

O que caracteriza um sistema circulatório?

1. um líquido 'de transporte' que circula pelo sistema
2. um sistema de tubos, canais ou outros espaços através dos quais o líquido é transportado
3. uma ou mais bombas, ou estruturas propulsoras, que aplicam uma força que estabelece um gradiente de pressão e direciona o fluxo de líquido, geralmente combinadas com válvulas de uma via que garantem um fluxo unidirecional

O que caracteriza um sistema circulatório?

1. um líquido 'de transporte' que circula pelo sistema
2. um sistema de tubos, canais ou outros espaços através dos quais o líquido é transportado
3. uma ou mais bombas, ou estruturas propulsoras, que aplicam uma força que estabelece um gradiente de pressão e direciona o fluxo de líquido, geralmente combinadas com válvulas de uma via que garantem um fluxo unidirecional

Tipos de Líquidos

Líquido Intersticial

- líquido extracelular que inunda diretamente as células e tecidos (em Gnathostomata mas também outras linhagens de Metazoa)

Hemolinfa

- é o líquido dos **sistemas circulatórios abertos**, pois apesar de percorrer vasos sanguíneos ele atinge diretamente os tecidos

Linfa

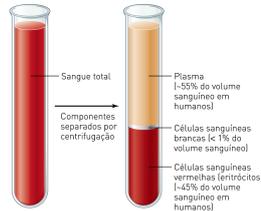
- líquido extracelular formado por ultrafiltração e que é transportado por sistemas específicos de tubos fechados

Sangue

- líquido extracelular que circula dentro de um **sistema circulatório fechado** (como no caso de Gnathostomata)

Tipos de Líquidos

Sangue



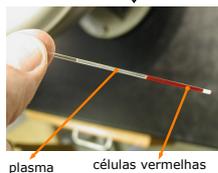
Humanos

Liq. Intracelular hemácias 2000mL
 Liq. Extracelular plasma 3000mL

vol. de sangue no homem adulto ~5000mL

Hematócrito

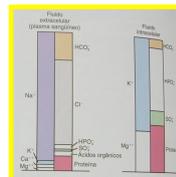
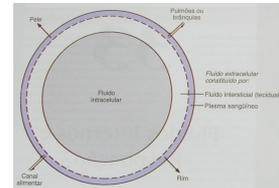
• refere-se a % do volume de células no sangue (~42% no homem / 38-42% na mulher)



Volume do sangue (=volume ocupado pelo sangue em % da massa corpórea)

↳ extracelular e intracelular!

- 6% em cefalópodes
- 3-16% em vertebrados
- 30% ou mais em artrópodes



HEMATÓCRITO = % de células

PLASMA = % de líquidos extracelulares

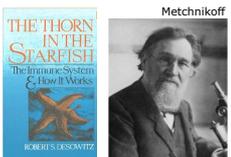
Composição do Sangue

- H₂O
- concentrações baixas de íons (ex. Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, CO₂)
- diversos produtos orgânicos
- Nutrientes (ex. amino ácidos, glicose, ácidos graxos)
- Produtos residuais (ex. ureia, ácido úrico, amônia, lactato)
- Anticorpos
- Enzimas
- Hormônios
- O₂ e CO₂
- Proteínas (sua [] no sangue é relevante para o **balanço osmótico**)
(ex. albuminas, globulinas)

• **Células:**

- **Hemócitos = todas as células no sangue**
- **Hemácias** (eritrócitos)
- **células sem pigmento respiratório** (fagocitose, coagulação)

A ORIGEM DE UM SISTEMA IMUNE TERIA EVOLUÍDO EM ASSOCIAÇÃO COM A ORIGEM DE UM SISTEMA CIRCULATORIO



• **Células:**

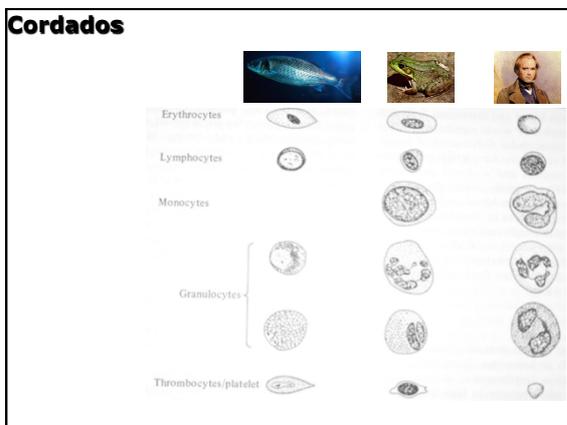
- Hemócitos = todas as células no sangue
- Hemácias (eritrócitos)
- células sem pigmento respiratório (fagocitose, coagulação)
- **Anelídeos: amebócitos, eleócitos, lamprócitos, linócitos**
- **Molusca: amebócitos, granulócitos**
- **Arthropoda: pré-hemócitos** (hemácias, granulócitos, plasmatócitos, células esféricas)
- **Crustáceos: células pequenas agranulosas e células maiores granulosas**
- **Insetos: grande variedade e grande número de células** (plasmatócitos, granulócitos, podócitos, coagulócitos, adipohemócitos, células esféricas, oenócitos, células vermiformes)

