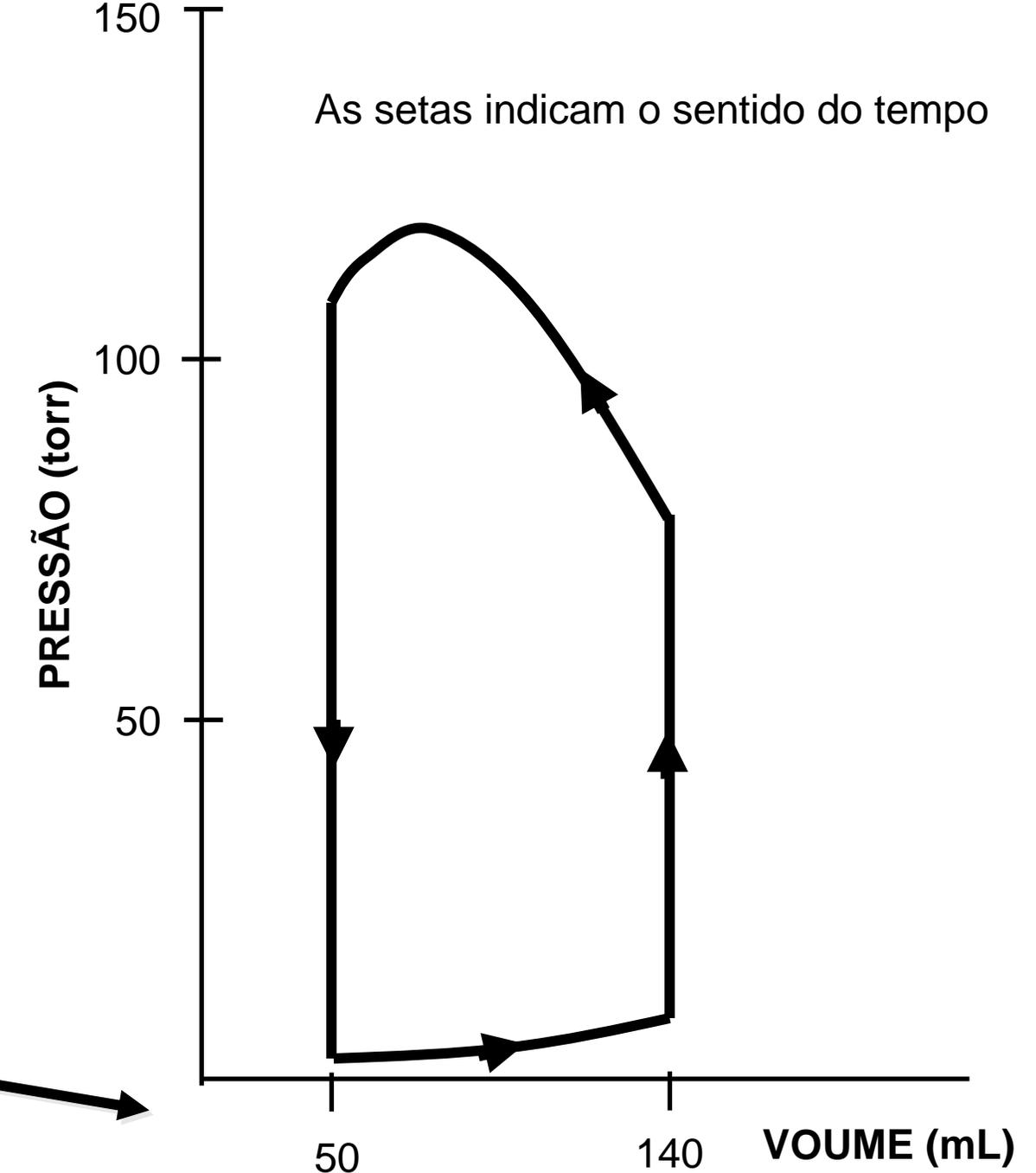
