

SISTEMAS CIRCULATORÍOS

ASPECTOS GERAIS DE SISTEMAS CIRCULATORIOS

DEFINIÇÃO DE TERMOS

Anatômicos

- Átrio
- Ventrículo
- Artéria
- Veia
- Arteríola
- Vênula
- Capilar
- Miocárdio
- Anastomose

Funcionais

- Sístole
- Diástole
- Pressão arterial (média, pulsátil)
- Circulação sistêmica/pulmonar
- Marca-passo
- Shunt

FUNÇÕES DA CIRCULAÇÃO

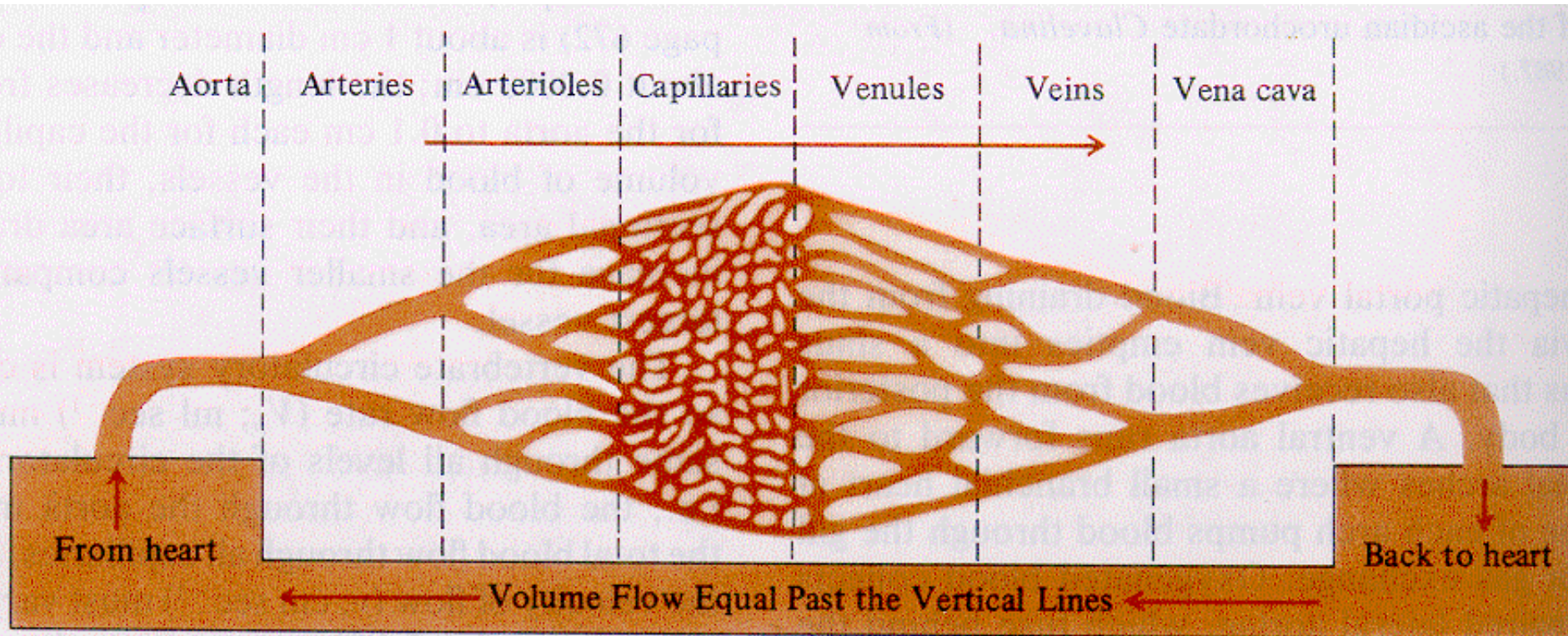
- Transporte convectivo
 - O_2 e CO_2 (-insetos)
 - nutrientes, metabólitos, produtos finais do metabolismo
 - hormônios
 - sistema imunitário e/ou defesa
- Regulação térmica
- Força de ultra-filtração em órgãos excretórios
- Força hidráulica
 - expansão de asas em insetos
 - limpeza ocular em lagartos
 - extensão da probóscide
 - extensão de pernas (aranhas)

ELEMENTOS BÁSICOS DE UM SISTEMA CIRCULATORIO

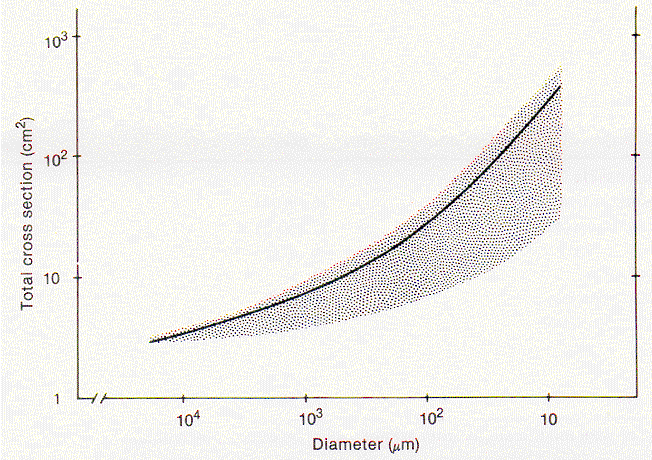
- *fluido circulante*
- *sistema de vasos*
 - aberto (“incompleto”)
 - fechado (“completo”)
- *bombas (não necessariamente “corações”)*
 - bombas de musculatura vascular extrínseca
 - bombas “peristálticas”
 - bombas “camerárias”

RAMIFICAÇÃO

ÁREA DE SECÇÃO, VOLUMES E FLUXOS



Num sistema fechado, o fluxo total é o mesmo em todos os níveis hierárquicos. Assim, o que passa pela aorta numa unidade de tempo é o mesmo que passa pelo leito capilar, leito venoso e circulação pulmonar.

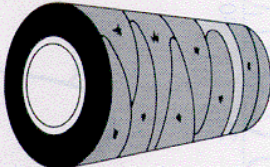
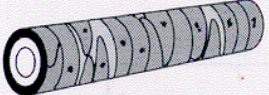


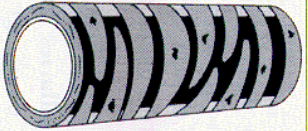






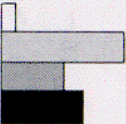
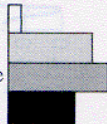
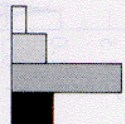


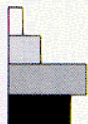


	área de secção (cm ²)	velocidade (cm/s)	volume		
			fluxo (cm ³ /s)	absoluto (ml)	%
aorta	4.5	18.5	83	300/500	14
capilar isolado	3x10⁻⁷	0.02	-	-	-
leito capilar (16x10 ⁹ cap)	4500	-	83	300	6
vênulas e veias	3x10⁻⁶ / 3	-	83	2700 / 1000	66

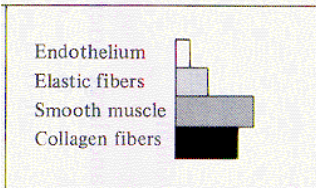
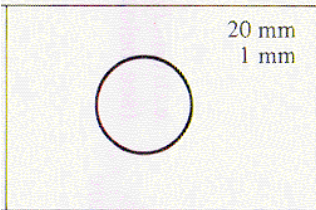
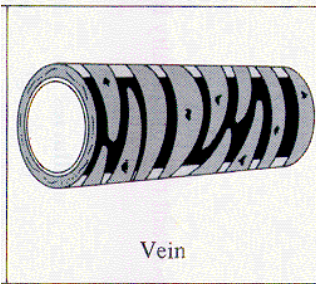
PAPEL DOS VASOS

- Grandes artérias
- Pequenas artérias e arteríolas
- Grandes veias

HISTOLOGIA VASCULAR

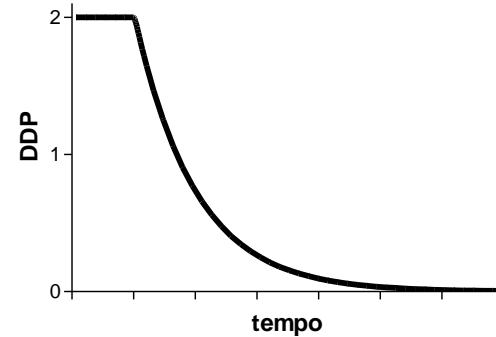
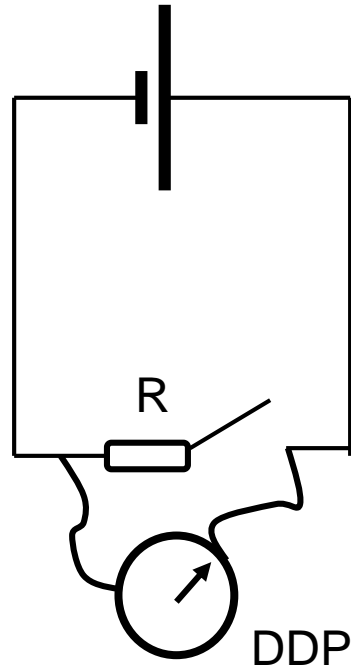
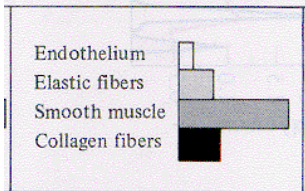
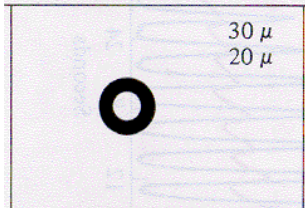
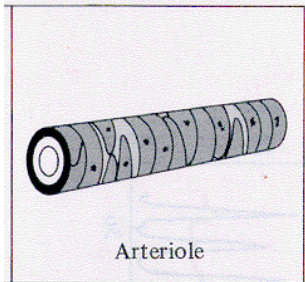
Appearance	 <p>Artery</p>	 <p>Arteriole</p>	 <p>Capillary</p>	 <p>Venule</p>	 <p>Vein</p>	
Dimensions	<p>Vessel diameter 25 mm Thickness 2 mm</p>  <p>Aorta</p>	<p>4 mm 1 mm</p>  <p>Medium sized artery</p>	<p>30 μ 20 μ</p> 	<p>8 μ < 1 μ</p> 	<p>20 μ 2 μ</p> 	<p>20 mm 1 mm</p> 
Composition of Vessel Wall	<p>Endothelium Elastin fibers Smooth muscle Collagen fibers</p> 	<p>Endothelium Elastic fibers Smooth muscle Collagen fibers</p> 	<p>Endothelium Elastic fibers Smooth muscle Collagen fibers</p> 	<p>Endothelium No muscle or connective tissue</p> 	<p>Endothelium Small amounts of elastin and smooth muscle Collagen fibers</p> 	<p>Endothelium Elastic fibers Smooth muscle Collagen fibers</p> 

RESERVA

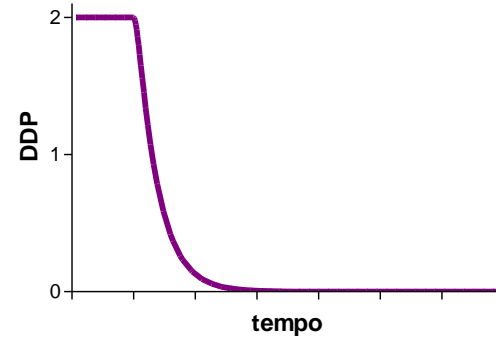


O papel (GLOBAL) das grandes veias é funcionar como um reservatório de volume sanguíneo que pode ser mobilizado se há queda na pressão arterial ou aumento de demanda tecidual.

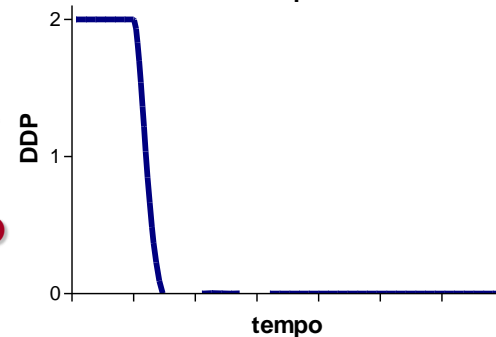
CURTO-CIRCUITO E RESISTÊNCIA



R



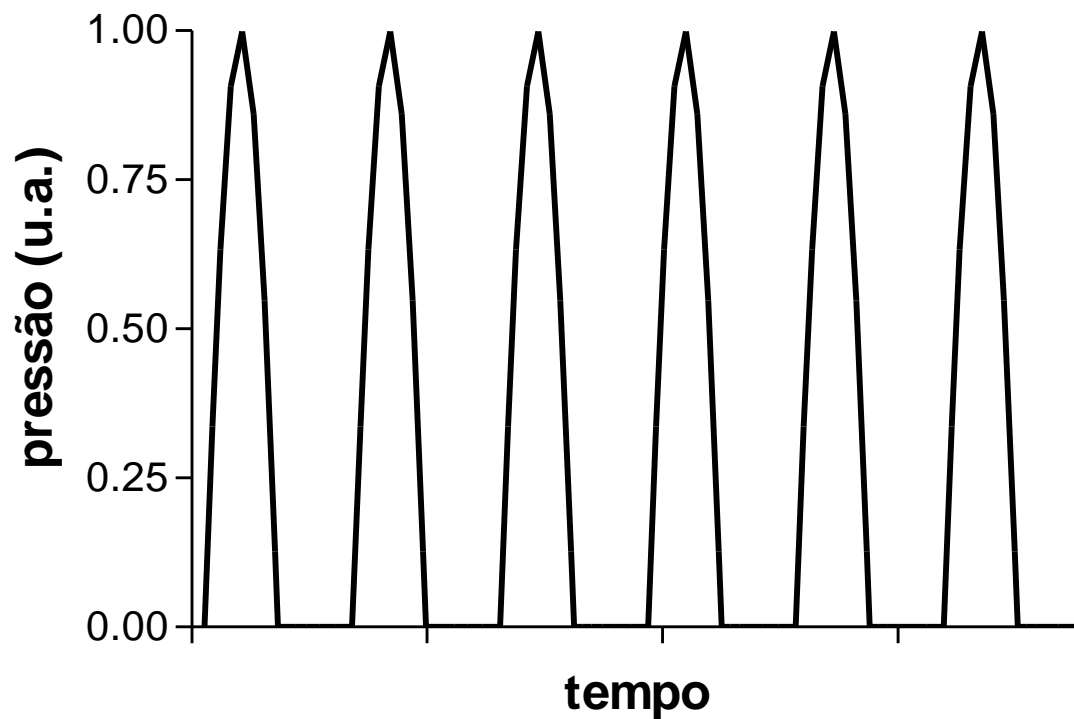
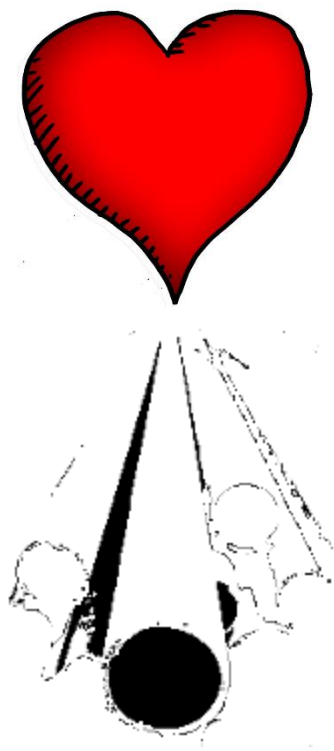
R