Insetos:

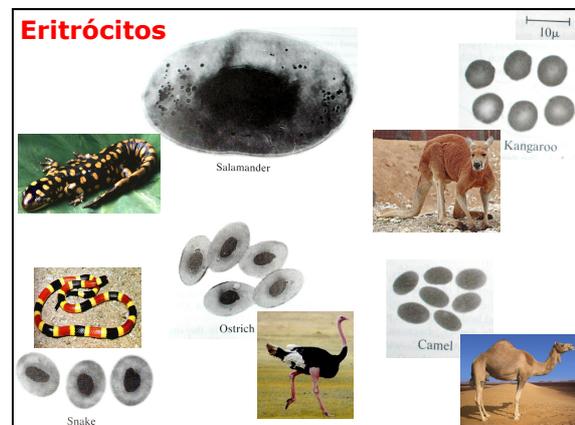
grande variedade e grande número de células



Cordados

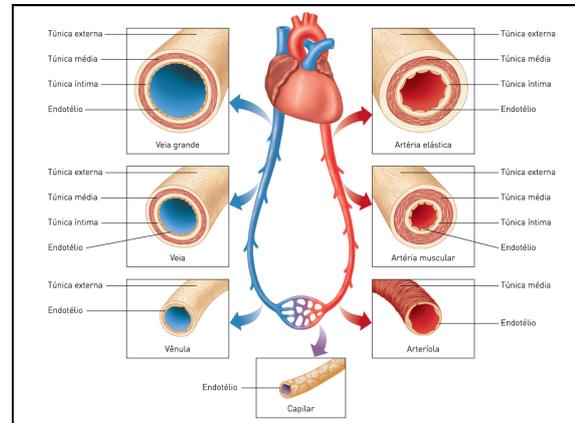
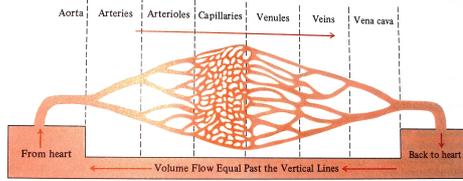


Eritrócitos



O que caracteriza um sistema circulatório?

1. um líquido 'de transporte' que circula pelo sistema
2. um sistema de tubos, canais ou outros espaços através dos quais o líquido é transportado
3. uma ou mais bombas, ou estruturas propulsoras, que aplicam uma força que estabelece um gradiente de pressão e direciona o fluxo de líquido, geralmente combinadas com válvulas de uma via que garantem um fluxo unidirecional



CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SISTEMAS TUBULARES DE CIRCULAÇÃO

Average internal diameter (mm)	Average wall thickness (mm)	Special features
4.0	1.0	Muscular, highly elastic
0.03	0.006	Muscular, well innervated
0.008	0.0005	Thin-walled, highly permeable
0.02	0.001	Thin-walled, some smooth muscle
5.0	0.5	Thin-walled (compared to arteries), fairly muscular, highly distensible

Legend: Endothelium (yellow), Smooth muscle (orange), Connective tissue (grey). Wall thickness: internal diameter.

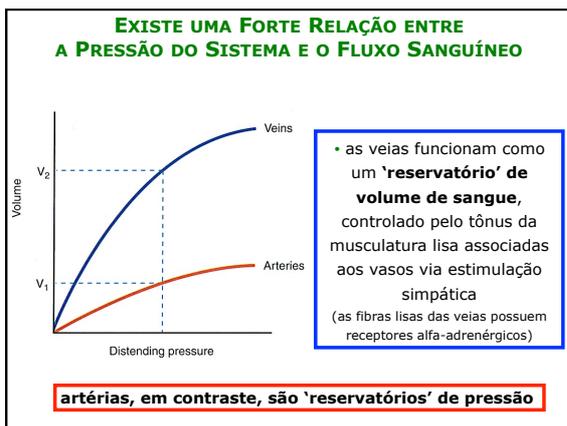
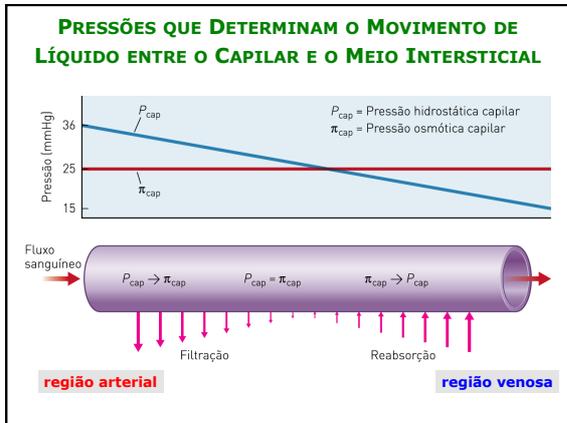
TIPOS DE CAPILARES - IMPLICAÇÕES