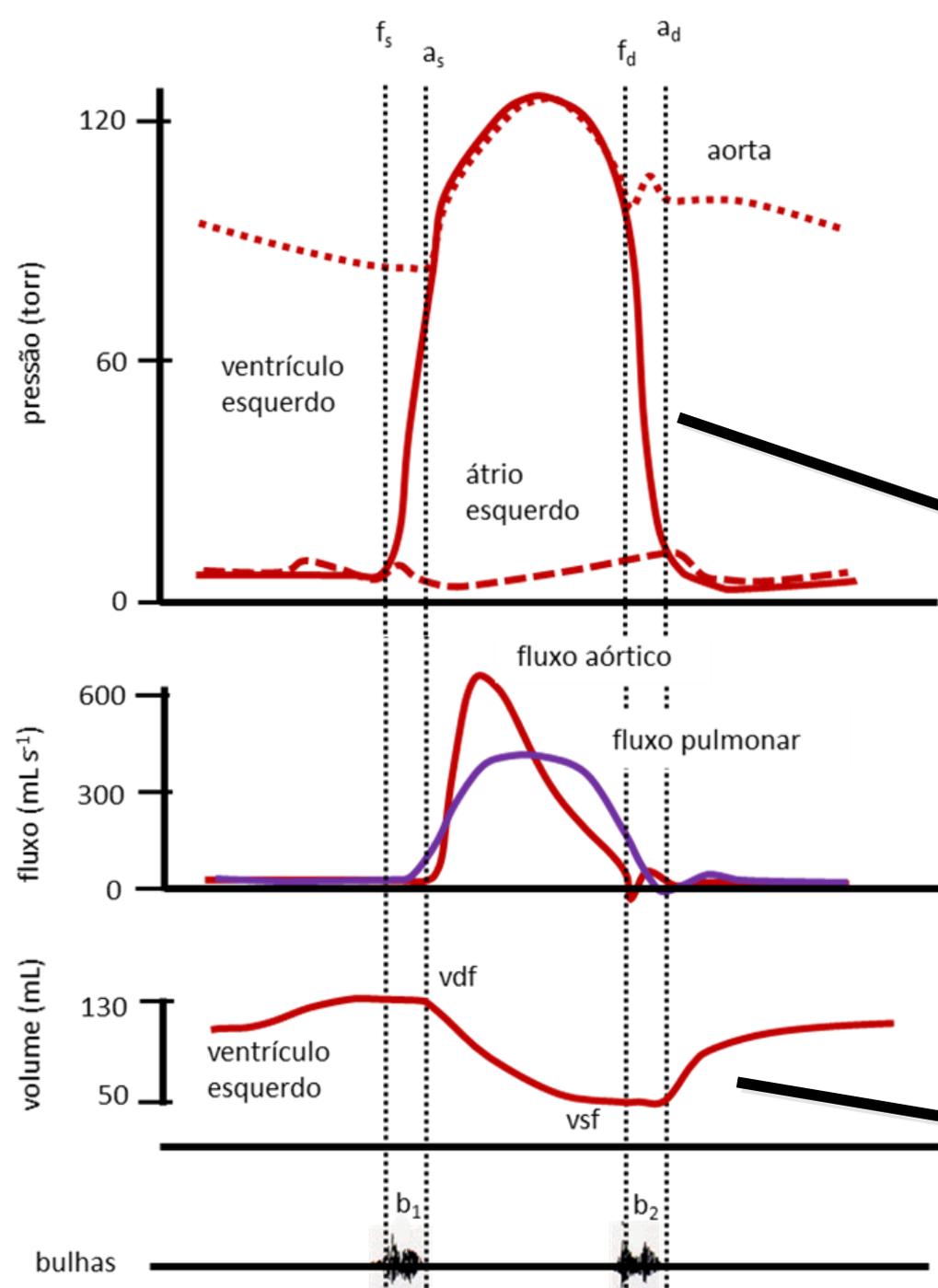