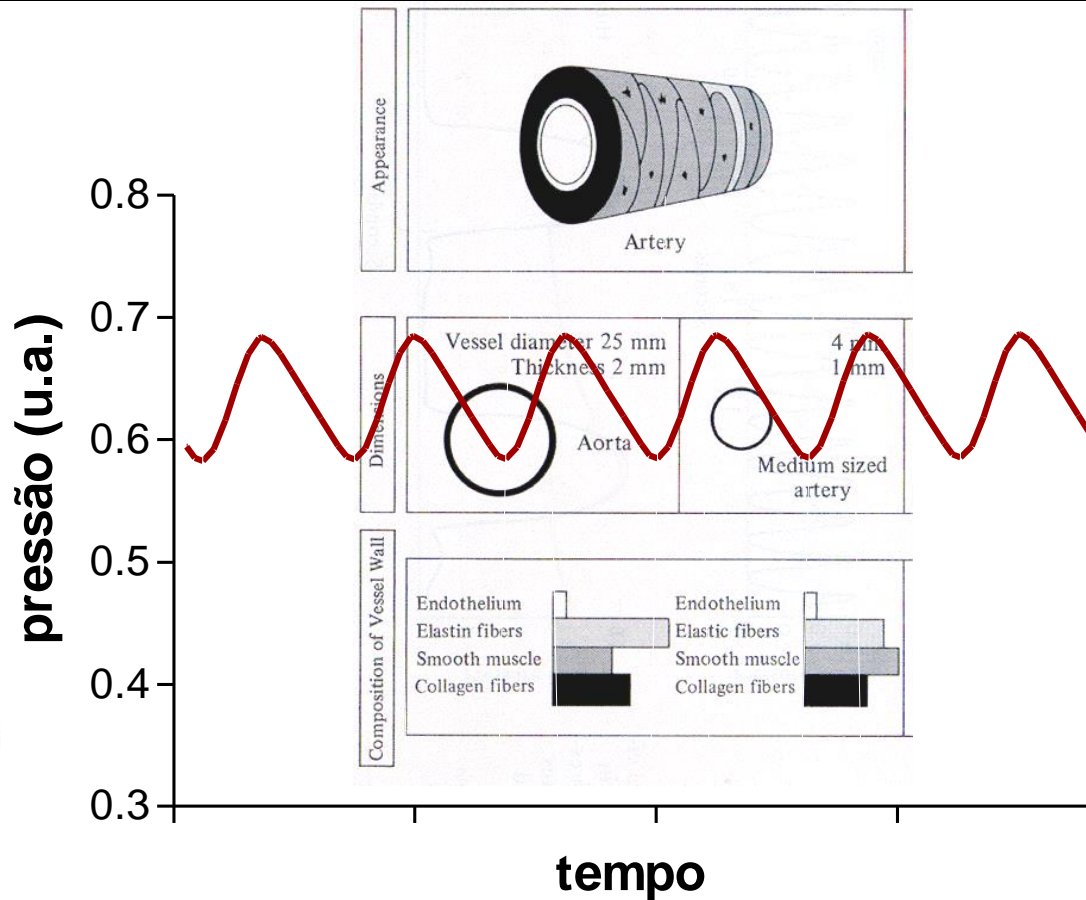
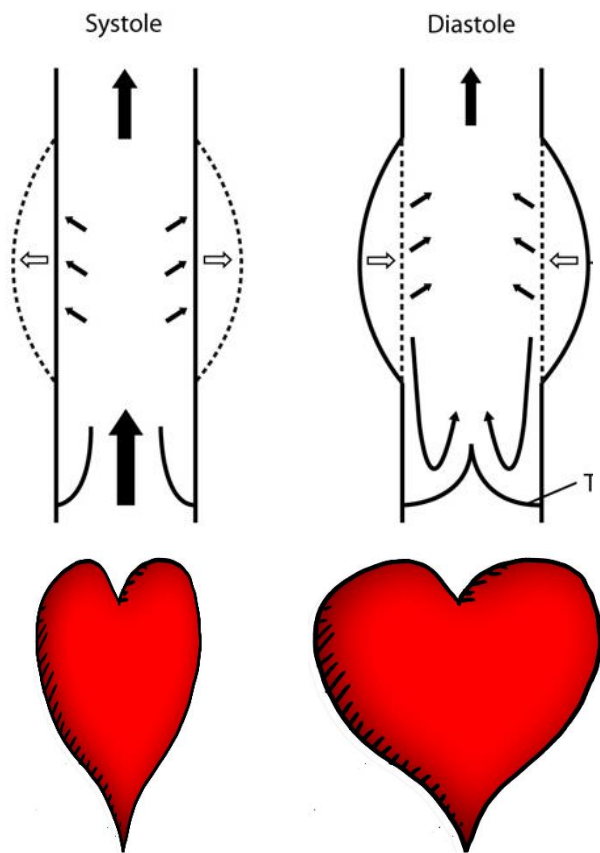
R

O papel (GLOBAL) das pequenas artérias é o de promover uma resistência periférica de modo a manter a pressão no sistema durante um certo tempo.

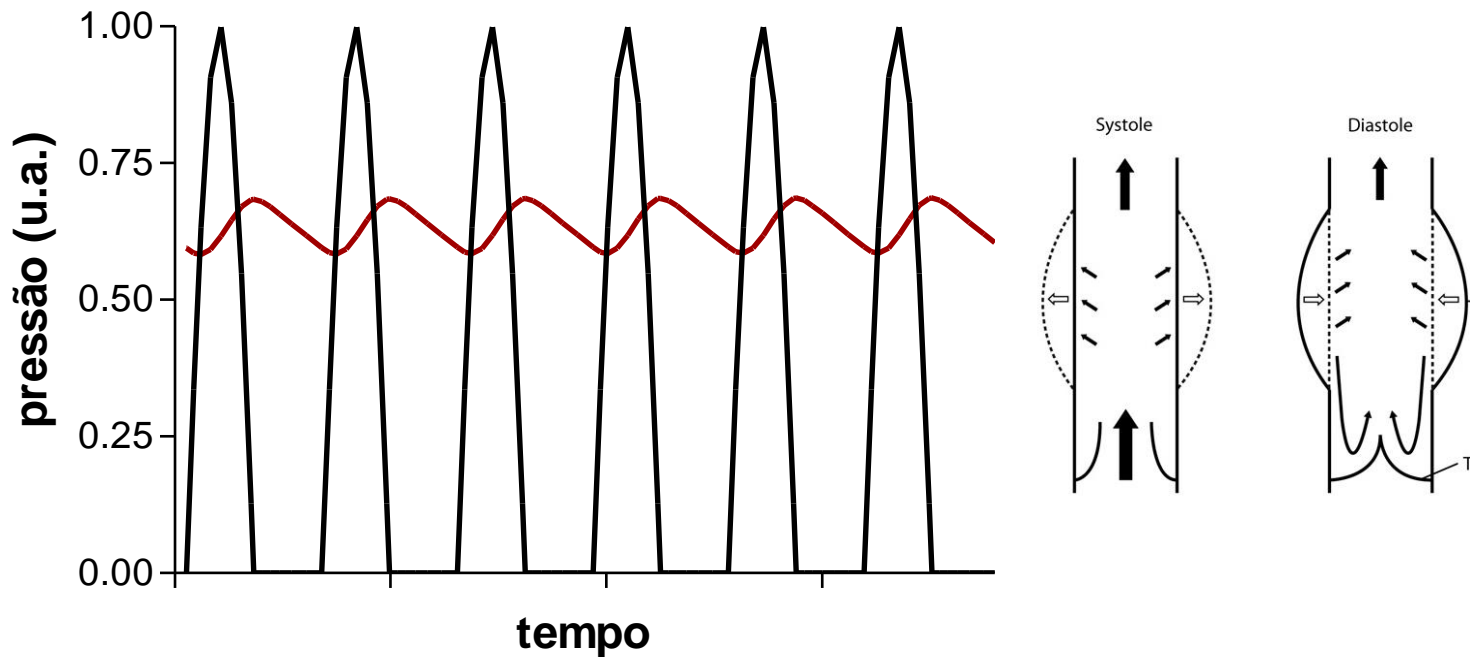
EJEÇÃO NUM TUBO RÍGIDO



EJEÇÃO NUM TUBO NÃO-RÍGIDO

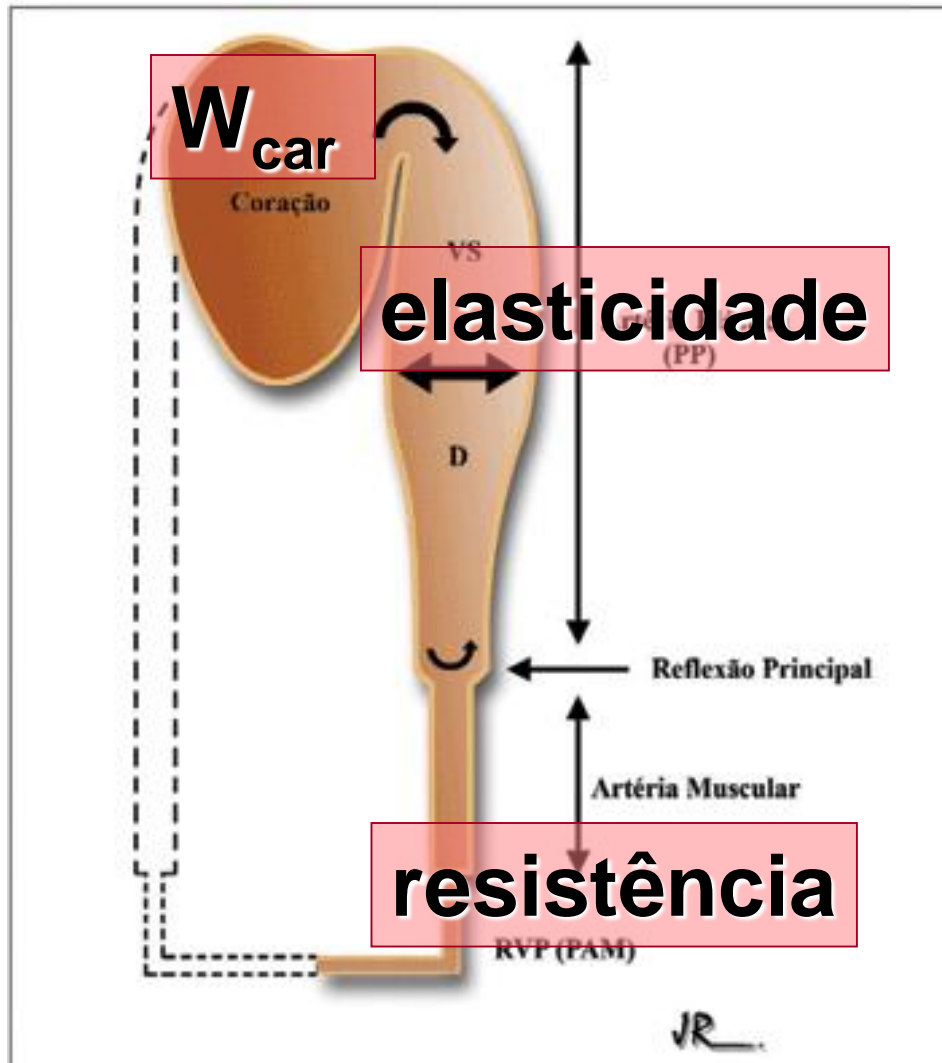


WINDKESSEL



O papel (GLOBAL) das grandes artérias é acumular energia oriunda do trabalho cardíaco durante a sístole e devolver essa energia durante a diástole, mantendo, assim, a pressão arterial para perfusão dos tecidos *mesmo* quando o coração está em sua fase de relaxamento.

$W_{CAR} + \text{“WINDKESSEL”} +$
 $RESISTÊNCIA \Rightarrow P.A.$

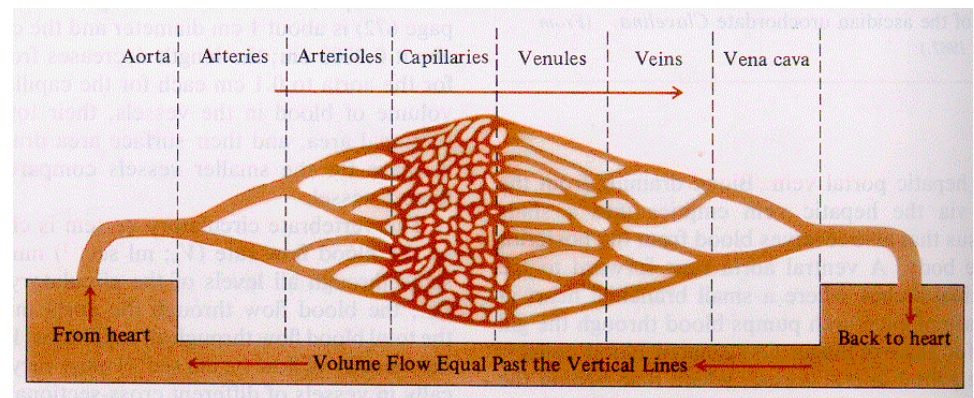


MICROCIRCULAÇÃO

O SISTEMA VAI SE RAMIFICANDO ...

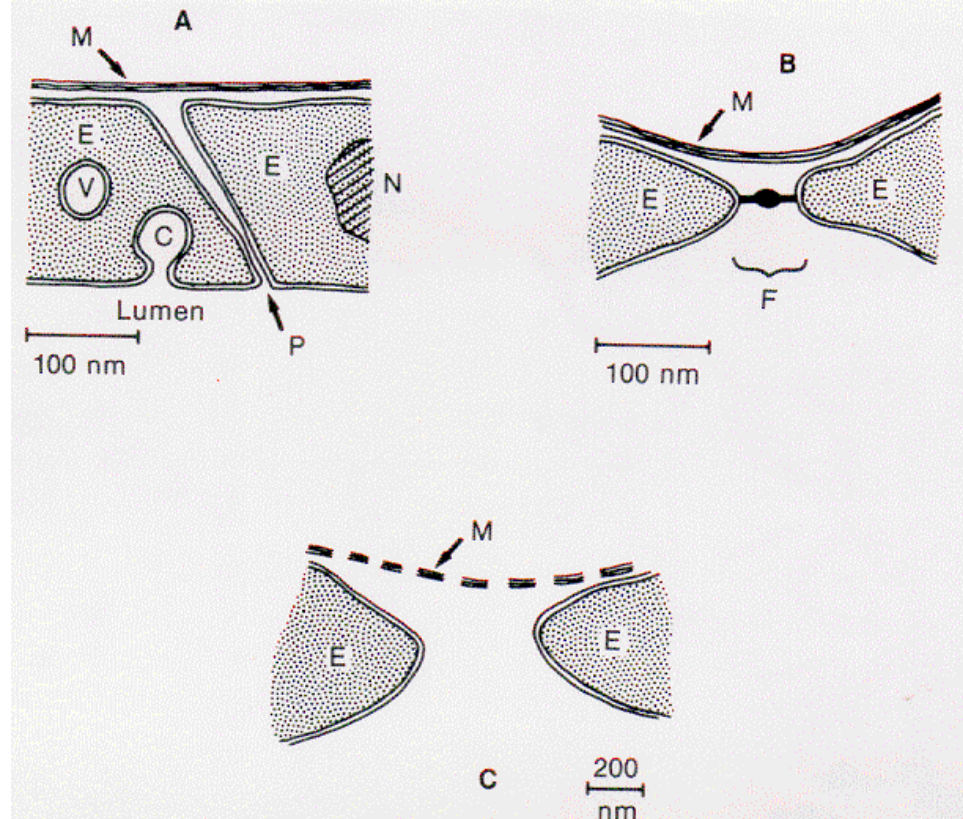
ATÉ OS CAPILARES ...

- ... aonde ocorrem as trocas entre o que está no sistema circulatório e o fluido extra-celular, nos tecidos
- são constituídos por, somente, uma “parede” de uma camada única de células endoteliais, com espessura de 0.1-0.3 μm



JUNÇÕES DAS CÉLULAS ENDOTELIAIS

- **Contínua:** contendo canais de 4 a 5 nm. É o tipo mais comum, encontrada na musculatura, circulação pulmonar, etc..
- **Fenestrada:** contendo “janelas” de 100 nm de diâmetro. Mucosa intestinal, glomérulos.
- **Descontínua:** grandes espaços, > 200 nm, entre as células endoteliais. Medula óssea, baço, sinusóides hepáticos.



TROCAS NOS TECIDOS

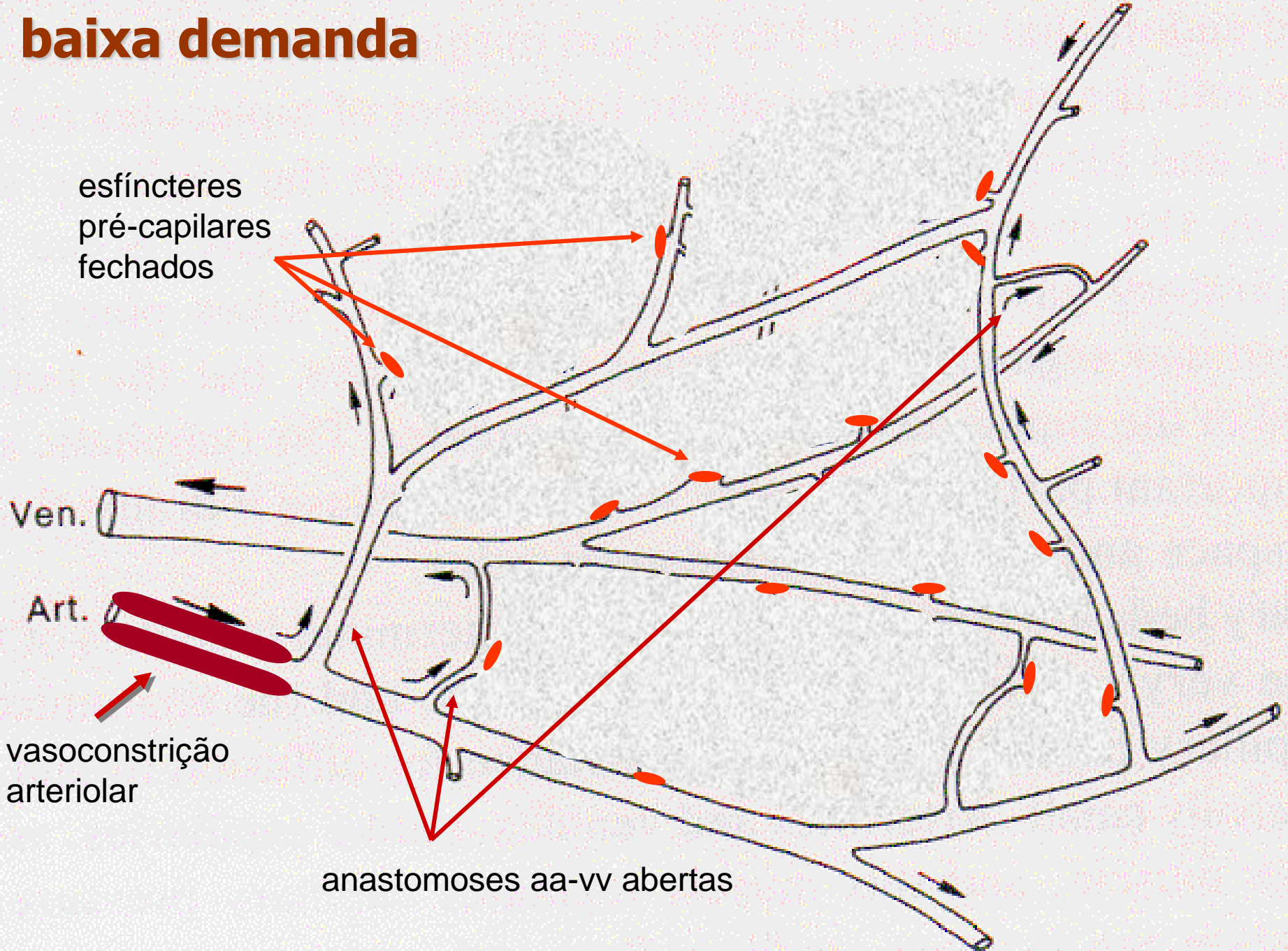
- A bicamada lipídica da MP previne a passagem de moléculas hidrossolúveis. Assim, estas, bem como a própria água, têm que passar por:
 - fenestrações entre as células endoteliais
 - vesículas de transporte
 - canais na MP luminal e basal
- Gases passam “livremente”.
- Moléculas lipossolúveis passam de acordo com sua difusibilidade na MP e por eventuais transportes ativos dedicados.