PRESSÕES QUE DETERMINAM O MOVIMENTO DE LÍQUIDO ENTRE O CAPILAR E O MEIO INTERSTICIAL

- 1. PRESSÃO CAPILAR (P_c)**
 - força exercida sobre a parede endotelial que favorece a filtração do sangue (é dada pela pressão do sangue que percorre o vaso)
- 2. PRESSÃO DO LÍQUIDO INTERSTICIAL (P_i)**
 - pressão do líquido no interstício que é contrária ou favorável à passagem de líquido do capilar para o interstício, dependendo da taxa de absorção linfática
- 3. PRESSÃO COLOIDSMÓTICA DO PLASMA (π_c)**
 - favorece a osmose do líquido intersticial para dentro do capilar (é dada, principalmente, pela presença de proteínas plasmáticas)
- 4. PRESSÃO COLOIDSMÓTICA DO LÍQUIDO INTERSTICIAL (π_i)**
 - favorece a osmose do líquido do capilar para dentro do interstício (é dada, principalmente, pela presença de proteínas no interstício)

PRESSÕES QUE DETERMINAM O MOVIMENTO DE LÍQUIDO ENTRE O CAPILAR E O MEIO INTERSTICIAL

apesar da pressão de reabsorção ser menor, neste trecho do capilar as paredes endoteliais são mais permeáveis



HEMODINÂMICA

Retorno Venoso

- quantidade de sangue que chega ao coração

Débito Cardíaco

- volume de sangue bombeado pelo coração por minuto

Débito Cardíaco = Frequência Cardíaca · Volume Sistólico

em humanos 5,6L/minuto ← 80 batimentos/minuto → 0,07L (= 70mL)

HEMODINÂMICA

Retorno Venoso

- quantidade de sangue que chega ao coração

Débito Cardíaco

- volume de sangue bombeado pelo coração por minuto

Pressão Arterial Média

- pressão de saída da aorta
- é uma função da **pressão sistólica (PS)** e da **pressão diastólica (PD)**

$PAM = PD + \frac{1}{3} (PS - PD)$
 em humanos
 $\sim 100\text{mmHg}$ ← $\sim 120\text{mmHg}$ → $\sim 80\text{mmHg}$

HEMODINÂMICA

Fluxo de sangue:

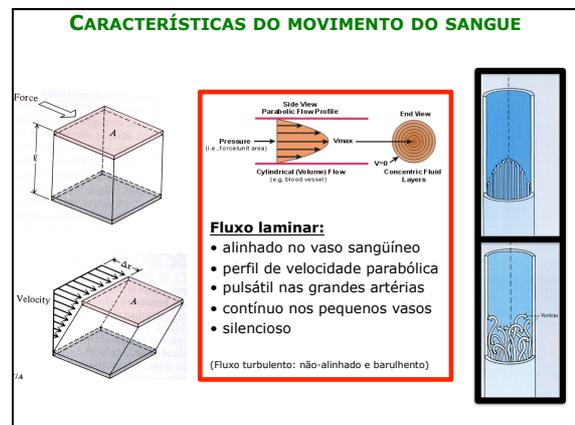
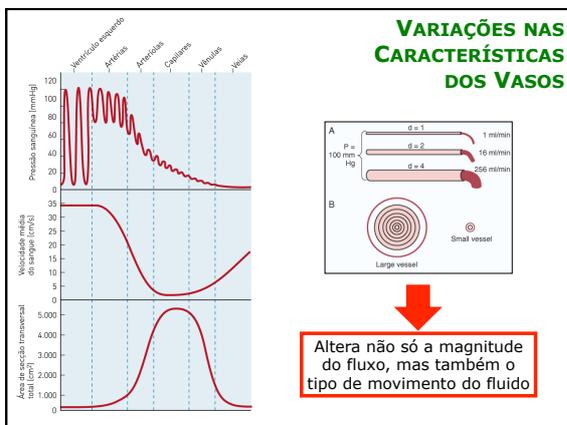
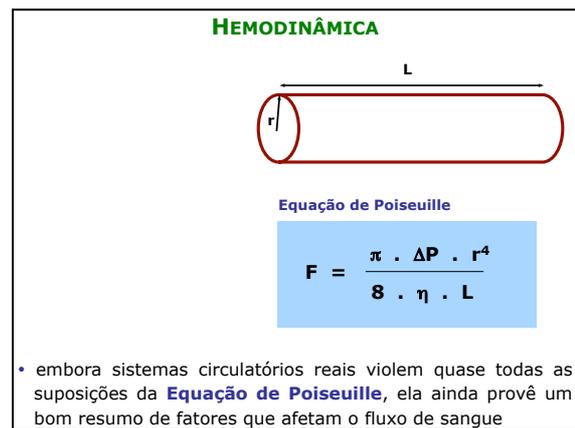
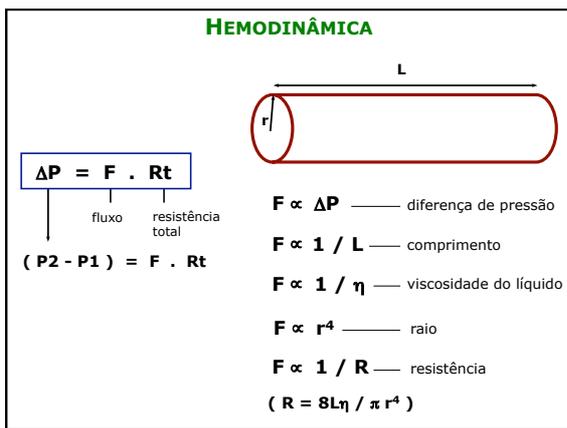
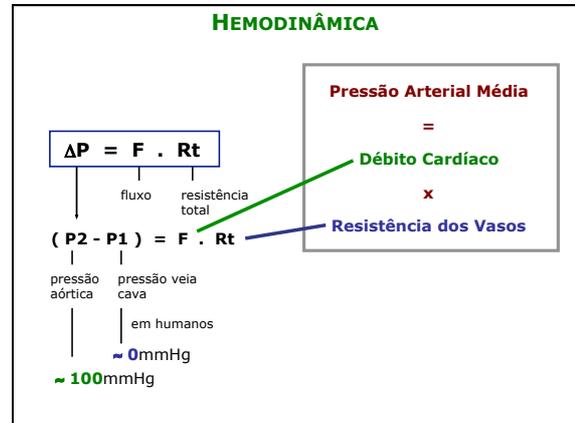
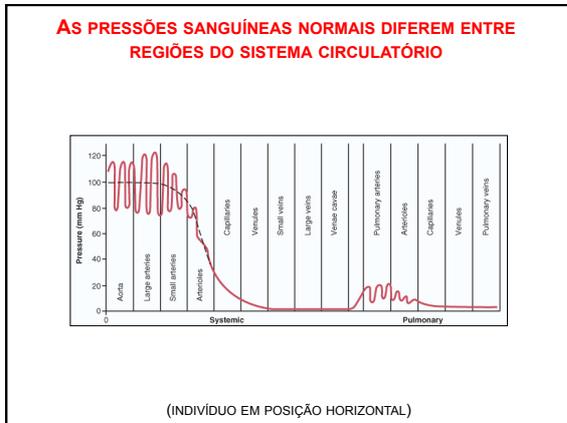
depende dos mesmos fatores físicos que regem qualquer líquido