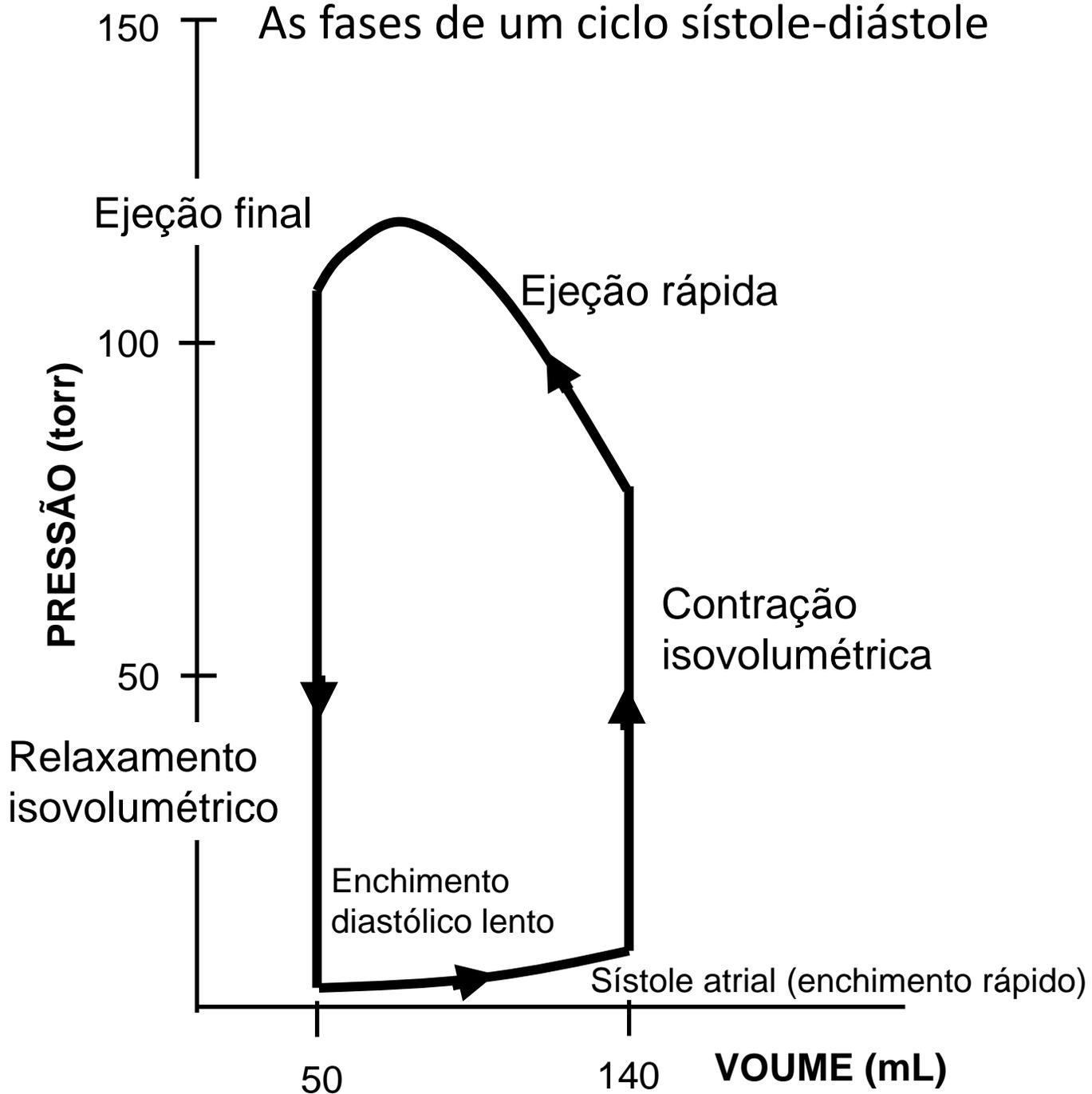
curva de pressão venosa central



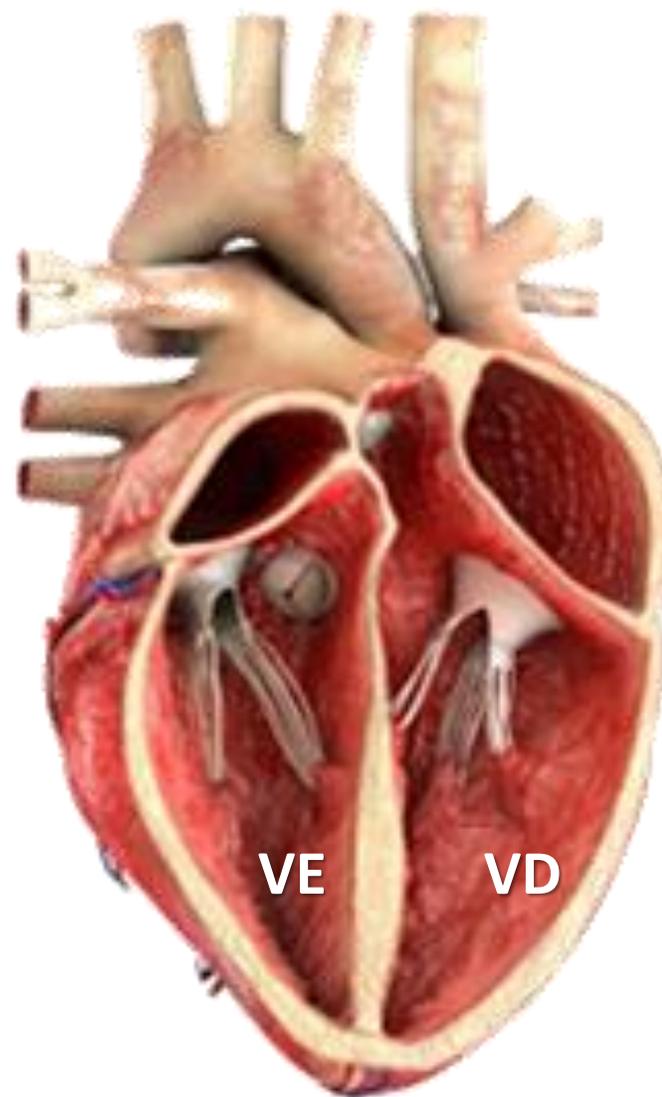
O ciclo cardíaco em um gráfico $P \times V$



As fases de um ciclo sístole-diástole



coração humano – vista posterior



https://media.istockphoto.com/id/1219546013/photo/human-heart-model-for-study-education-isolated-on-white-background-3d-render-of-a-healthy.jpg?b=1&s=170667a&w=0&k=20&c=Asm5cAeW_849Rkqgeu4wsYllqw6GcuvAVd5Jh7qIcPM=

Trabalho cardíaco externo – uma estimativa

Componentes do consumo de oxigênio cardíaco

- *trabalho mecânico externo*
 - ✓ $PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$
- *metabolismo basal do miocárdio*
- *energia mecânica potencial*
 - ✓ pressão ventricular após final da ejeção
 - ✓ representa energia elástica acumulada na parede que poderia ser convertida em w_{ext} se P.A. $\rightarrow 0$
-  representam 50% consumo
- outros 50% \rightarrow acoplamento E-C e outros processos

Trabalho mecânico externo: aquilo que “aparece” na circulação do sangue

- *trabalho mecânico externo*

$$\checkmark PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$$

Formas de apresentação de energia

- *metabolismo basal do miocárdio*

- *energia mecânica potencial*

- ✓ pressão ventricular após final da ejeção

- ✓ representa energia elástica acumulada na parede que poderia ser convertida em w_{ext} se P.A. $\rightarrow 0$

-  representam 50% consumo