TROCA = DIFUSÃO

A MICROCIRCULAÇÃO

- A microcirculação
 - *é o conjunto de arteríolas-capilares-vênulas*
- **É onde ocorre o controle local do fluxo**
 - anastomoses aa-vv
 - esfíncter pré-capilar
 - musculatura lisa na parede das arteríolas

baixa demanda



esfíncteres
pré-capilares
fechados

Ven.

Art.

vasoconstrição
arteriolar

anastomoses aa-vv abertas

alta demanda

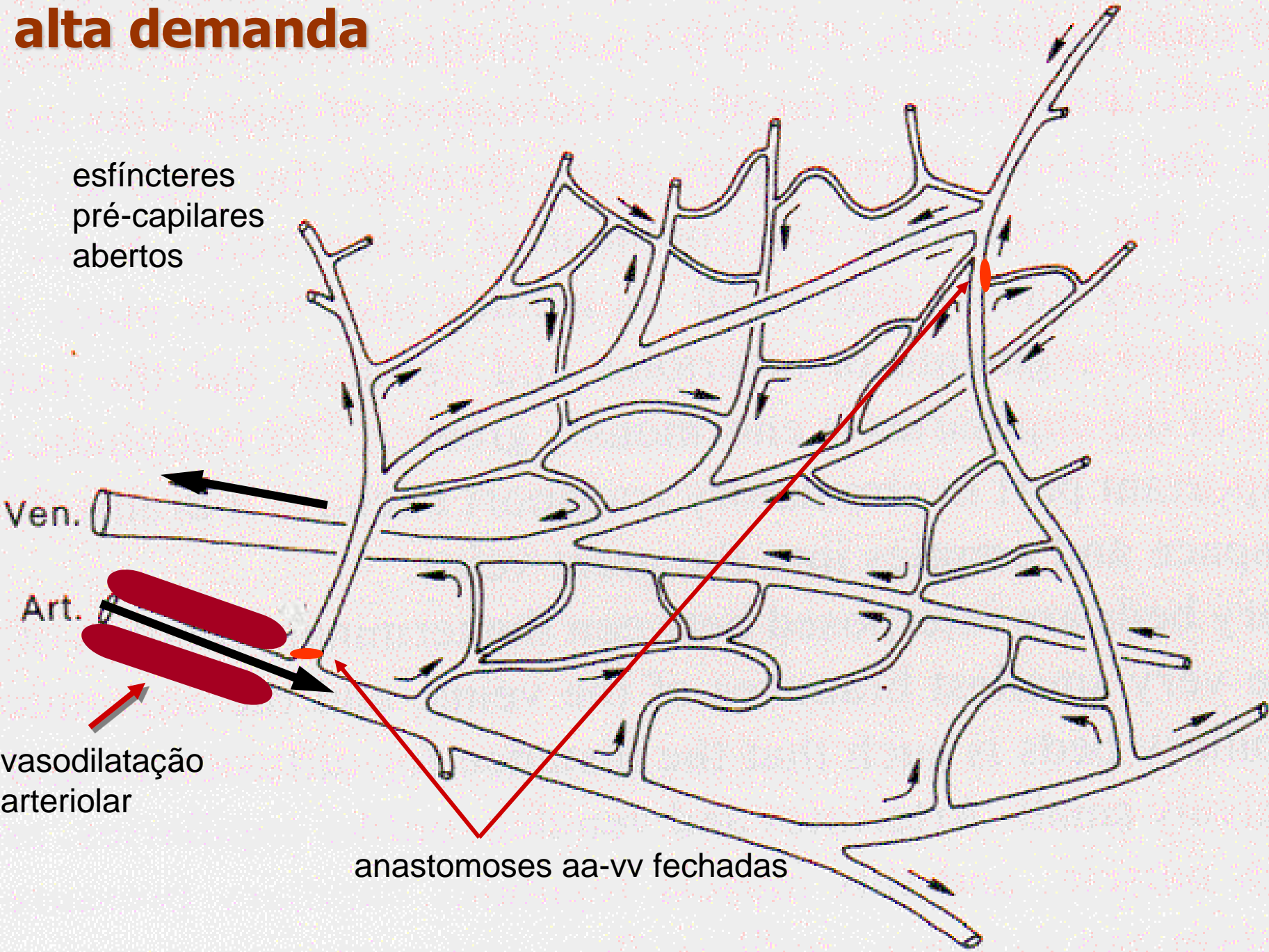
esfíncteres
pré-capilares
abertos

Ven.

Art.

vasodilatação
arteriolar

anastomoses aa-vv fechadas



- As características da microcirculação variam de órgão para órgão, dependendo do papel e da demanda energética de cada órgão
- Essa variação é multifatorial:
 - ⊕ relação aa:capilares
 - ⊕ nº de capilares/volume tecido
 - ⊕ junções das células endoteliais
 - ⊕ etc.

... barreiras ... ou, melhor, falta de facilidades para trocas ...

BARREIRA HEMATO-ENCEFÁLICA

Os capilares no S.N.C. são do tipo contínuo, com muito poucos canais inter células endoteliais e pobres em vesículas de transporte



Limitação das trocas entre esses meios

Outras barreiras: hemato-ocular; hemato-tímica

BALANÇO HÍDRICO NOS CAPILARES

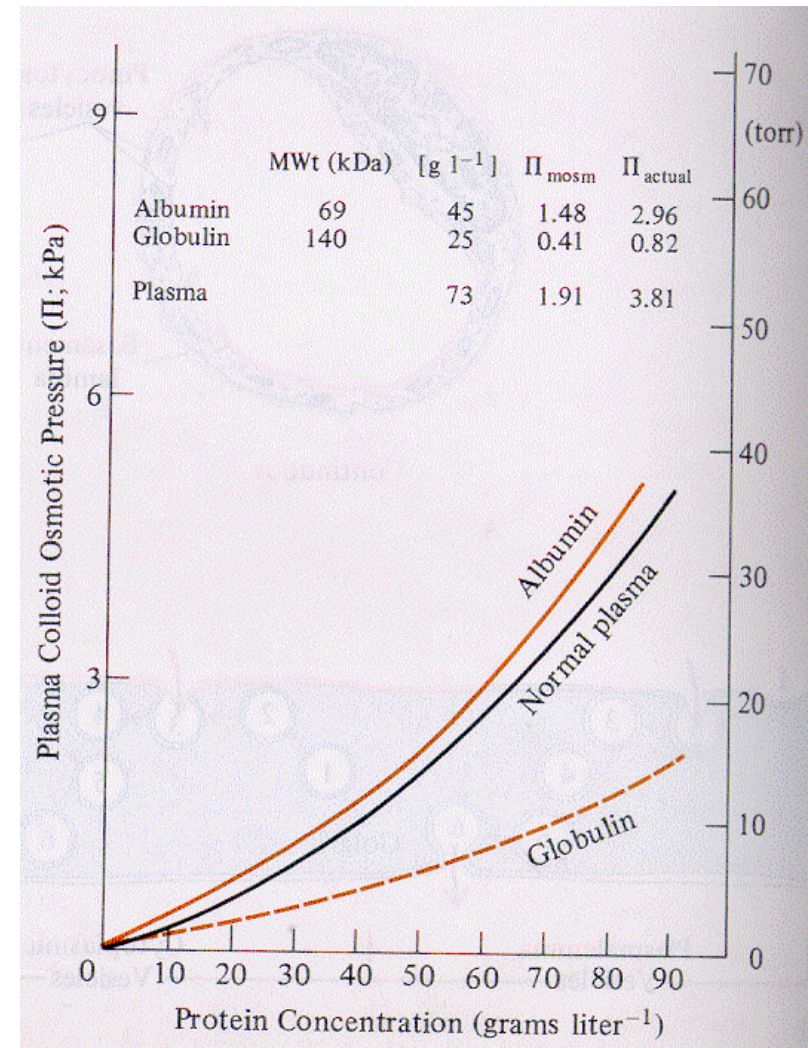
- Forças presentes
 - pressão hidrostática: é a pressão decorrente da compressão do líquido intravascular
 - pressão osmótica (coloidosmótica): é a pressão decorrente das propriedades coligativas da água, ou, de uma outra maneira, devido à diferença de **[H₂O]**

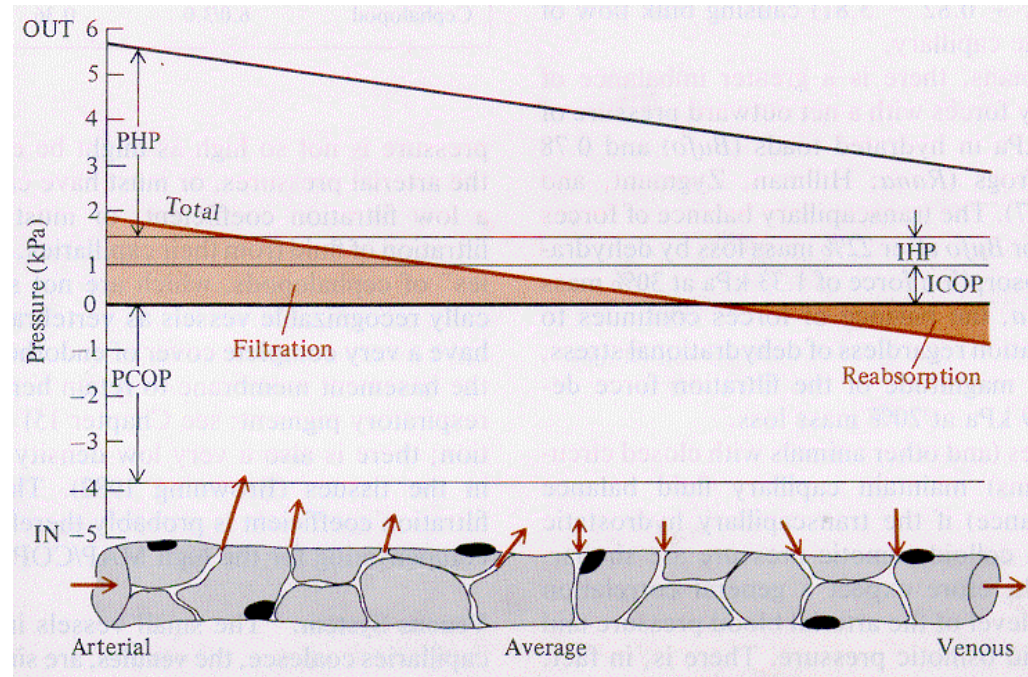
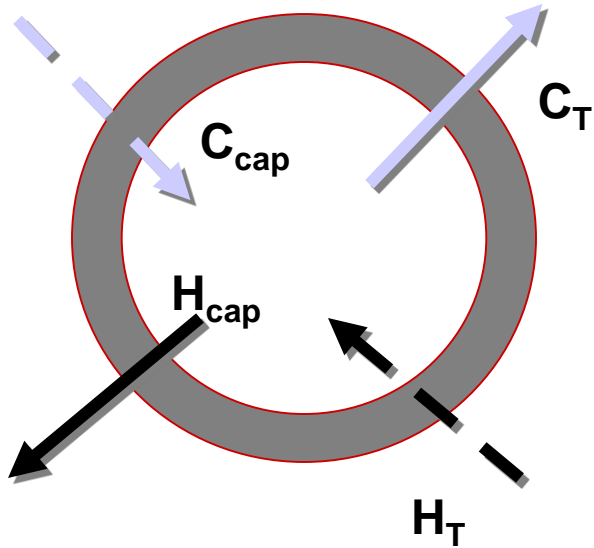
O QUE GERA CADA FORÇA

- *hidrostática*: relação $P \times V$
- *coloidosmótica*: solutos “impermeáveis” (pouco permeáveis) à barreira endotelial, ou seja, basicamente, são as proteínas plasmáticas → “colóide”

PRESSÃO COLOIDOSMÓTICA

- é uma função da [proteínas] e seus pesos moleculares
- como essas têm carga negativa, ocorre uma redistribuição de íons entre os compartimentos (devido à \neq [prot]) \Rightarrow *efeito Donnan*
- assim, a pressão osmótica real termina por ser uma função não-linear da [proteínas]





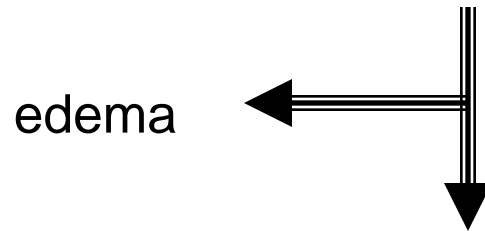
Na entrada do capilar, $H_{cap} + C_T > H_T + C_{cap}$

Com a saída de água, $\downarrow H_{cap}$, $\downarrow C_T$, $\uparrow H_T$ e $\uparrow C_{cap}$

Logo, na extremidade venosa, $H_{cap} + C_T < H_T + C_{cap}$ e água volta para dentro do sistema vascular.

ENTRETANTO

o balanço não é perfeito, e existe uma pequena
“sobra” de água no tecido

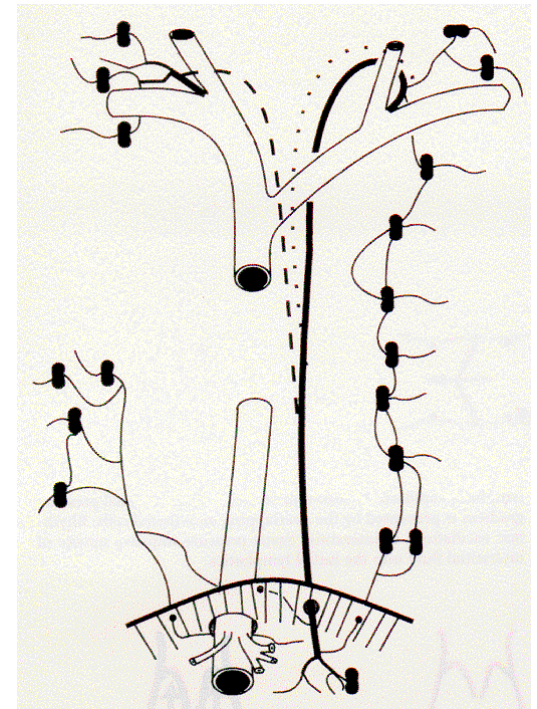
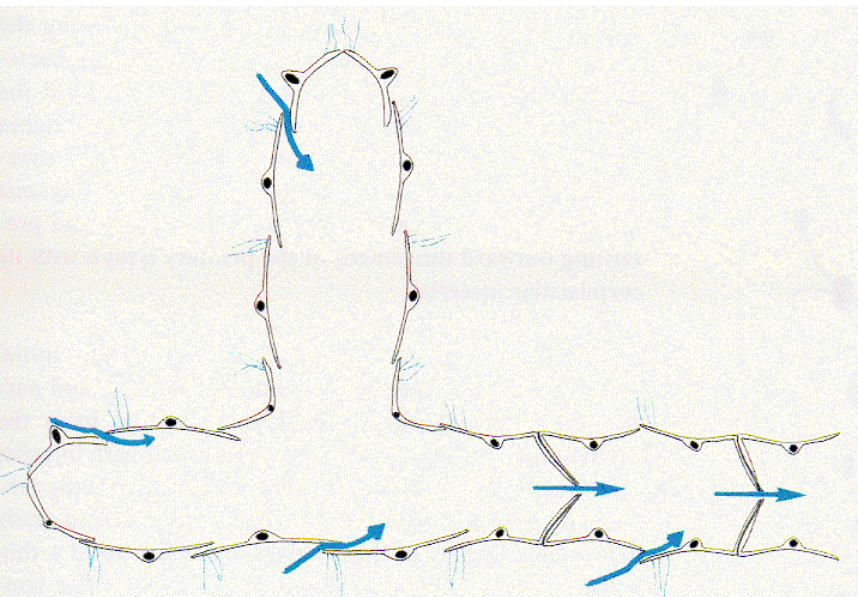


retorna pelo **sistema linfático**

SISTEMA LINFÁTICO

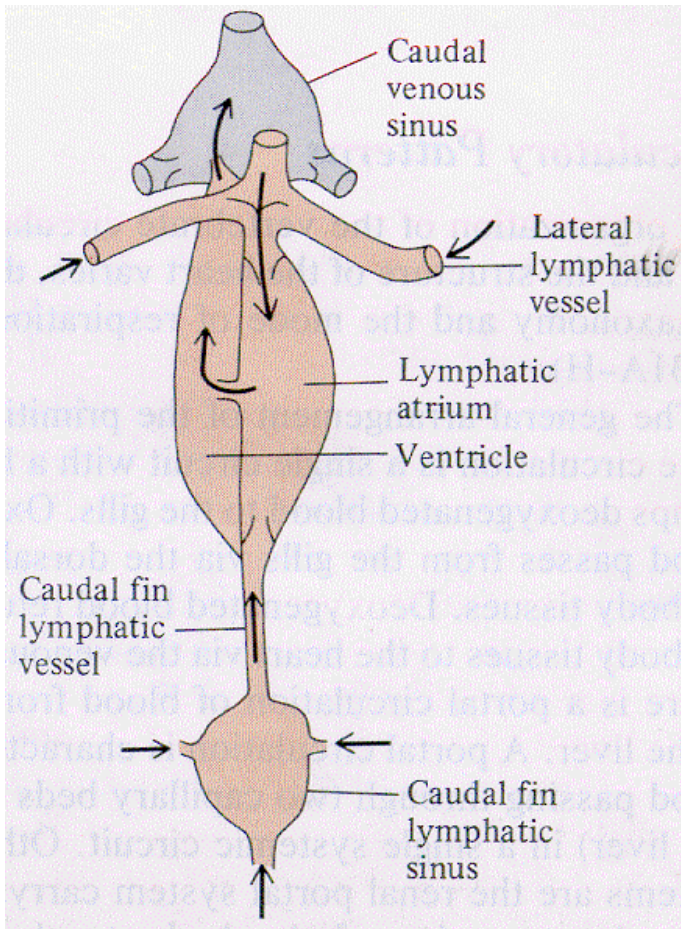
É um sistema de vasos que se assemelha ao sistema venoso, tanto em estrutura quanto em topologia.