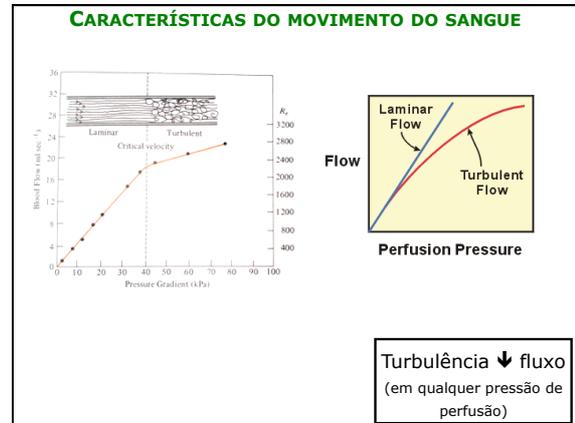
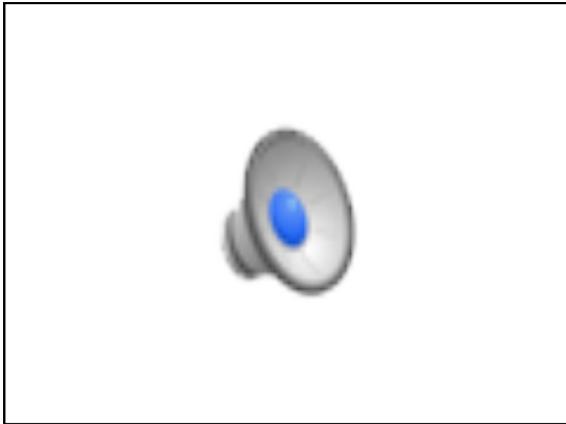
- o Pressão dirigindo o fluxo
- o Viscosidade do líquido
- o Dimensões do vaso

Fluxo = volume / tempo

→ Velocidade do fluxo (em qualquer ponto) não tem relação obrigatória com a distância até o coração

→ **ÁREA TOTAL DE SECÇÃO TRANSVERSAL** (área total maior = maior velocidade → artérias, veias) (área total menor = menor velocidade → capilares)





- quando o volume sanguíneo e/ou a pressão arterial diminuem...

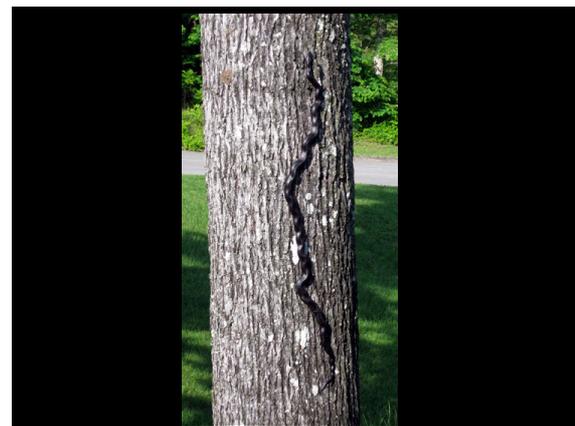
inibição dos BARORRECEPTORES localizados nos SEIOS CAROTÍDEOS (nas artérias CARÓTIDAS)

↓

ativação do SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO SIMPÁTICO

↓

contração das veias aumentando o RETORNO VENOSO



PRESSÃO HIDROSTÁTICA

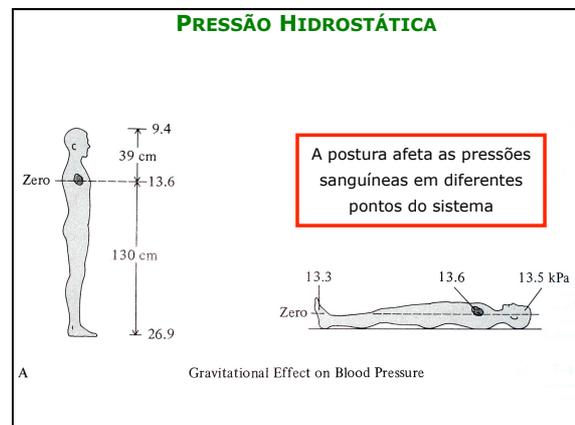
- pressão gerada pela coluna de líquido abaixo de um ponto de referência