- outros 50% \rightarrow acoplamento E-C e outros processos

Trabalho mecânico externo: aquilo que “aparece” na circulação do sangue

- *trabalho mecânico externo*

✓ $PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$

Energia cinética (E_c)

- *metabolismo basal do miocárdio*

- *energia mecânica potencial*

✓ pressão ventricular após final da ejeção

✓ representa energia elástica acumulada na parede que poderia ser convertida em w_{ext} se P.A. $\rightarrow 0$

-  representam 50% consumo

- outros 50% \rightarrow acoplamento E-C e outros processos

Trabalho mecânico externo: aquilo que “aparece” na circulação do sangue

- *trabalho mecânico externo*

$$\checkmark PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$$

Entalpia (H)

- *metabolismo basal do miocárdio*

- *energia mecânica potencial*

- ✓ pressão ventricular após final da ejeção

- ✓ representa energia elástica acumulada na parede que poderia ser convertida em w_{ext} se P.A. $\rightarrow 0$

-  representam 50% consumo

- outros 50% \rightarrow acoplamento E-C e outros processos

Cálculo da Variação de Entalpia e de Energia Cinética no Ciclo Cardíaco

Entalpia

$$H = U + (P \cdot V)$$

Entalpia

$$H = U + (P \cdot V)$$

entalpia

energia interna

pressão

volume

Variação de Entalpia

$$H = U + (P \cdot V)$$

$$dH = dU + d(P \cdot V)$$

Energia interna é função da temperatura

$$U = U(T)$$

Variação de Entalpia

como não há variação de T no ciclo ...