No entanto, os capilares linfáticos terminam em fundo-cego nos tecidos.



FUNÇÕES I

- Basicamente, o S.L. drena o fluído não reabsorvido na porção venosa do capilar.
- Além disso, há um pequeno “vazamento” de proteínas para os tecido, que o S.L. “devolve” para o S.C..



Há muitas espécies com S.L. altamente desenvolvido, contando, inclusive, com corações linfáticos: algumas enguias, todos os anfíbios e répteis, embriões de aves, algumas aves adultas (e.g., avestruz)

FUNÇÕES II

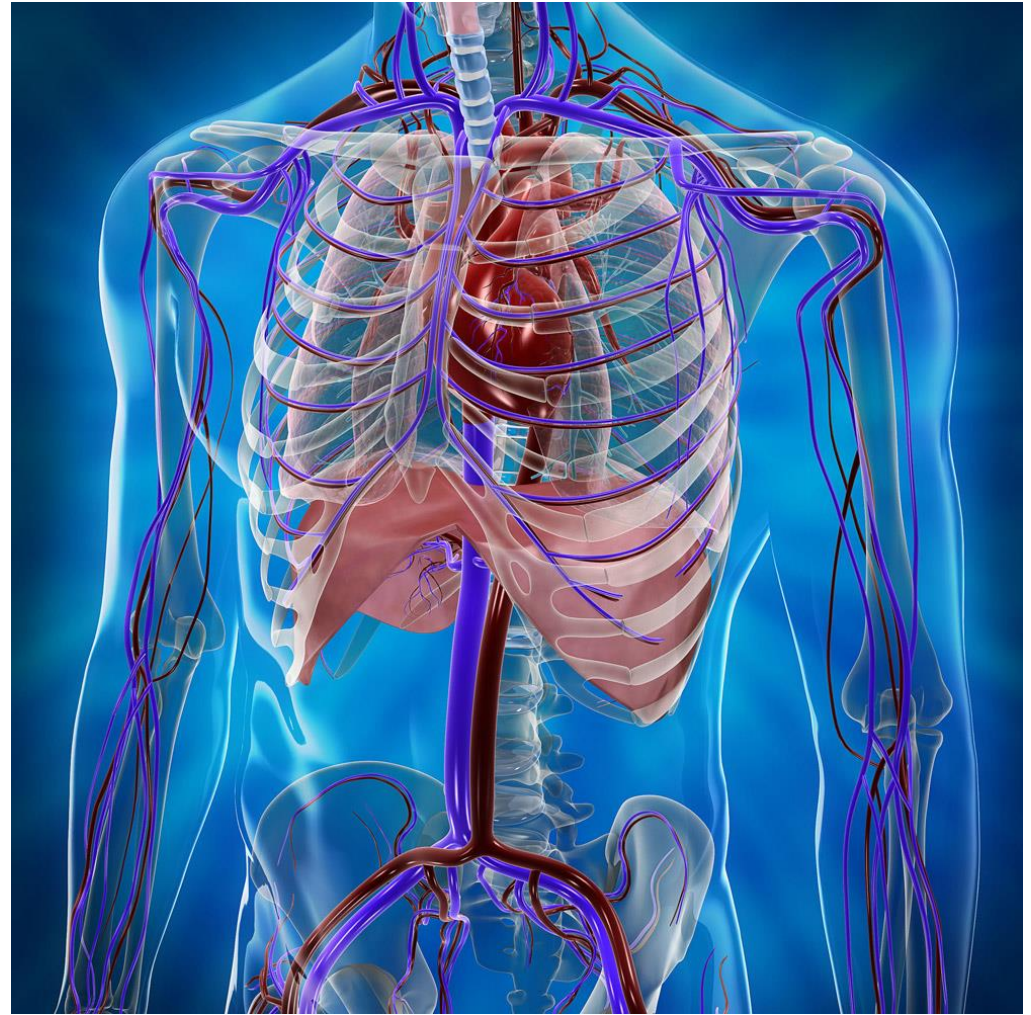
- Transporte de quilomícrons
- S.I. (principalmente em mamíferos)
- Passagem de água absorvida na pele para o interior do S.C. (anfíbios)

SISTEMA
CIRCULATORIO
HUMANO

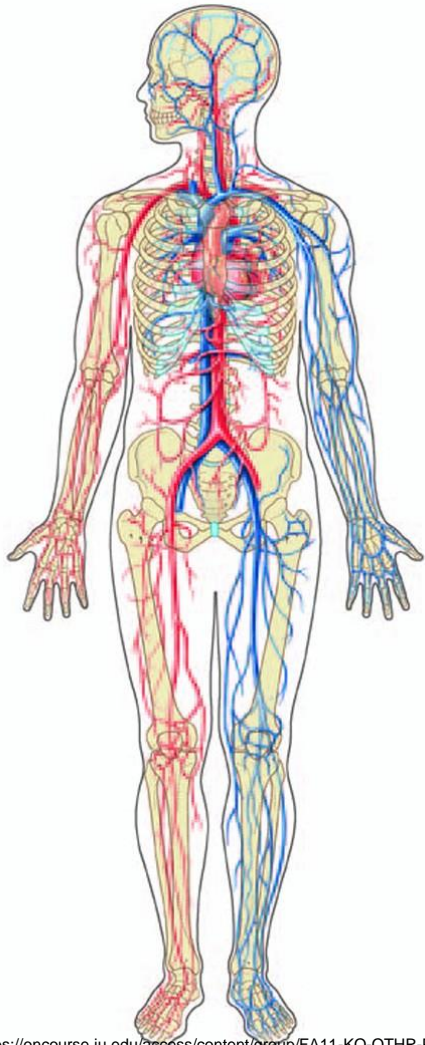
VISTA GERAL



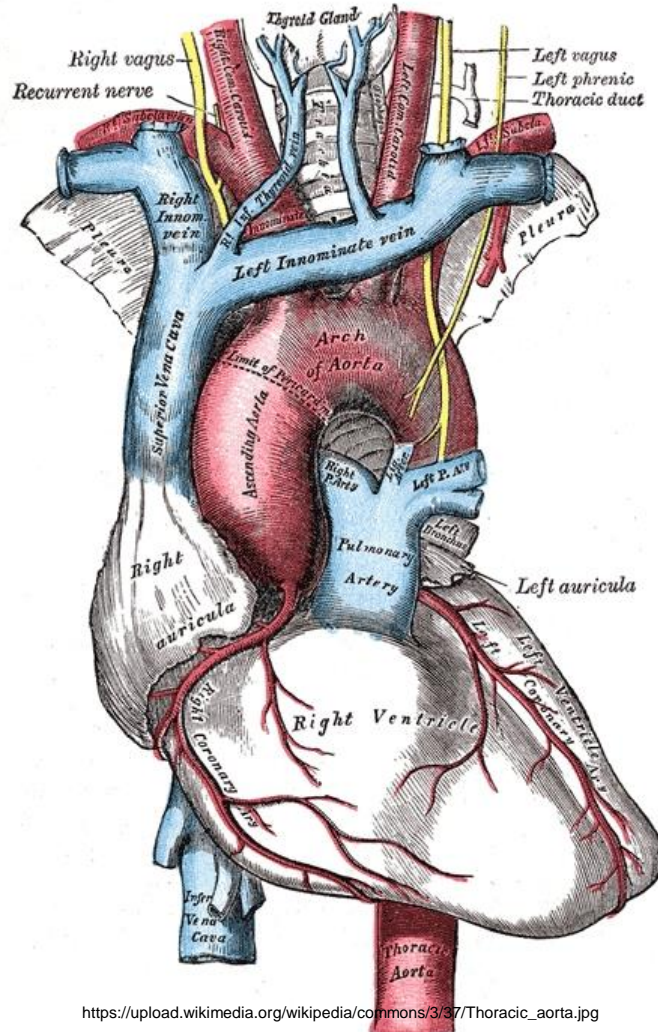
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/63/91/33/639133bdf885d96cd6dbf0b3b0b2a5d6.jpg>



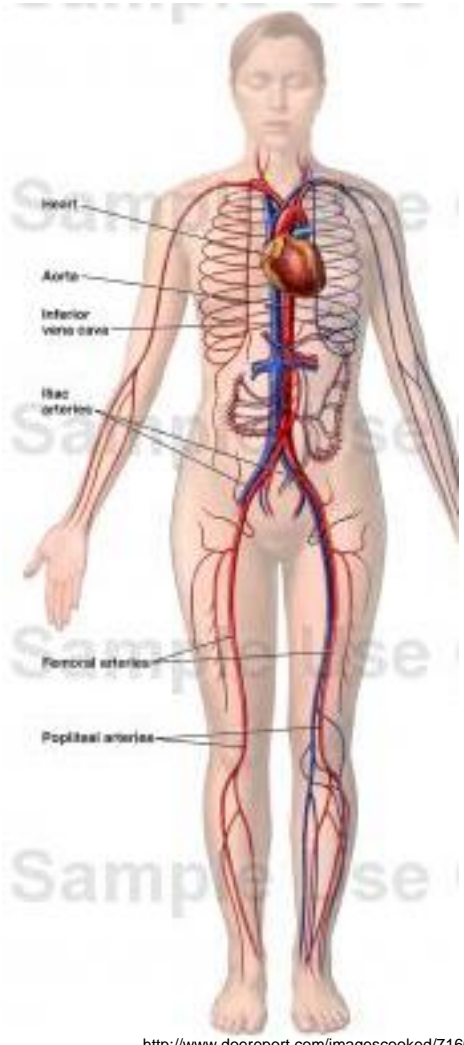
<http://3.bp.blogspot.com/-9Q9P3EUVj1w/UgSyDU9Sq9I/AAAAAAAAAC4I/Pw90A1r44Uc/s1600/3d-Cardiovascular-System6.jpg>



<https://oncourse.iu.edu/access/content/group/FA11-KO-OTHR-PRAC-36322/Help>

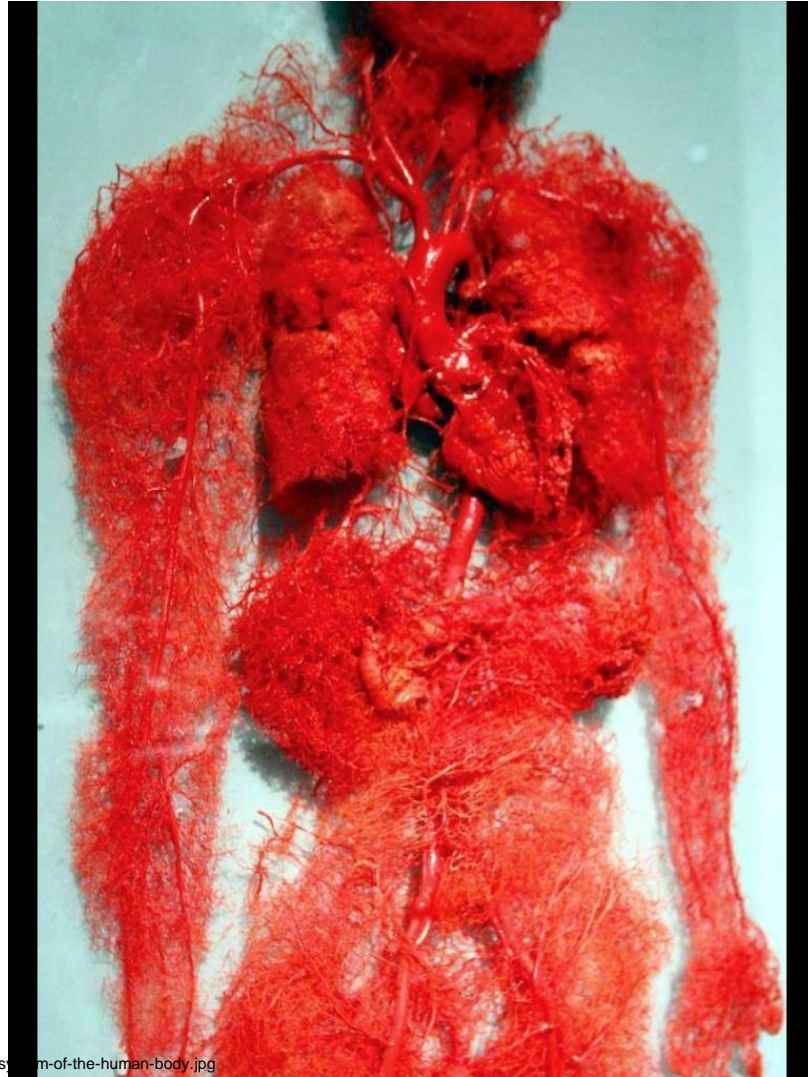


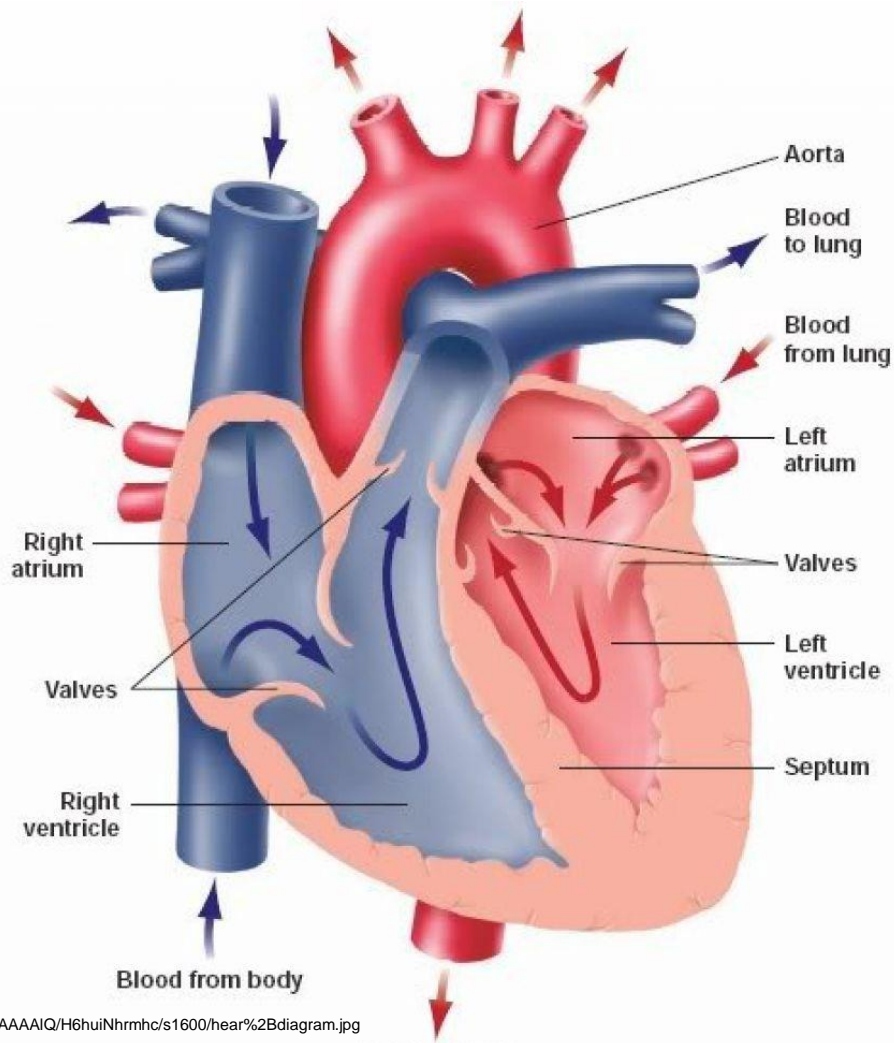
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Thoracic_aorta.jpg