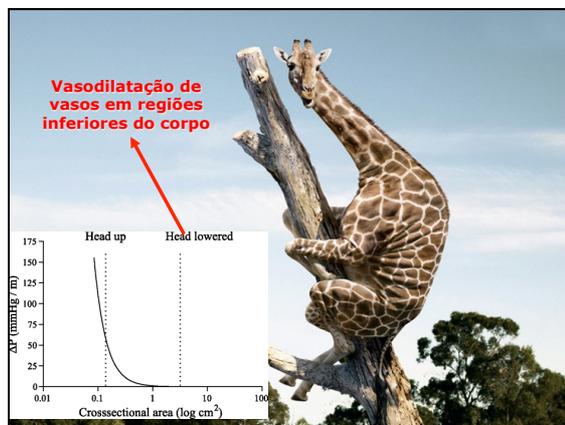
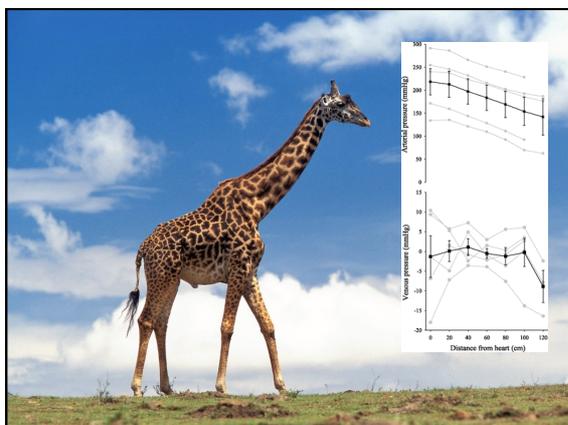
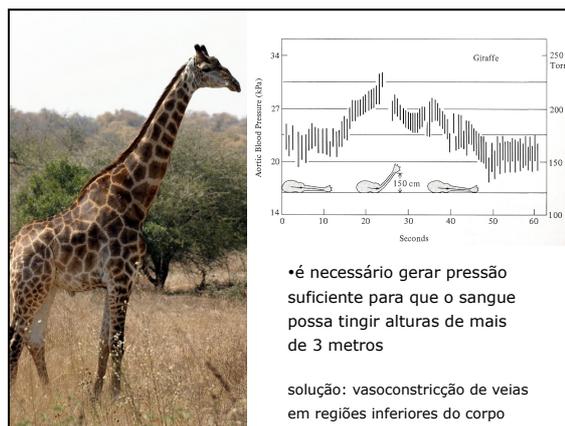
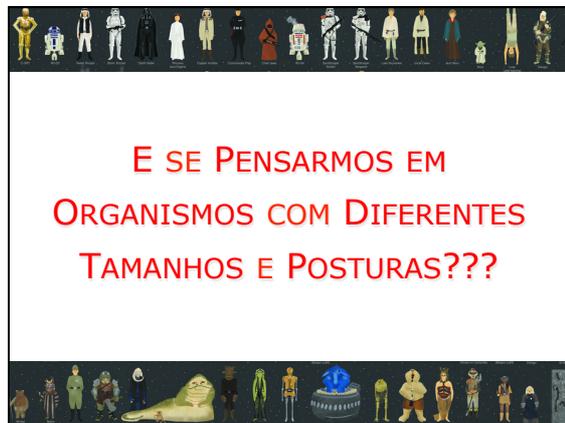
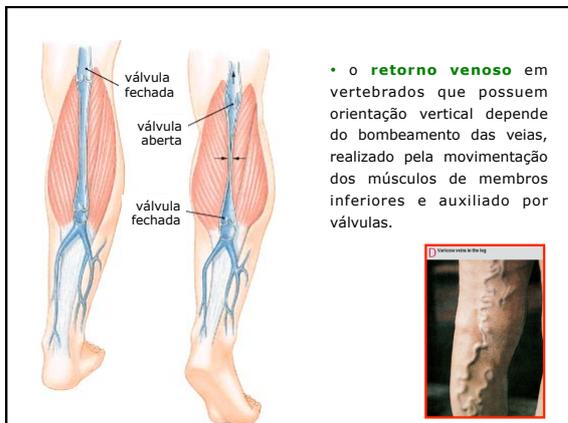
$$Ph = h \cdot \delta \cdot g$$

altura da coluna de líquido densidade do líquido aceleração da gravidade

- em uma pessoa em pé (utilizando o átrio direito como referência vertical)

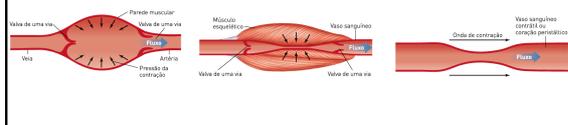
	PRESSÃO HIDROSTÁTICA SOMENTE	PRESSÃO HIDROSTÁTICA + PRESSÃO ARTERIAL
pressão no ÁTRIO DIREITO	0 mmHg	0 mmHg
pressão no PÉ	+100 mmHg	+190 mmHg
pressão na CABEÇA	-10 mmHg	-80 mmHg



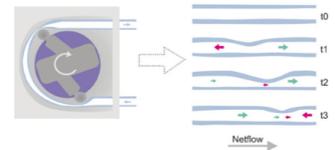


O que caracteriza um sistema circulatório?