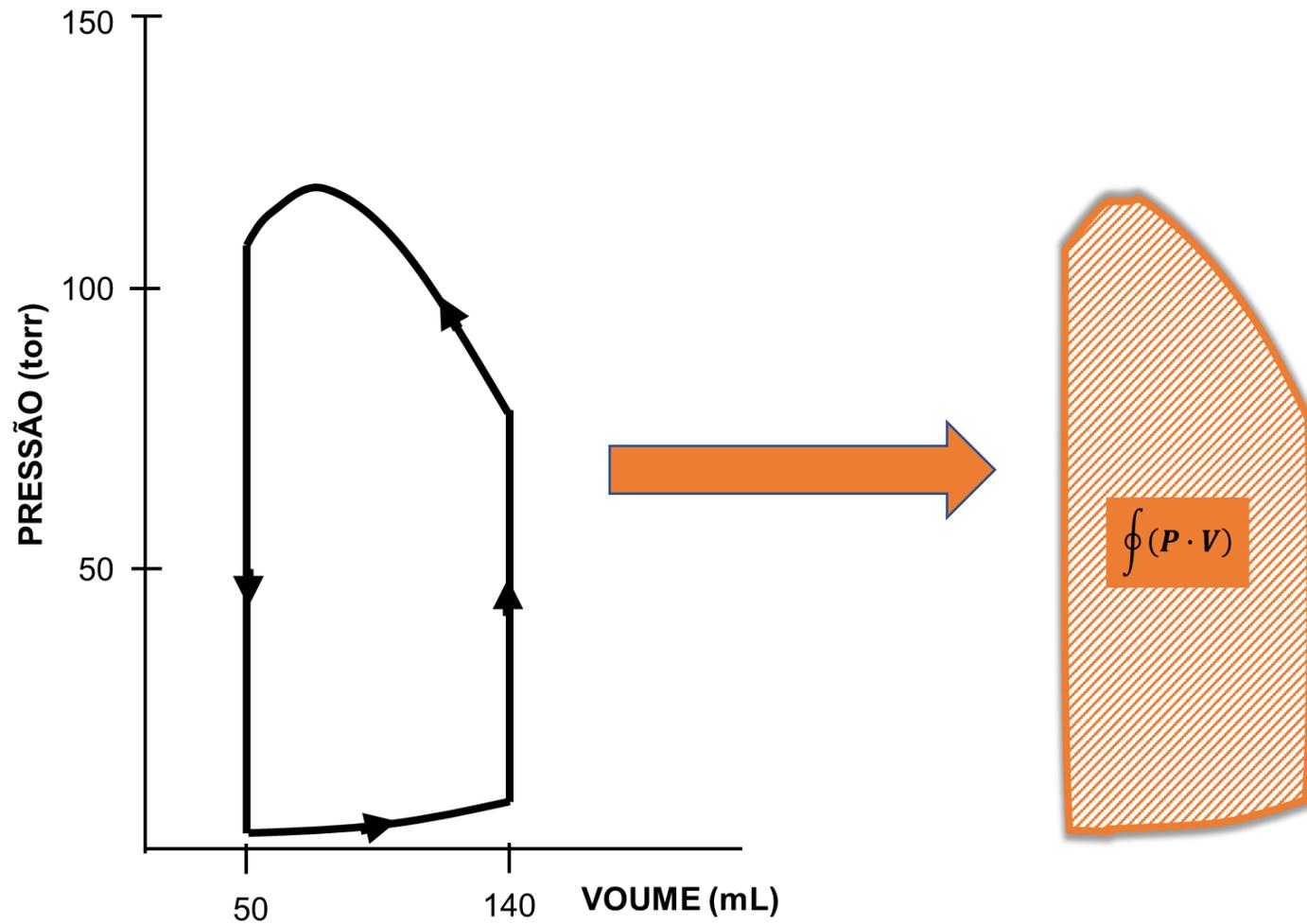
$$dH = \cancel{dU} + d(P \cdot V)$$

0

Variação de Entalpia no ciclo cardíaco é a integral do produto $P \times V$

$$\Delta H = \oint (P \cdot V)$$

ΔH graficamente



Energia cinética

Ec	área de secção (cm ²)	velocidades		massas	
		velocidade (cm/s)	fluxo (cm ³ /s)	absoluto (ml)	volume %
aorta	4.5	18.5	83	300/500	14
capilar isolado	3x10 ⁻⁷	0.02	-	-	-
leito capilar (16x10 ⁹ cap)	4500	-	83	300	6
vênulas e veias	3x10 ⁻⁶ / 3	-	83	2700 / 1000	66