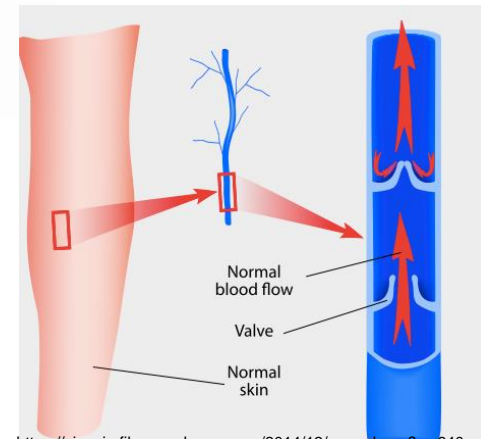
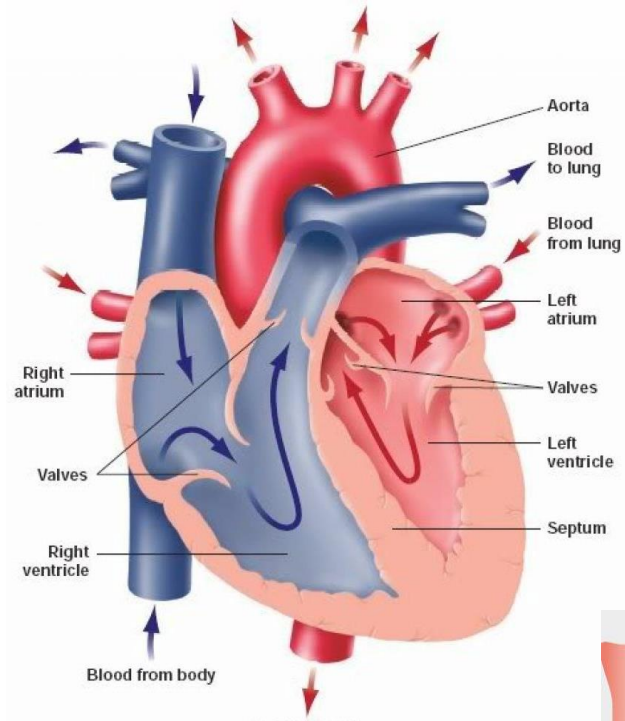
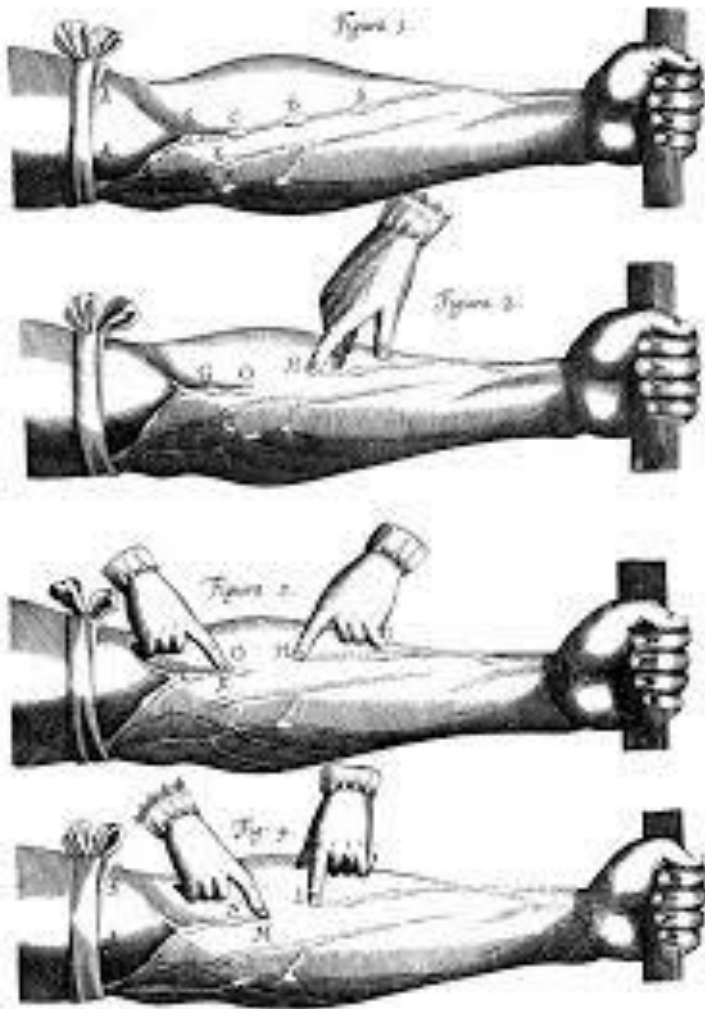


system.jpg

<http://www.doereport.com/imagescooked/71669W.jpg>



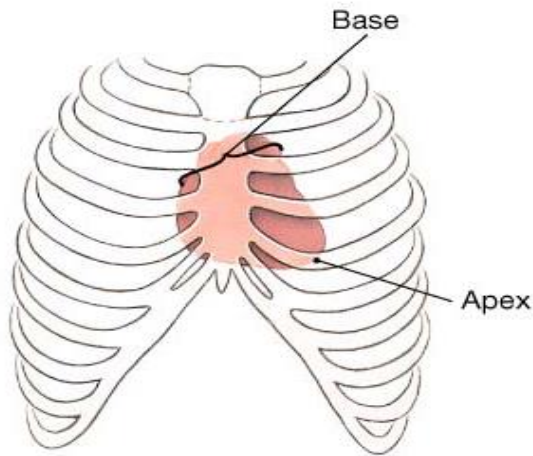




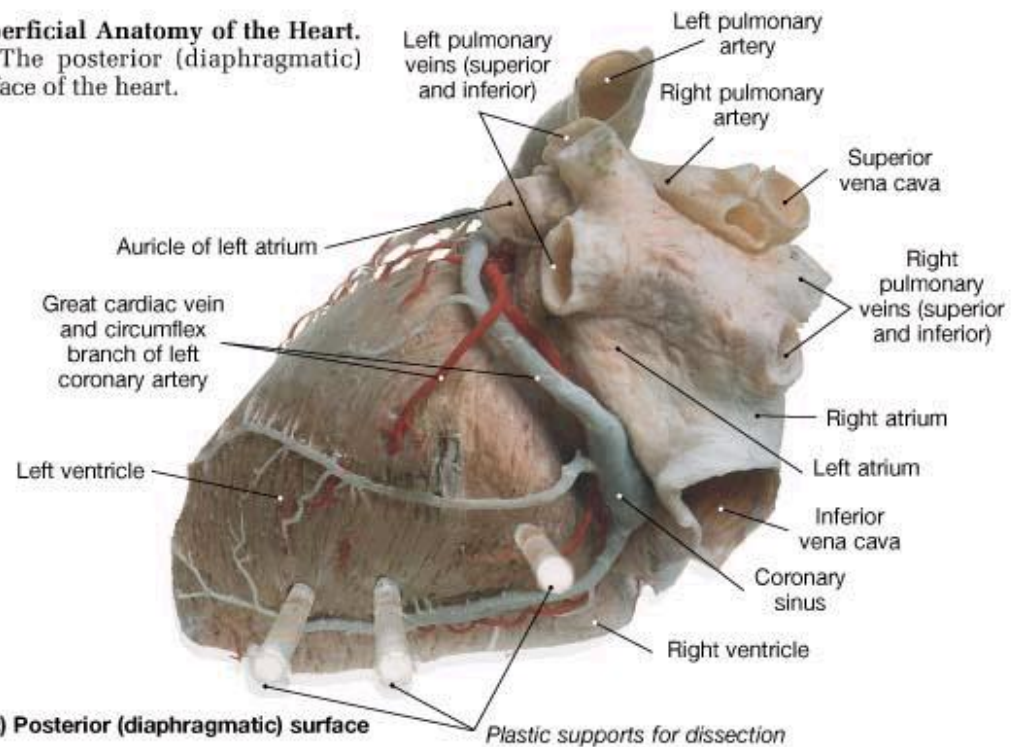
<https://vipvein.files.wordpress.com/2014/12/normal.png?w=640>

ATIVIDADE ELÉTRICA DO MIOCÁRDIO

ORGANIZAÇÃO HELICOIDAL DAS FIBRAS



Superficial Anatomy of the Heart.
(c) The posterior (diaphragmatic) surface of the heart.



ORIGEM DA EXCITAÇÃO ELÉTRICA

- Corações miogênicos
 - a excitação tem origem não-nervosa (mas podem ter componentes moduladores)
 - tunicados, moluscos lamelibrânquios e gastrópodes, alguns insetos, vertebrados
- Corações neurogênicos
 - dependem da inervação extrínseca para o início da excitação
 - corações linfáticos de peixes e anfíbios, crustáceos, alguns insetos, aranhas

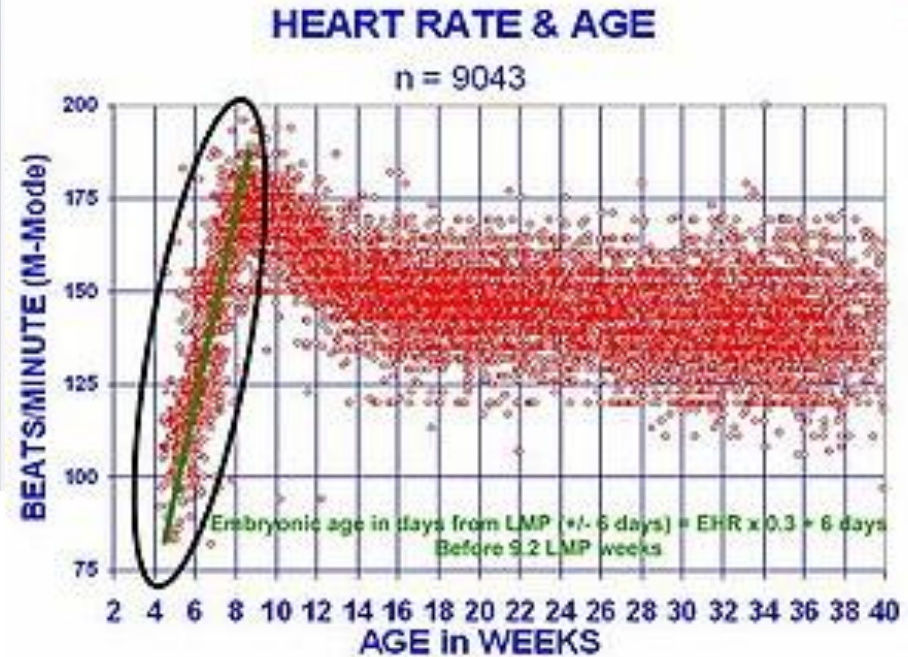
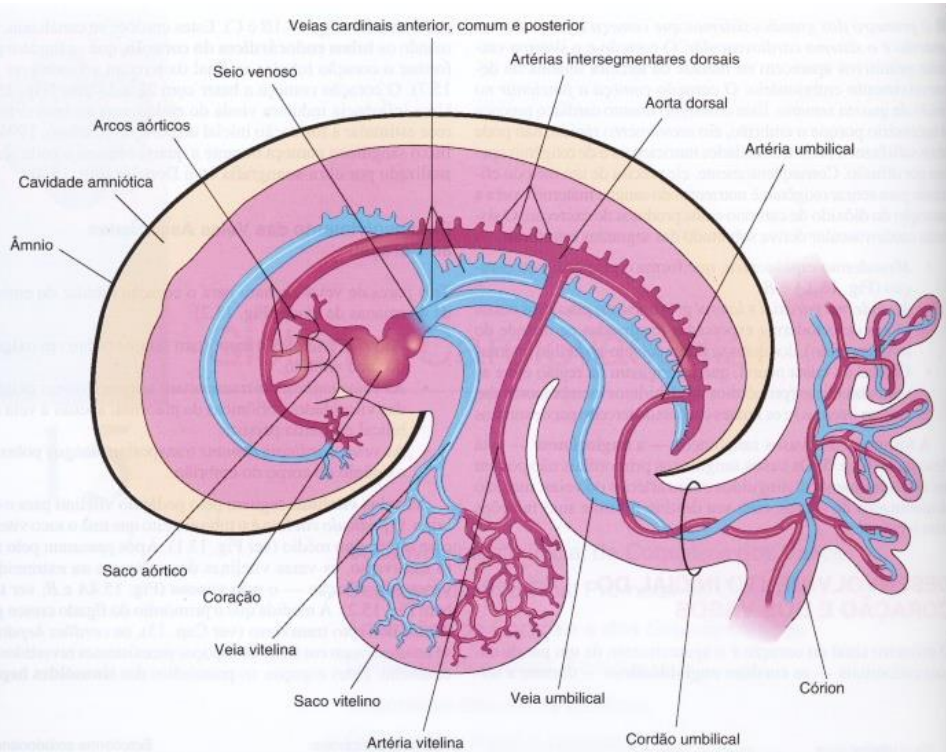
TECIDO CONDUTOR ESPECIALIZADO (AVES E MAMÍFEROS)

- São células do miocárdio que se diferenciam (perdem propriedades contráteis)
 - geram o impulso elétrico
 - conduzem o impulso elétrico
- Importância
 - despolarização ordenada (A-V)
 - despolarização sincronizada

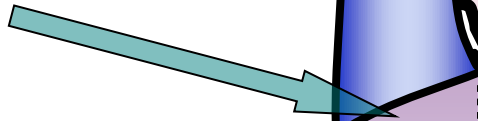
LOCALIZAÇÃO DO TECIDO CONDUTOR

Os batimentos cardíacos se iniciam no 24^o dia após a fecundação

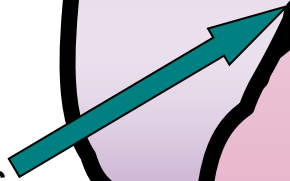
Os primeiros vasos se formam na 4^a semana



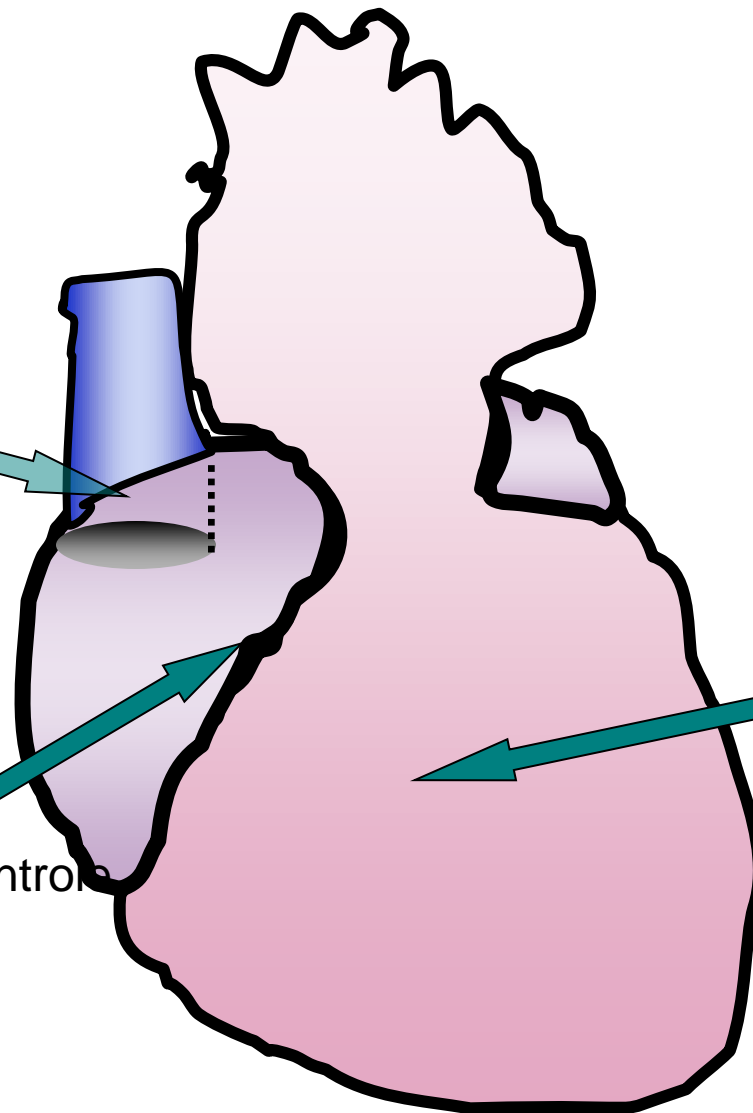
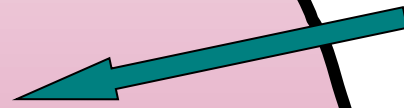
Seio venoso
Assume o controle