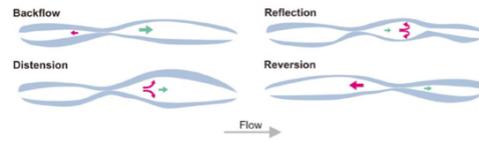
1. um líquido 'de transporte' que circula pelo sistema
2. um sistema de tubos, canais ou outros espaços através dos quais o líquido é transportado
3. uma ou mais bombas, ou estruturas propulsoras, que aplicam uma força que estabelece um gradiente de pressão e direciona o fluxo de líquido, geralmente combinadas com válvulas de uma via que garantem um fluxo unidirecional



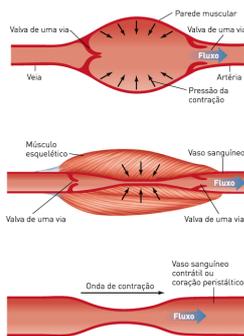
Bombas Peristálticas:



Restrições físicas e hemodinâmicas que limitam o desempenho de bombas peristálticas biológicas:



ESTRUTURAS BOMBEADORAS



Câmaras contráteis e válvulas

- aumentam a pressão sanguínea em uma câmara fechada por contração das suas paredes musculares

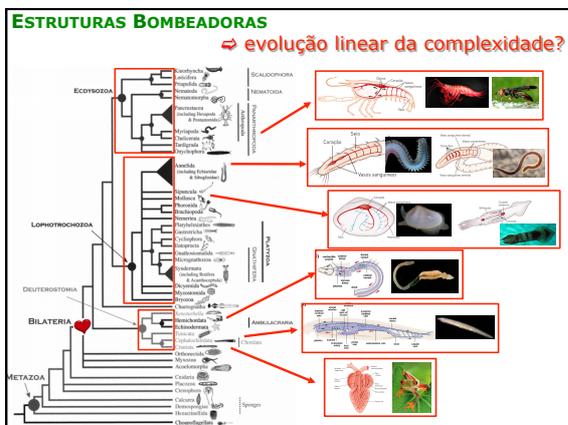
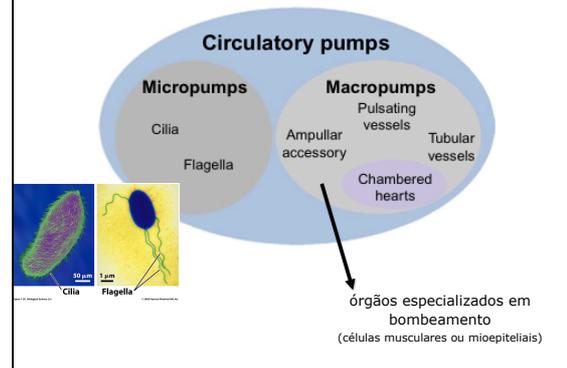
Musculatura extrínseca

- contrações de músculos esqueléticos comprimem e expandem um vaso sanguíneo

Corações peristálticos

- os vasos produzem ondas de contração rítmica que impulsionam o líquido em uma direção