Comparação ΔH x E_c

ΔH

Área aproximada por um retângulo.

$$\text{Estimativa menor: } 9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \times 13 \times 10^3 \text{ Pa} = 117 \times 10^{-2} = \mathbf{1.17 \text{ J}}$$

$$\text{Estimativa maior: } 9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \times 15 \times 10^3 \text{ Pa} = 135 \times 10^{-2} = \mathbf{1.35 \text{ J}}$$

E_c

$$\text{Artérias: } \frac{1}{2} 0.500 (20 \times 10^{-2})^2 = 1 \times 10^{-2} \text{ J}$$

+

$$\text{Capilares: } \frac{1}{2} 0.300 (2 \times 10^{-4})^2 = 6 \times 10^{-9} \text{ J}$$

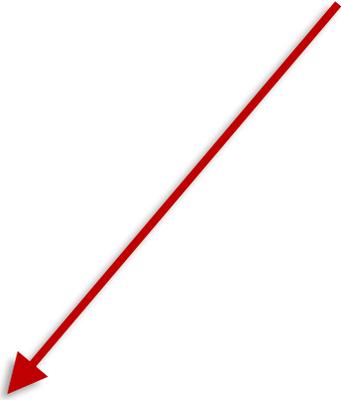
+

$$\text{Veias: } \frac{1}{2} 2.7 (12 \times 10^{-2})^2 = 2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

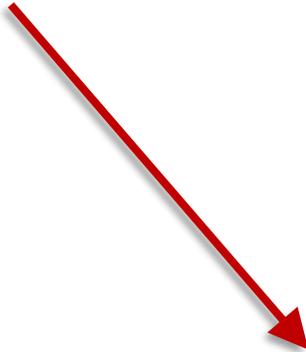
$$\text{Total } \cong 3 \times 10^{-2} = \mathbf{0,03 \text{ J}}$$

Trabalho mecânico externo

$$PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$$



1 J



0,03 J

Trabalho mecânico externo

$$PV + \frac{1}{2}\rho Vu^2$$

QUAL A CONCLUSÃO QUE SE TIRA DESSES DADOS?