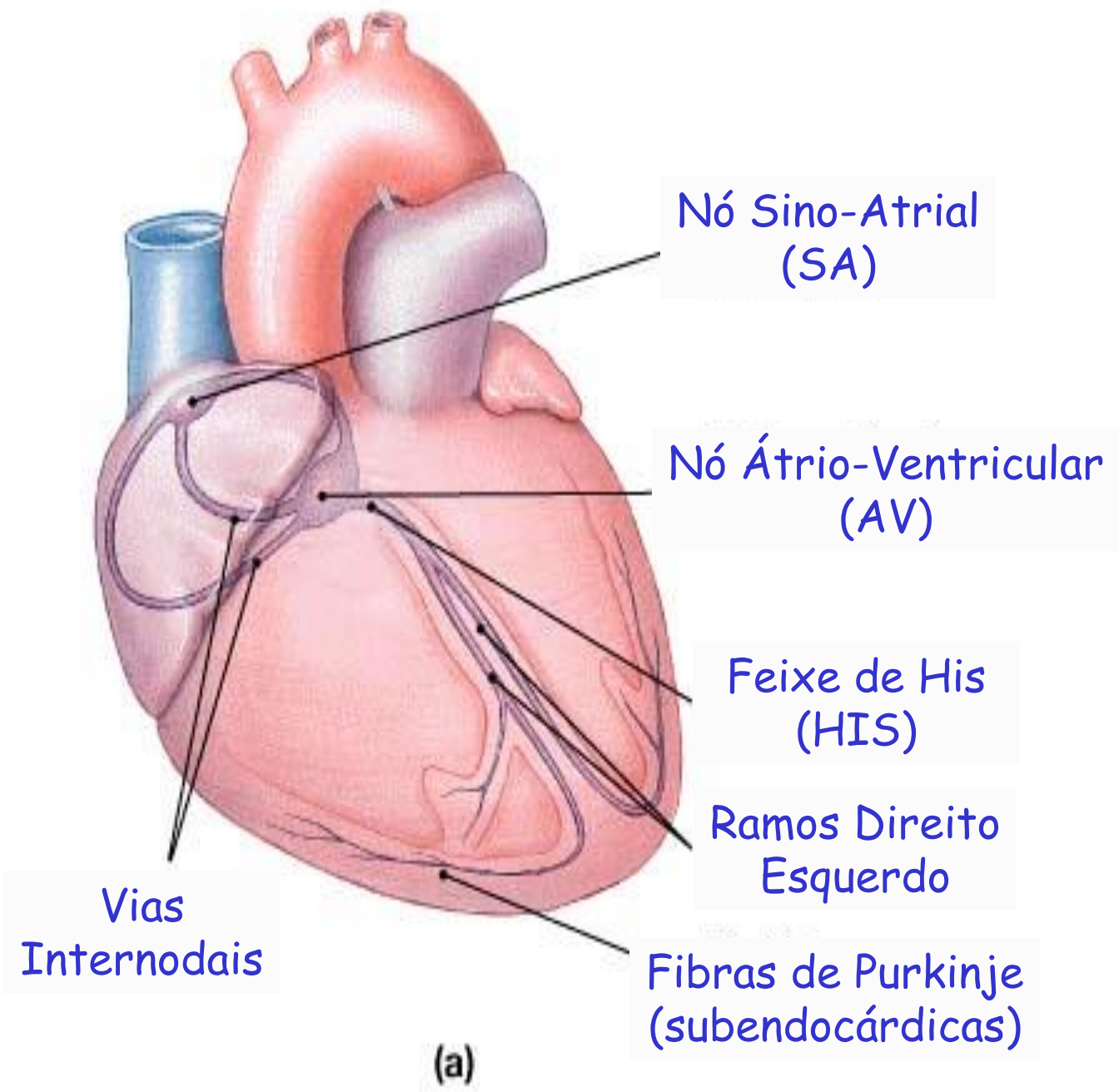


Fusão com os átrios
A região assume o controle

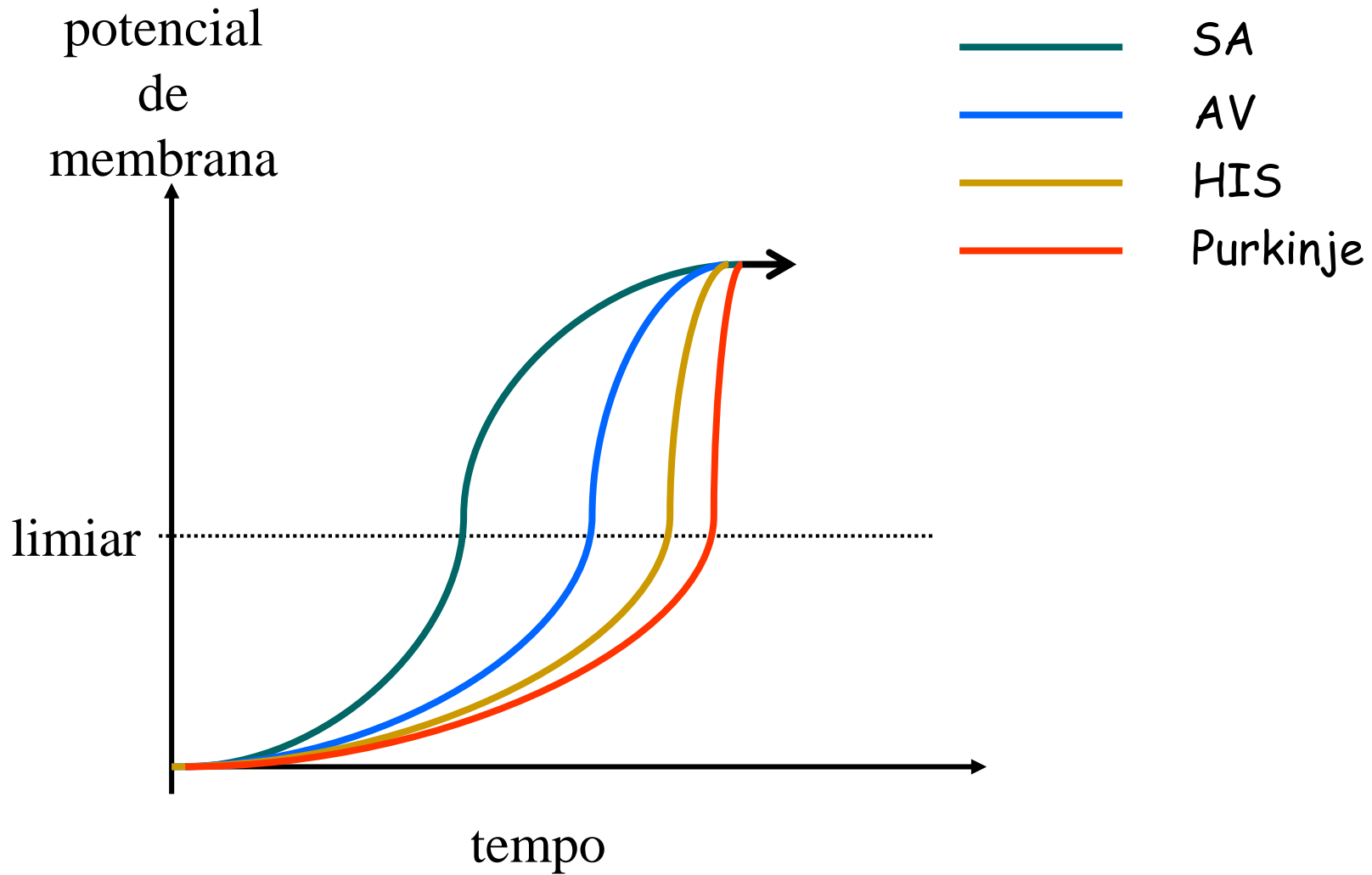


Cone ventricular
(1º mês)
Batimentos iniciais





QUEM É O MARCA-PASSO?

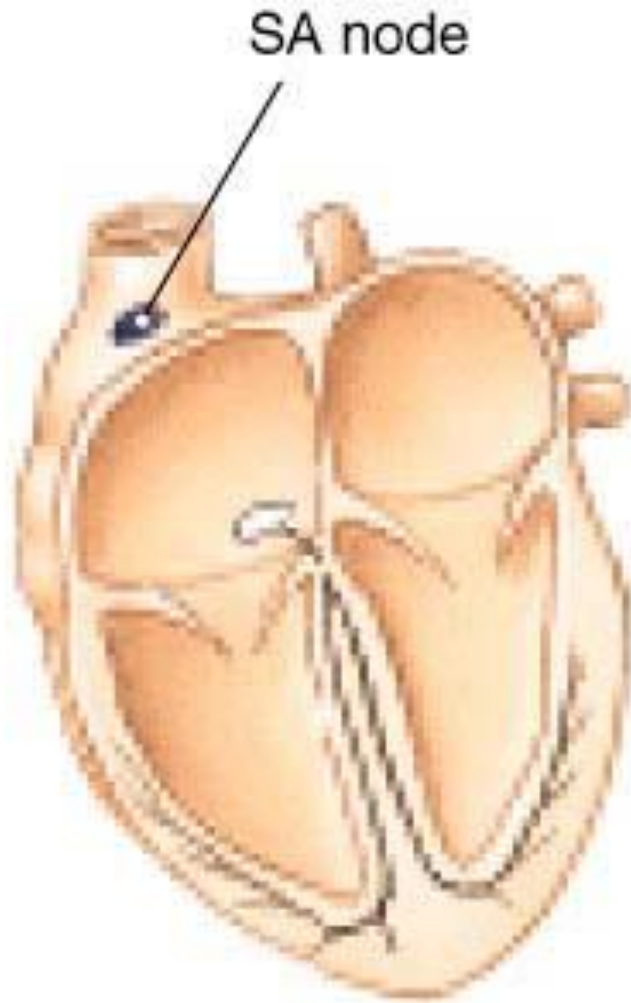


TODO O SISTEMA CONDUTOR TEM AUTO-DESPOLARIZAÇÃO

QUEM É O MARCA-PASSO?

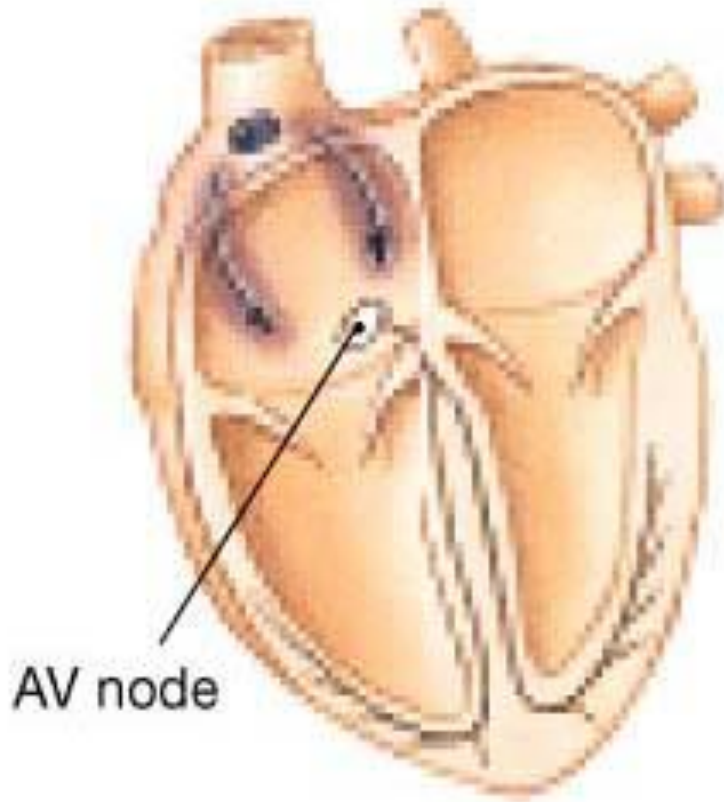
AQULE QUE DISPARA MAIS RÁPIDO
ou seja
ATINJE O LIMIAR PRIMEIRO

A TRANSMISSÃO DO IMPULSO



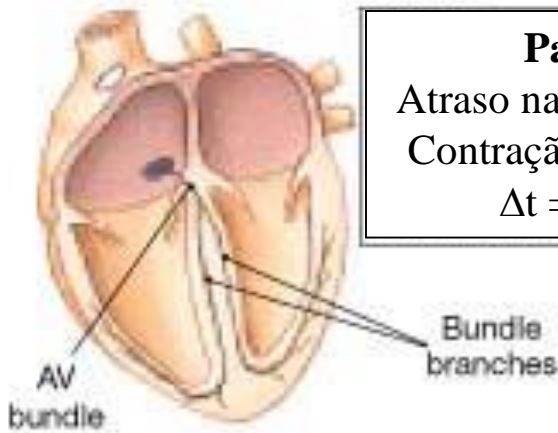
Passo 1:
Nó SA dispara
 $t = 0$





Passo 2:
Feixes SA-AV de condução preferencial
Impulso chega ao nó AV
 $\Delta t = 50\text{ms}$

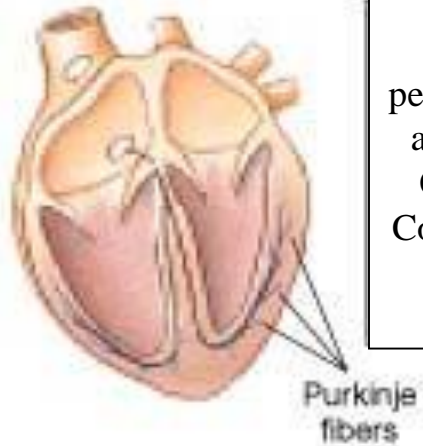




Passo 3:
Atraso na condução AV
Contração atrial inicia
 $\Delta t = 150\text{ms}$



Passo 4:
O impulso viaja ao longo do septo, pelos feixes de His
 $\Delta t = 175\text{ms}$



Passo 5:
O impulso é distribuído pelas fibras de Purkinje para a musculatura ventricular
Contração atrial termina
Contração ventricular inicia
 $\Delta t = 225\text{ms}$

MODULAÇÃO AUTONÔMICA DO CORAÇÃO

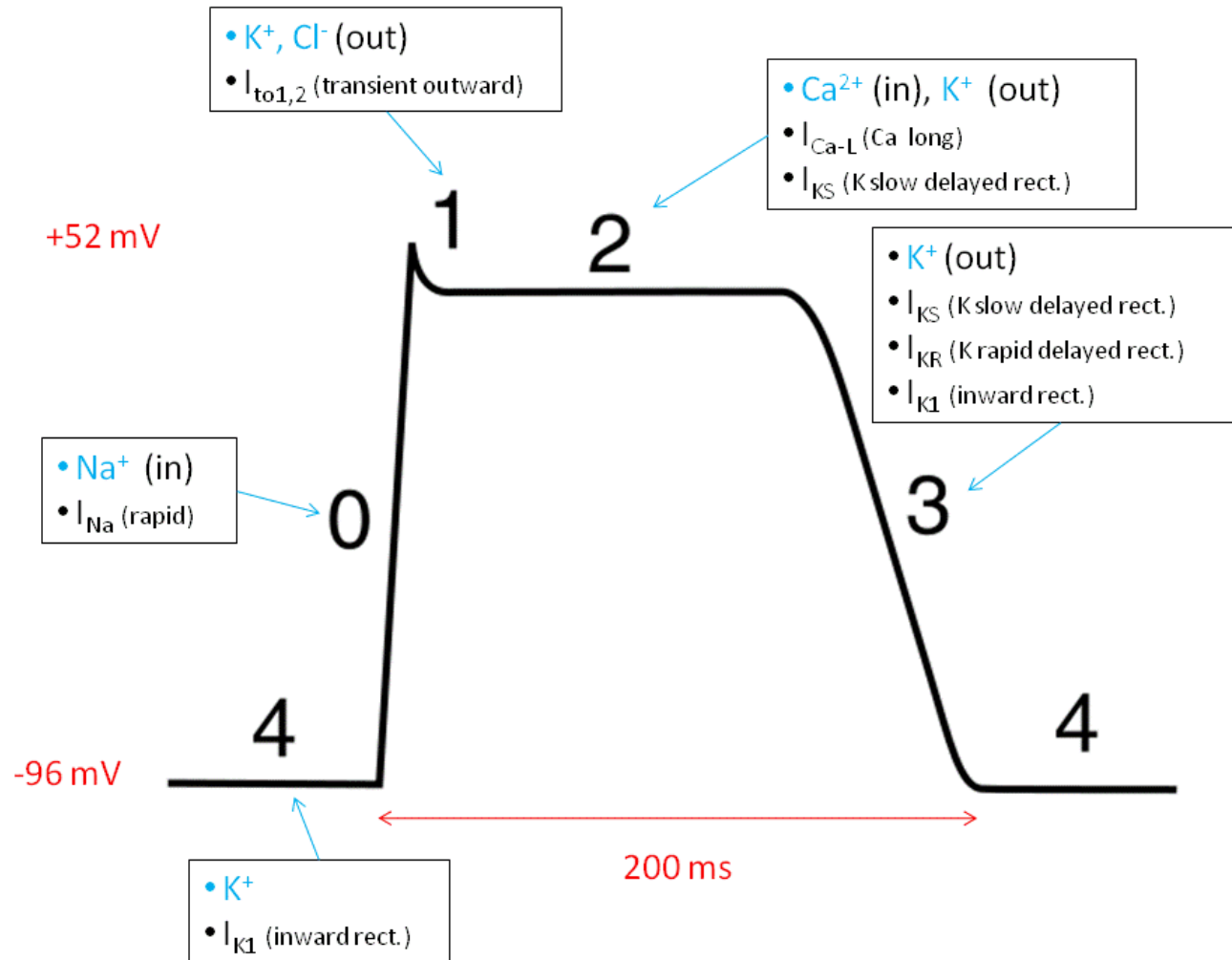
S.N.A. SIMPÁTICO (CATECOLAMINAS: E E NE)