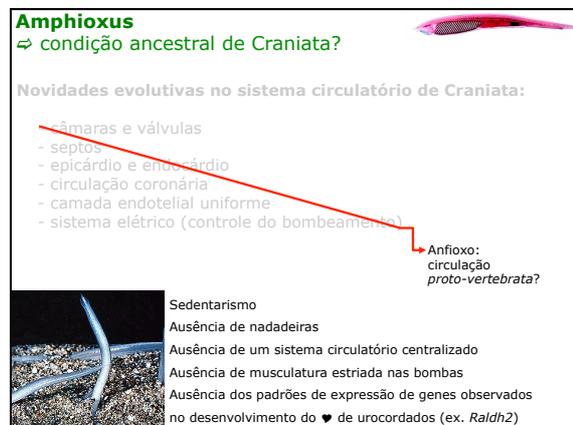
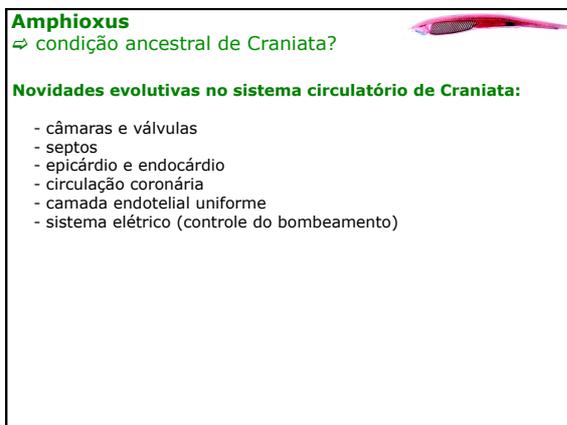
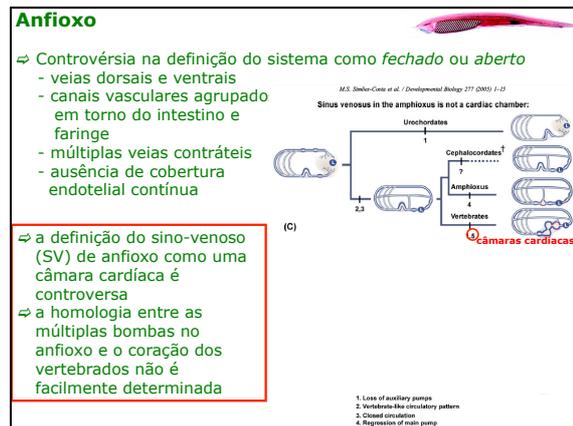
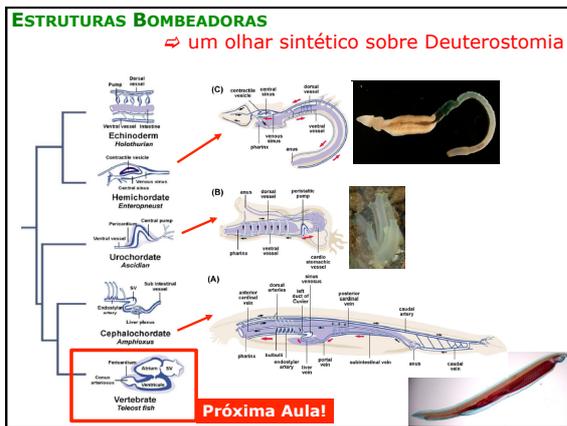
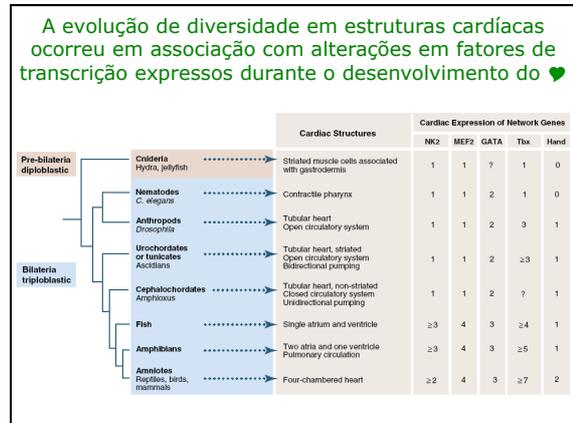
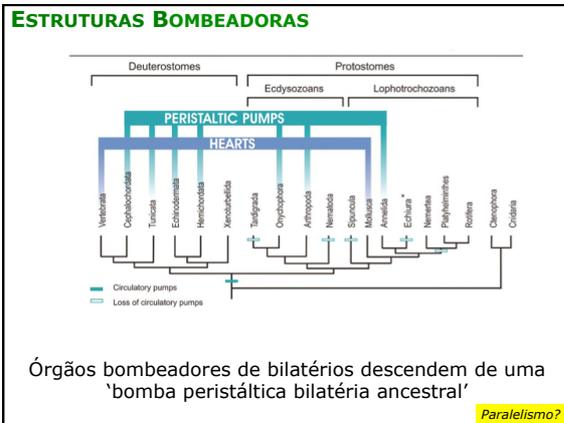
ESTRUTURAS BOMBEADORAS



'variações do tema' ⇔ tanto em sistemas abertos quanto nos fechados

Table 10.1. Overview on circulatory systems in metazoans. BVS = blood vascular system (primary body cavity), CCS = coelomic circulatory system. 'Intermediate BVS' means that there are a number of vessels, but also lacunar systems, usually around the intestine. For references see text.

	Nature of circulatory system	Open or closed system
Acanthocephala	Epidermal and subepidermal lacunar system, fine structure is not clear	—
Nemertini	CCS	Closed
Mollusca	BVS (epithelialized vessels present in Cephalopoda and Helix)	Open
Kamptozoa	BVS	Open
Sipunculi	No extended circulatory system, but coeloms, especially tentacular coelom, act as circulatory systems	(Closed)
Echinodermata	BVS	Almost closed
Annelida	BVS	Almost closed
Cnidophora	BVS	Open
Euarthropoda	BVS	Open
Chaetognatha	BVS	Spatially restricted to hemal sinus around central intestine
Brachyzoa	BVS (funiculus)	Spatially restricted to funiculus
Phoronida	BVS	Intermediate
Brachiopoda	BVS	Intermediate
Hemichordata	BVS	Intermediate
Echinozoemata	BVS	Intermediate
Tunicata	BVS	Open
Acanthia	BVS	Closed
Ctenophora	CCS	Closed



PRÓXIMA AULA TEÓRICA:

**Evolução do Coração
nos Vertebrados
&
Regulação do
Batimento Cardíaco**