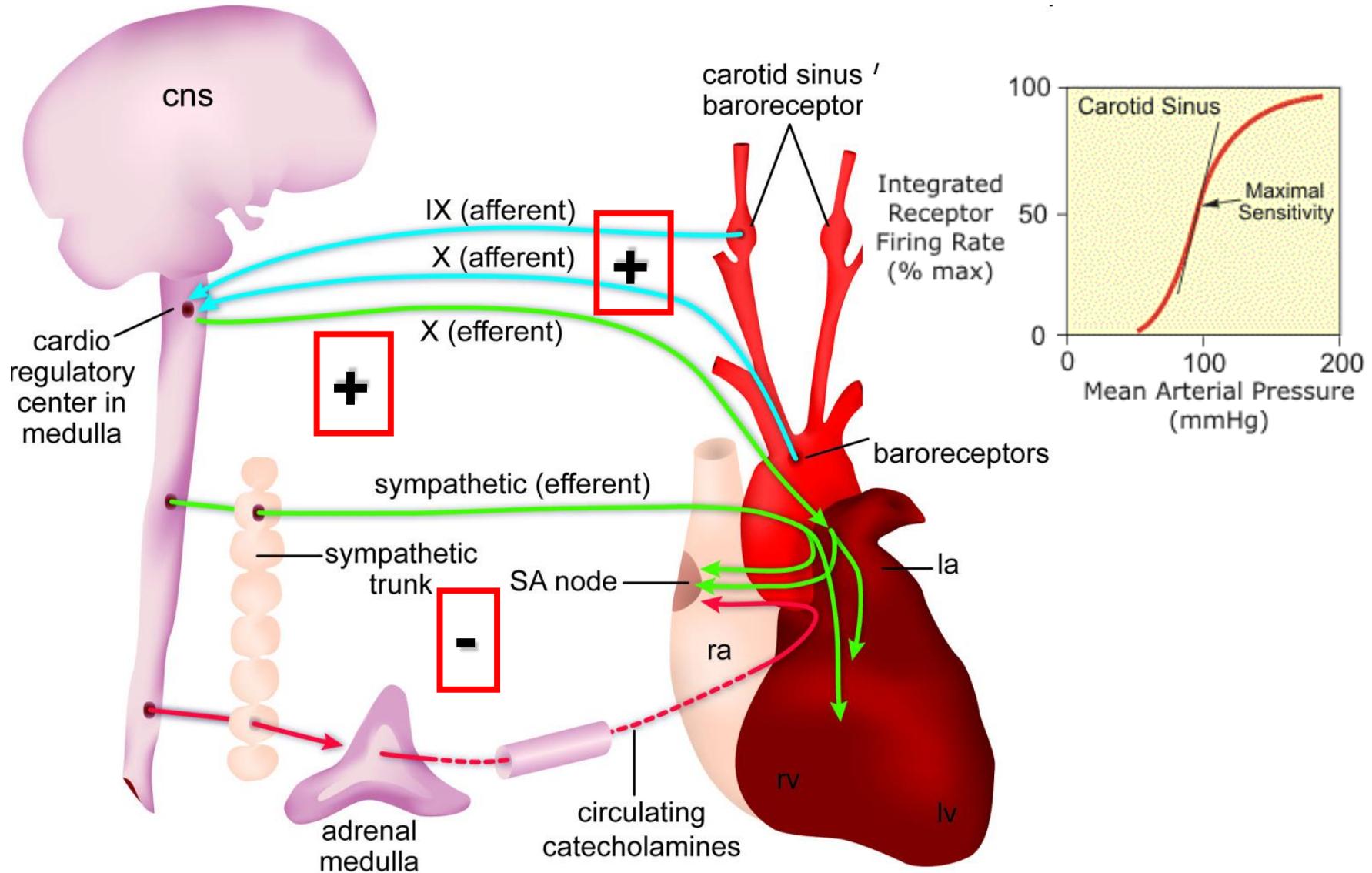
1 J

0,03 J

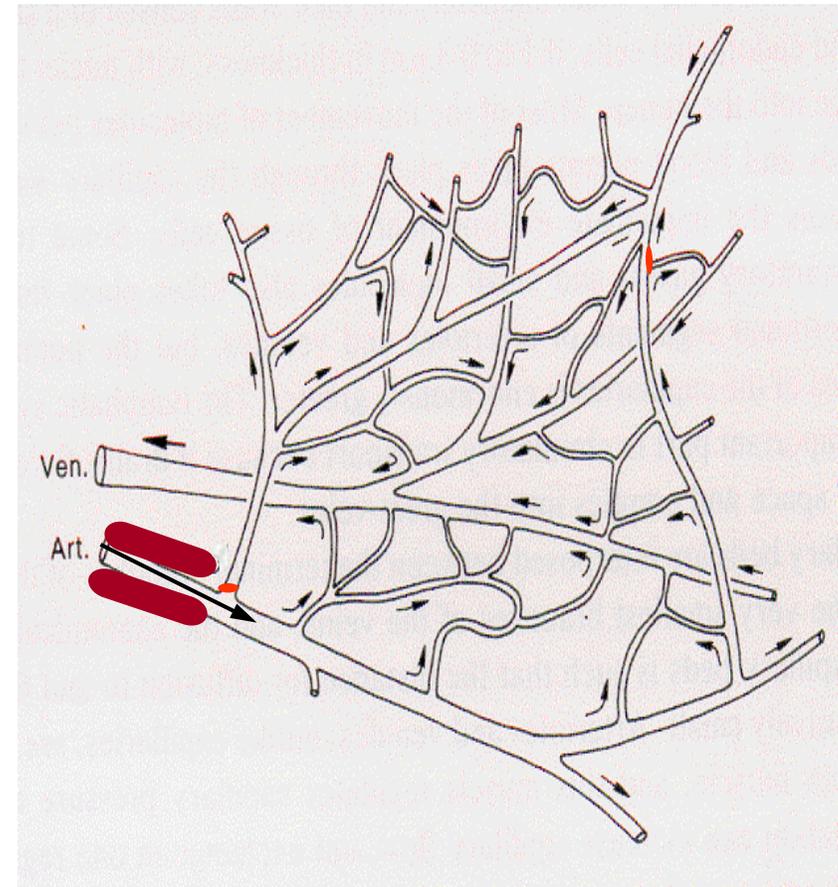
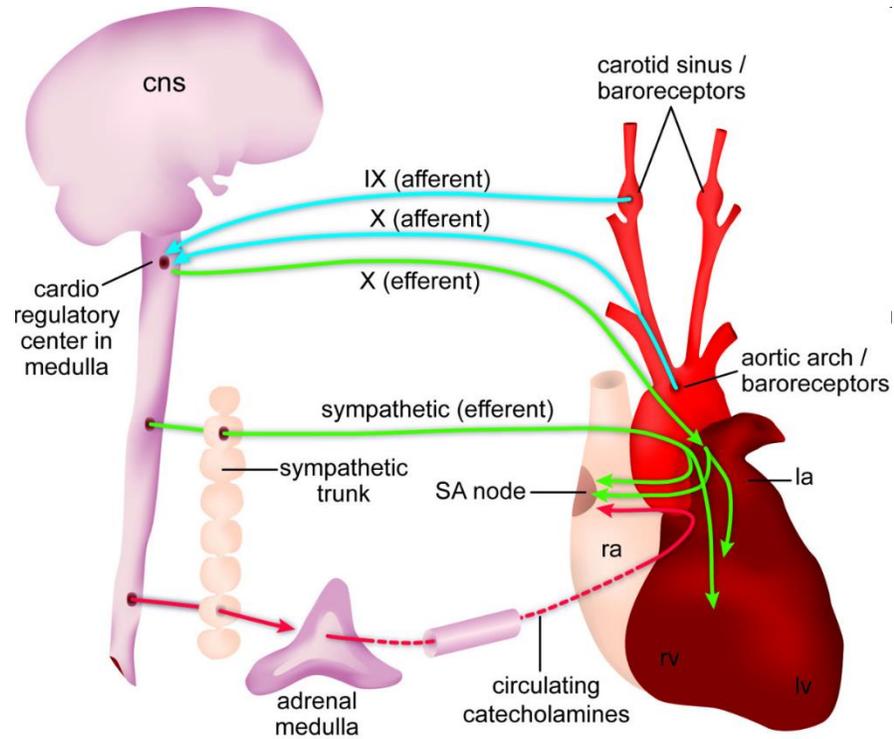
Conclusão

O papel do coração é fornecer pressão
 (“entalpia”) para o sistema