- Efeitos
 - ↑ força de contração
 - ↑ frequência cardíaca
 - ↑ velocidade de condução
 - ↑ “auto-excitabilidade” das fibras de Purkinje
 - ↓ do tempo do P.A.
- Causas
 - ↑ condutância ao Ca^{++} → ↑ $[\text{Ca}^{++}]_i$
 - outras condutâncias iônicas e de retículo sarcoplasmático ainda não esclarecidas

S.N.A. PARASSIMPÁTICO (ACETILCOLINA)

- Efeitos
 - ↓ força de contração
 - ↓ frequência cardíaca
 - ↓ velocidade de condução AV
- Causas
 - ↑ condutância ao K^+ → hiperpolarização
 - ↓ condutância ao Ca^{++}
 - outros

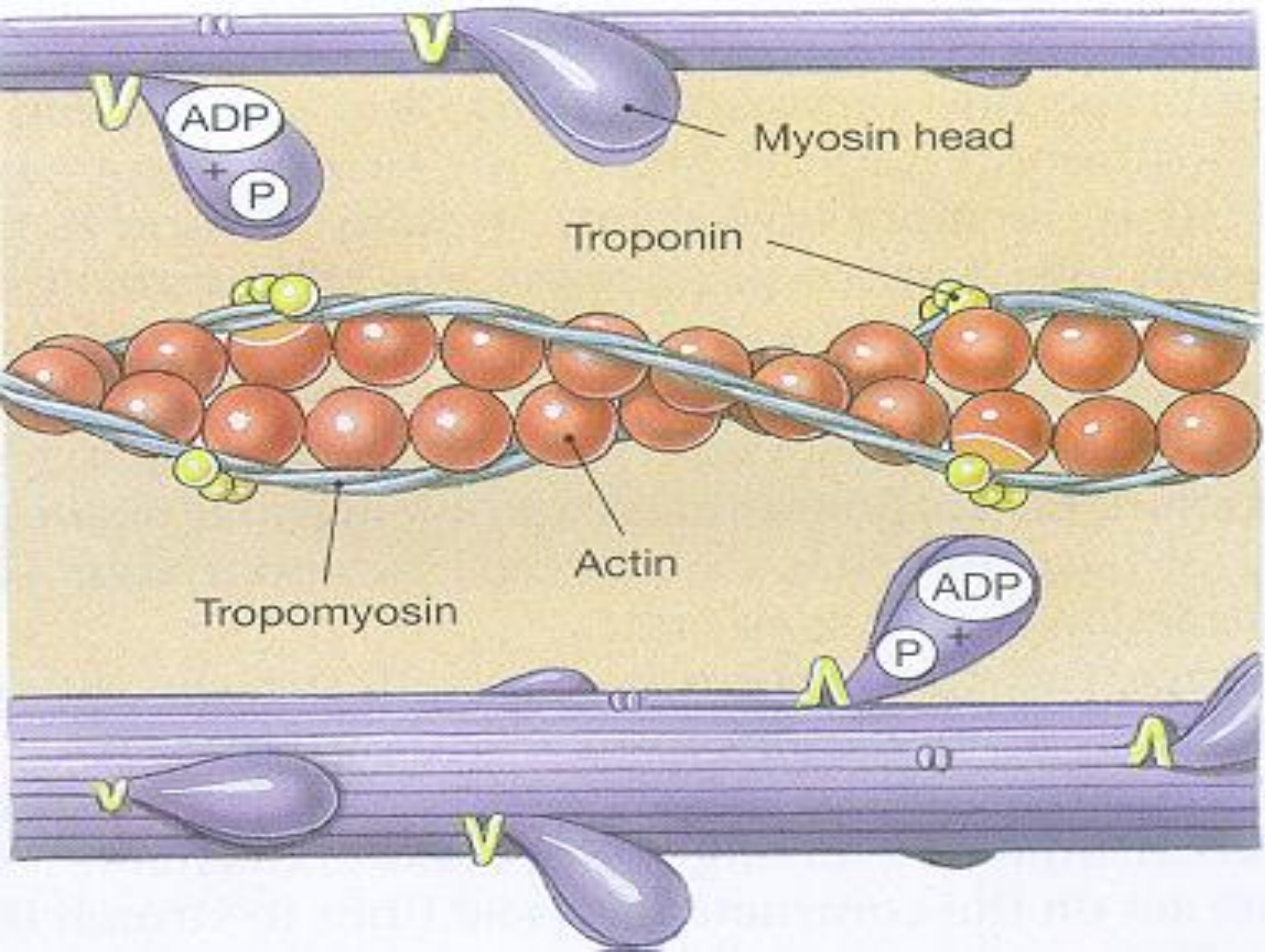
POTENCIAL DE UMA CÉLULA DO MIOCÁRDIO

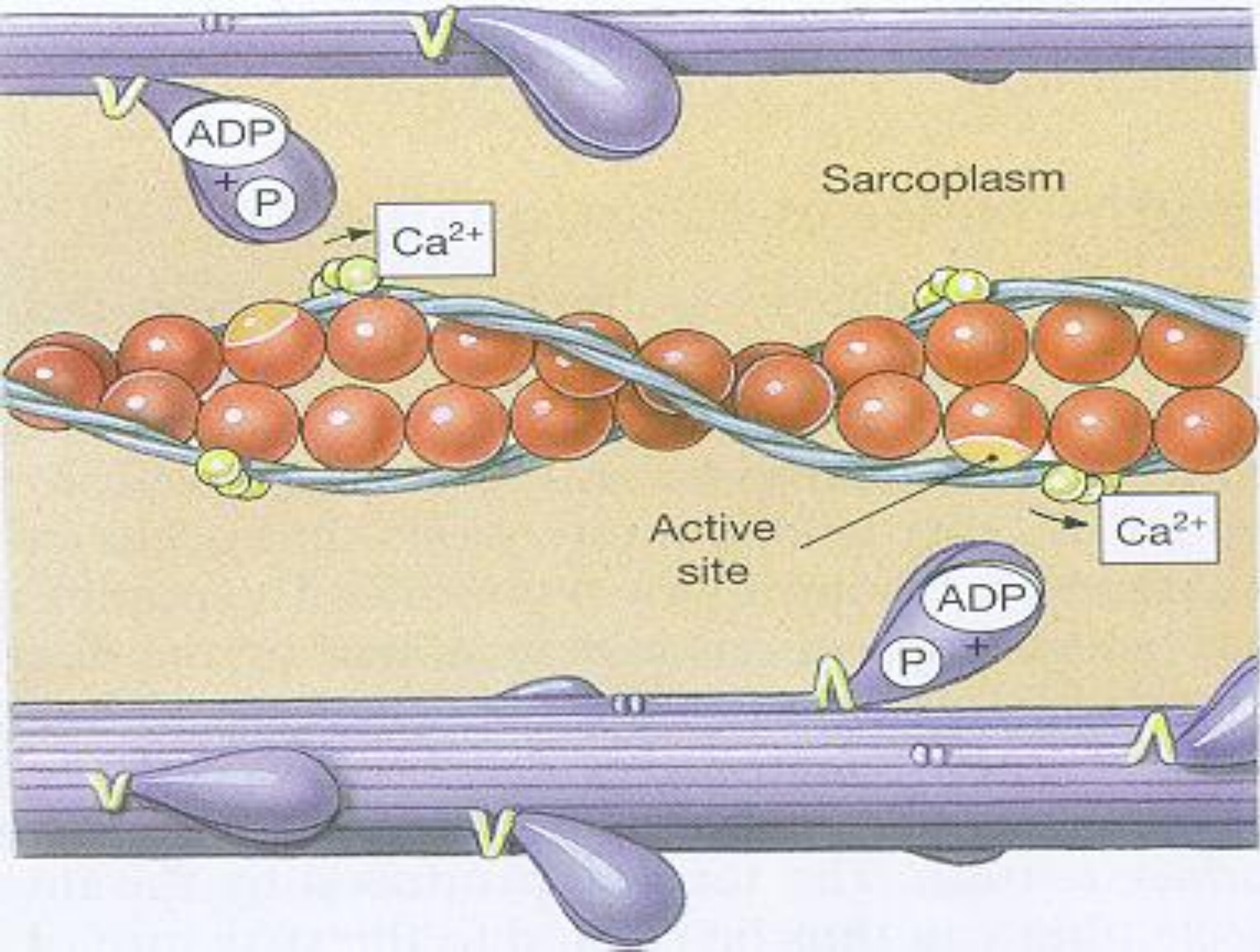


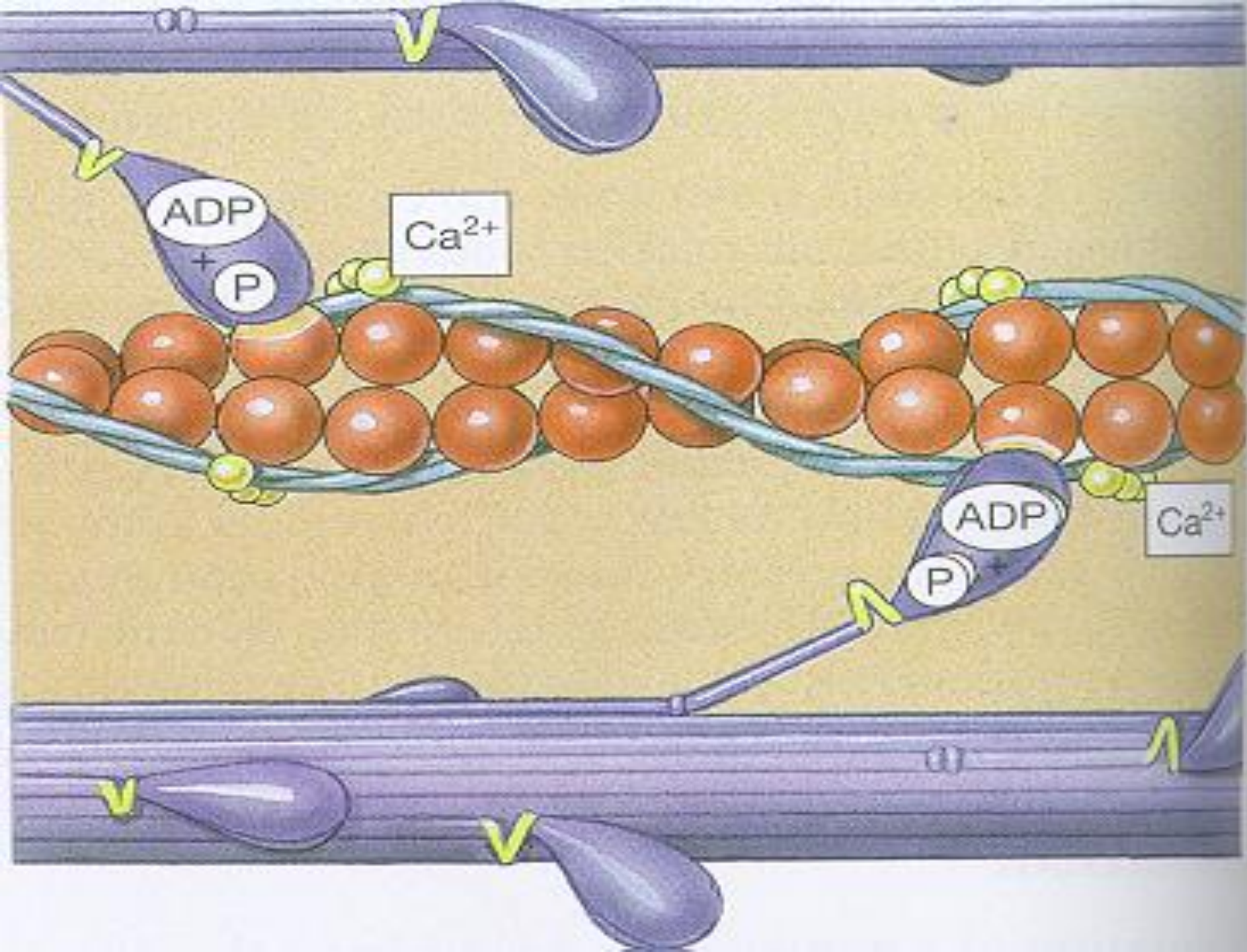
ACOPLAMENTO EXCITAÇÃO-CONTRAÇÃO

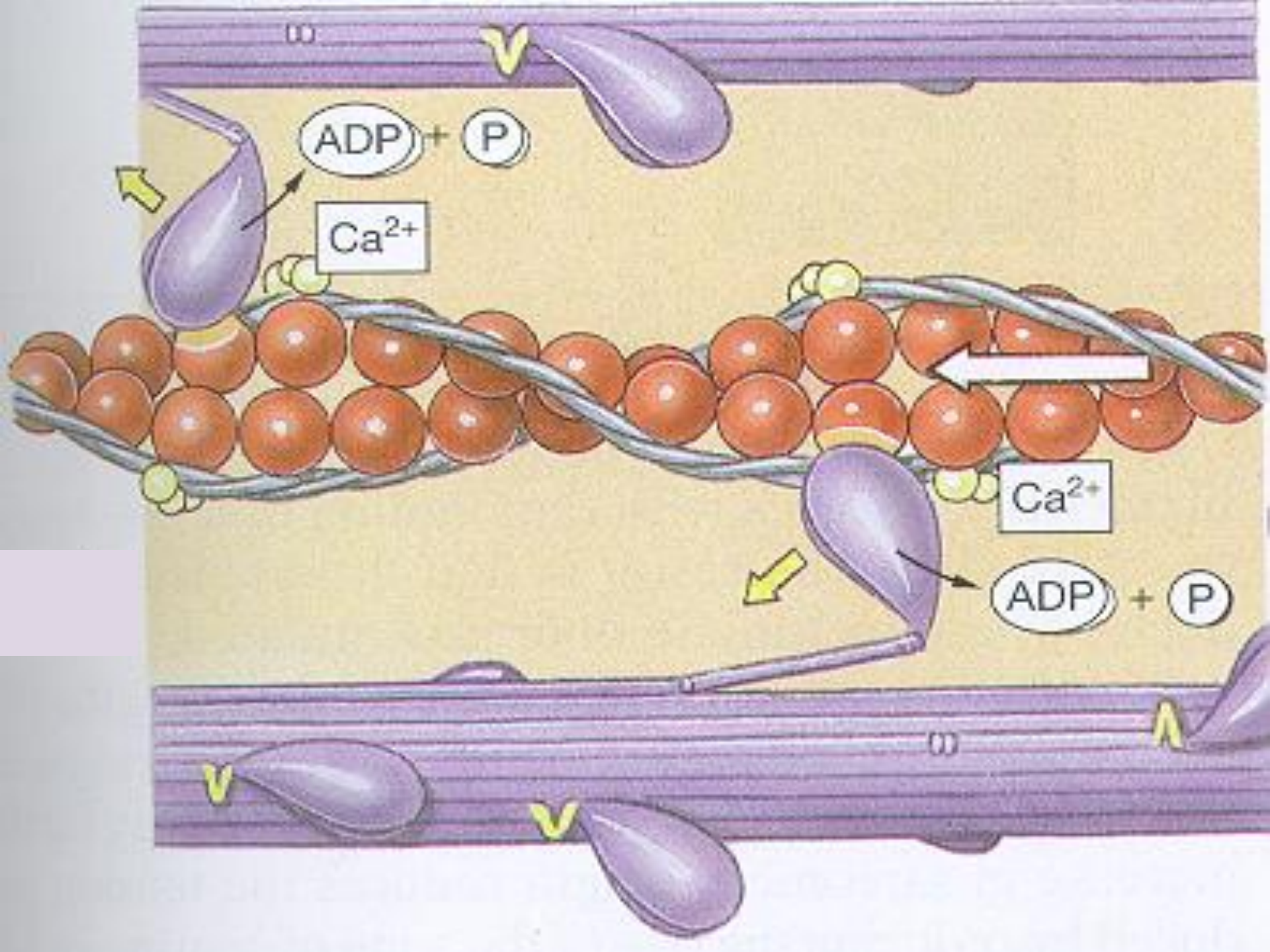
O POTENCIAL-DE-AÇÃO (EVENTO ELÉTRICO)