 [e não movimento (“fluxo”)]

Controle Global: P.A.



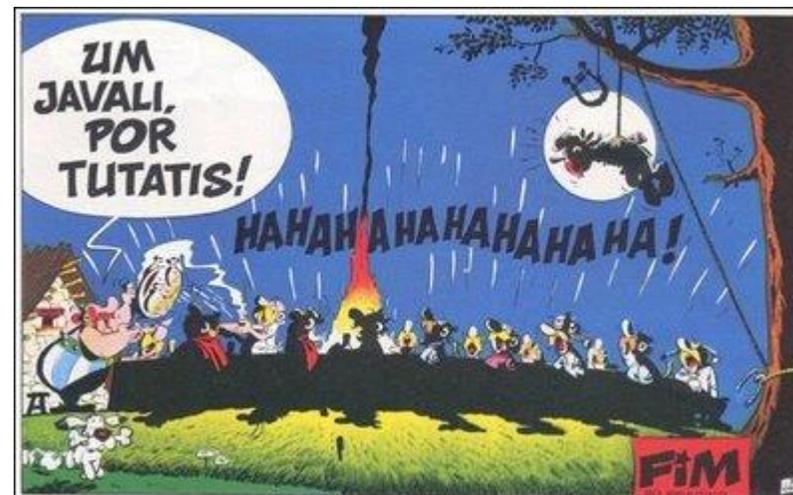
Global (P.A.) x Local (fluxo)



Uma visão caricatural



Quem? Quanto? Quando?



Como?