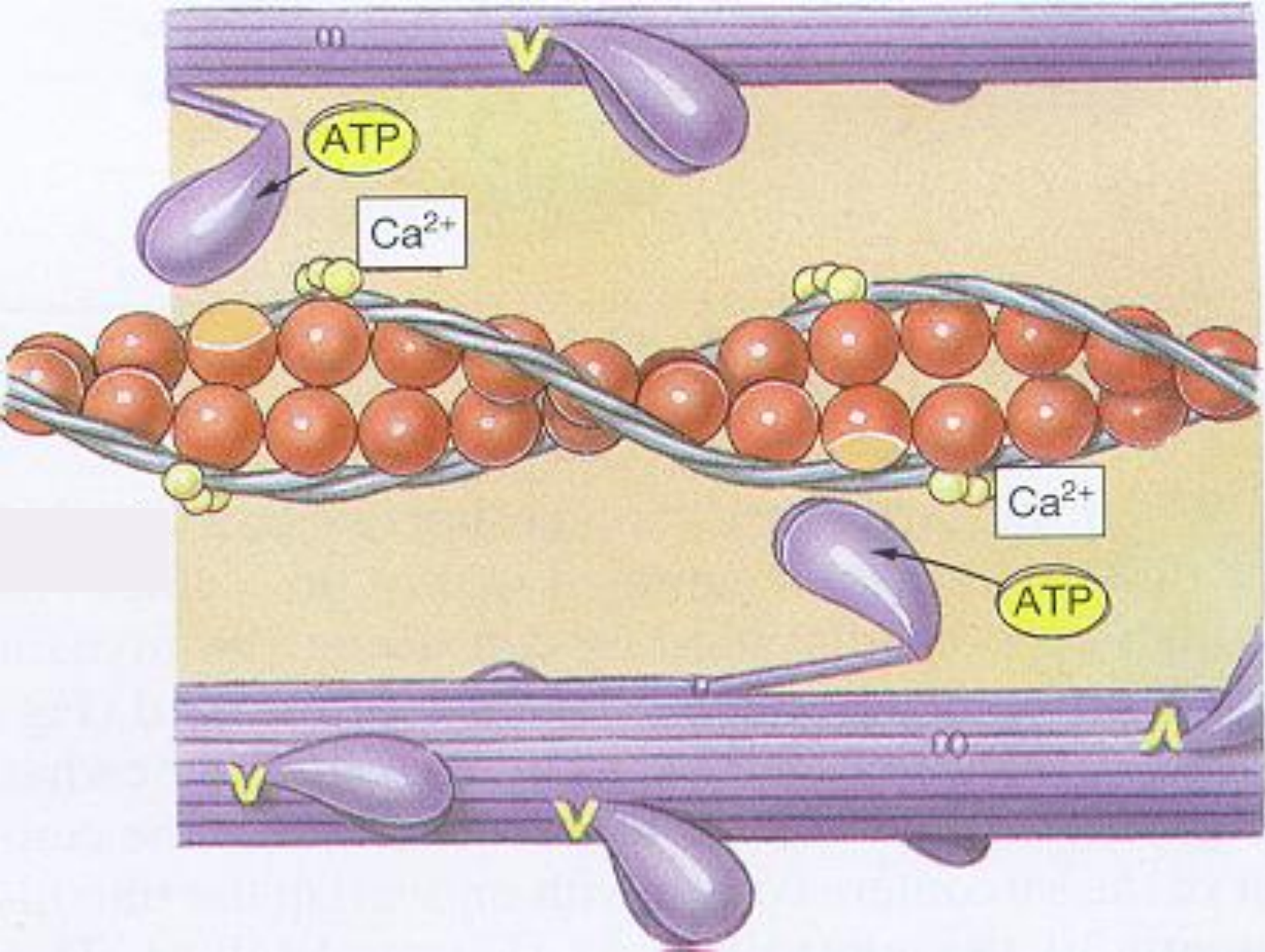
- \uparrow condutância de Ca^{++} na membrana
- Causa liberação de Ca^{++} do R.S.
- $\Rightarrow \uparrow [\text{Ca}^{++}]_i$ livre

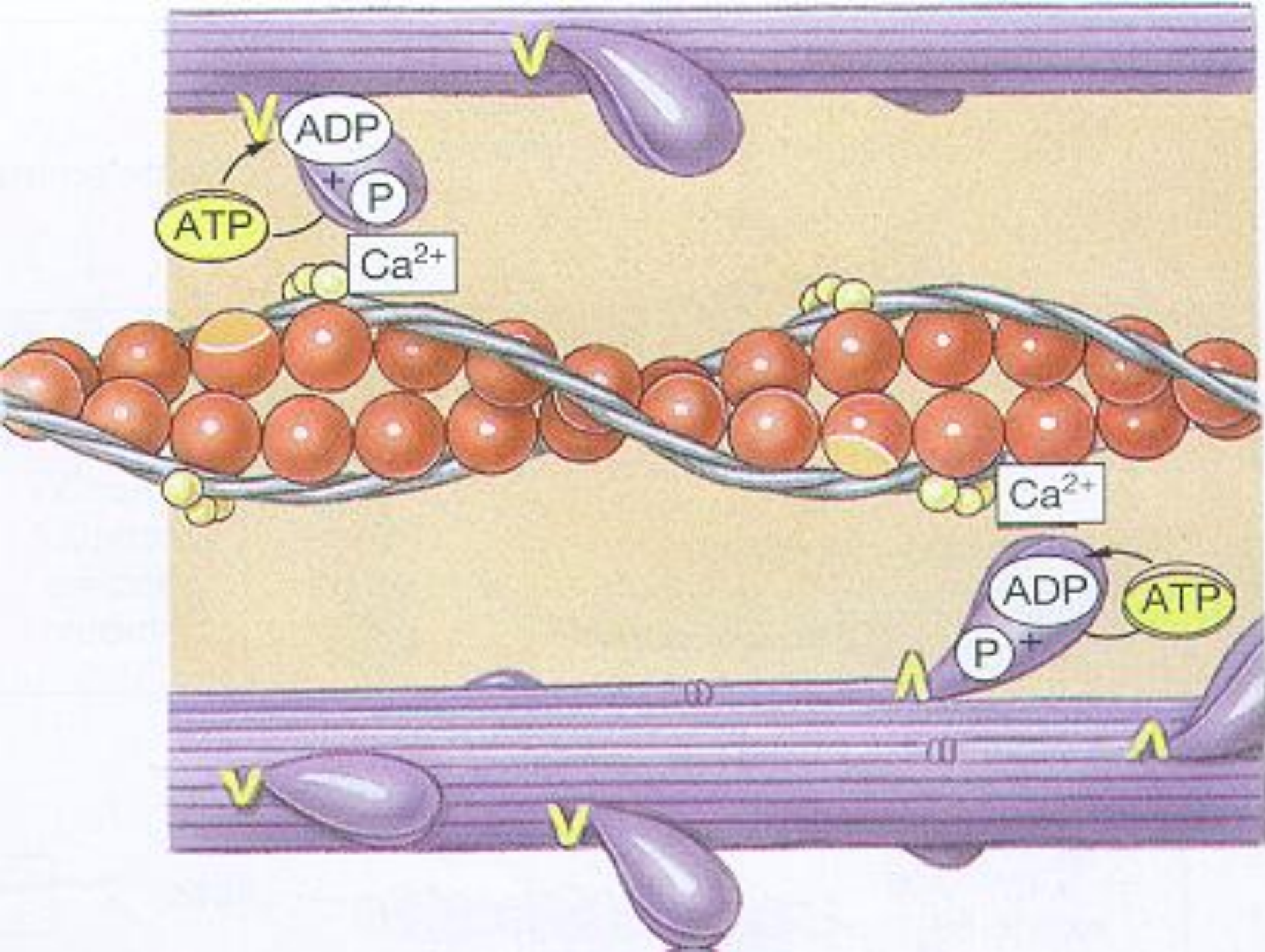


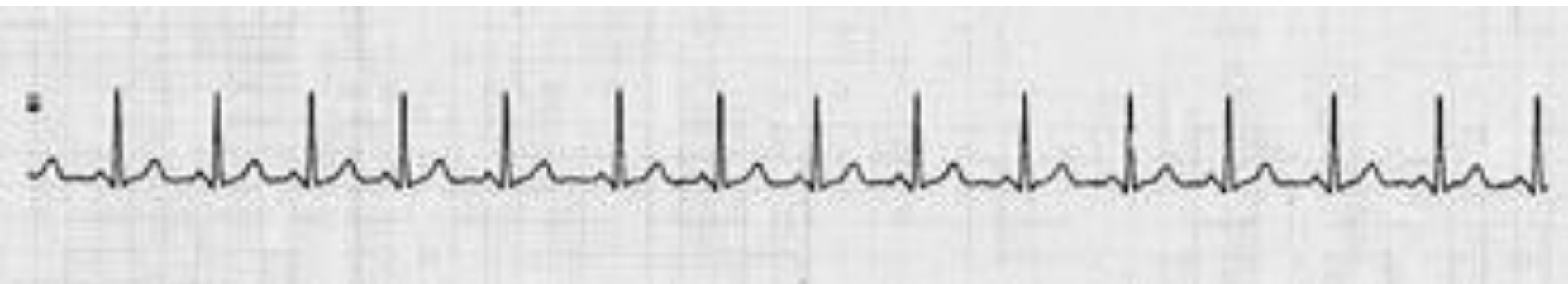






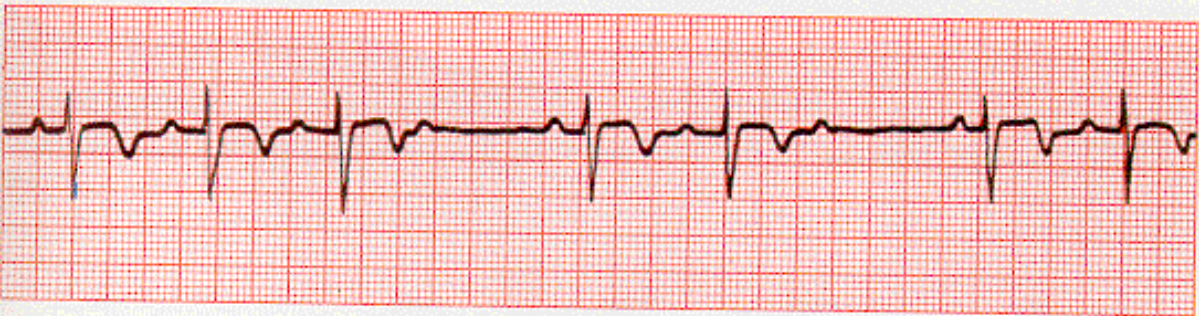
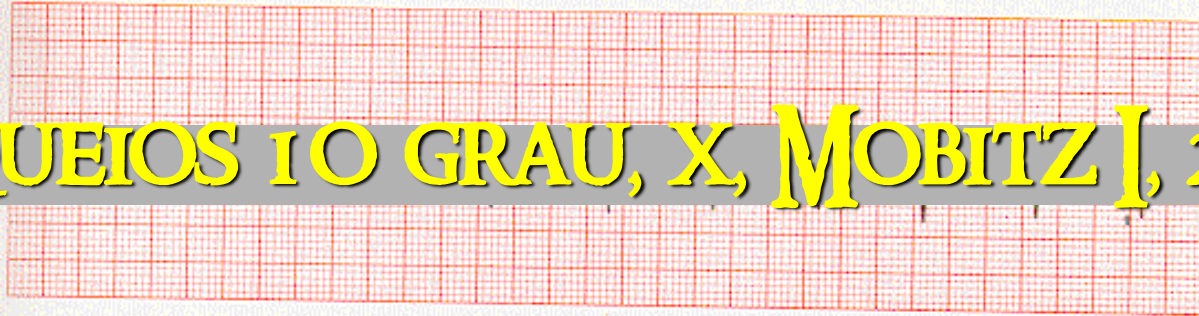




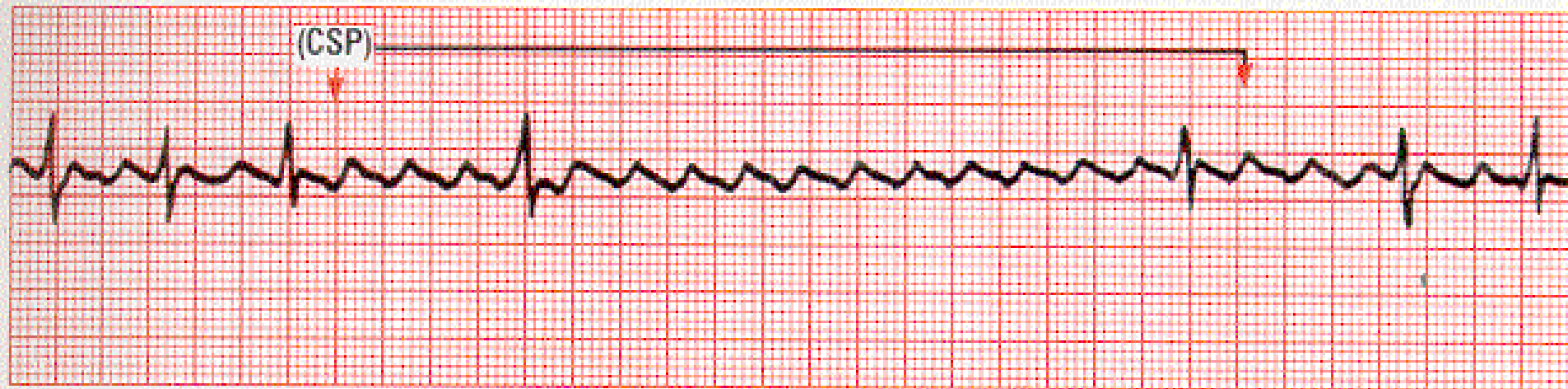




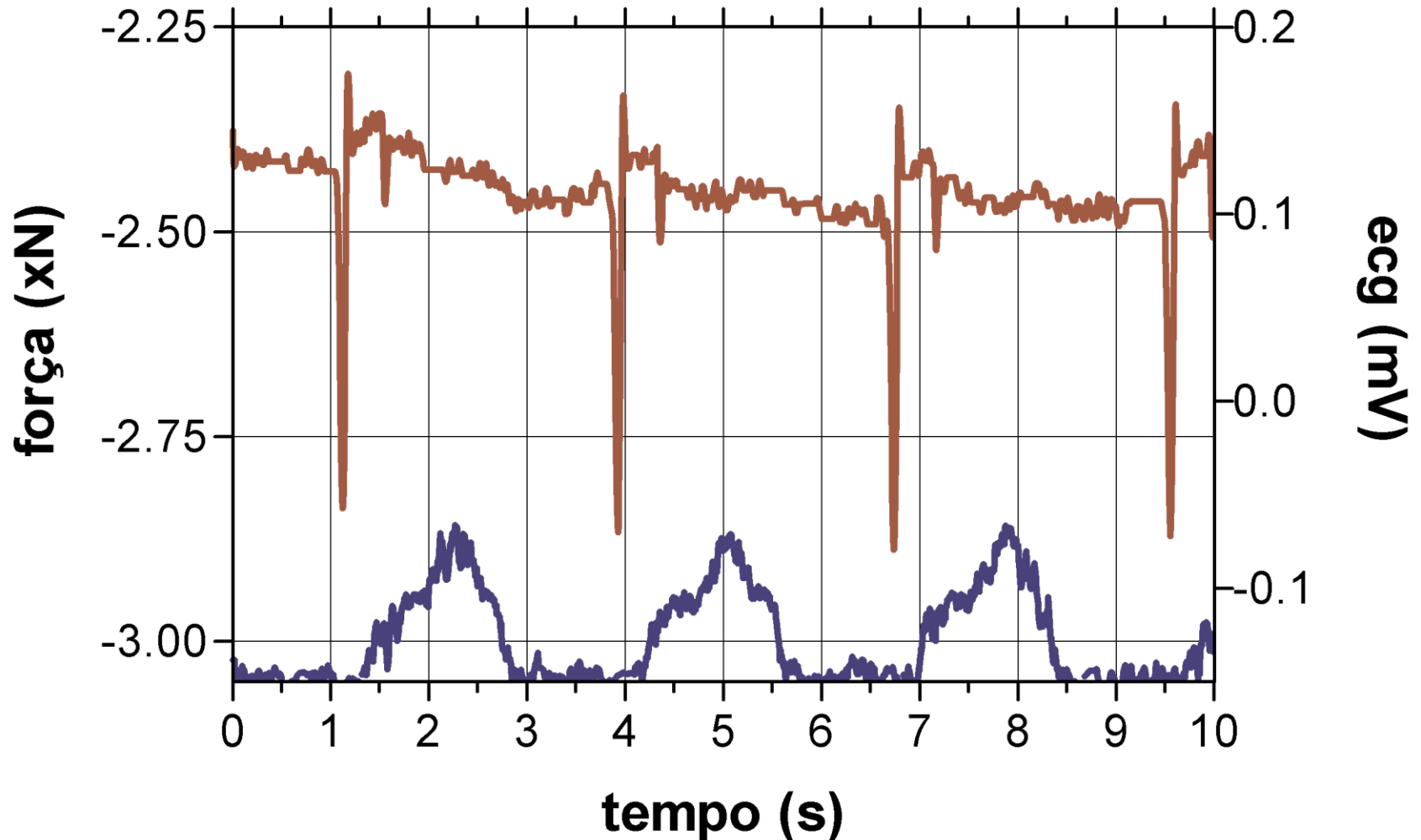
BLOQUEIOS 1º GRAU, X, MOBILTZ I, 2:1



FLUTTER ATRIAL E COMPRESSÃO DO SEIO CAROTÍDEO



ECG E CARDIOGRAMA (FORÇA) DE RÃ



IN SITU, CORAÇÃO REBATIDO

BIBLIOGRAFIA AULAS CIRCULATÓRIO

- Mínima:
 - **Guyton (8ª ed.) ou Guyton & Hall (9ª ed) - “Fisiologia Humana”**
 - Capítulos: 9, 10, 14, 15, 16, 17, 20
- Complementar desejada:
 - **Milnor - “Cardiovascular Physiology”**
 - **Withers - “Comparative Animal Physiology”**
 - Capítulo 14 (Circulation)