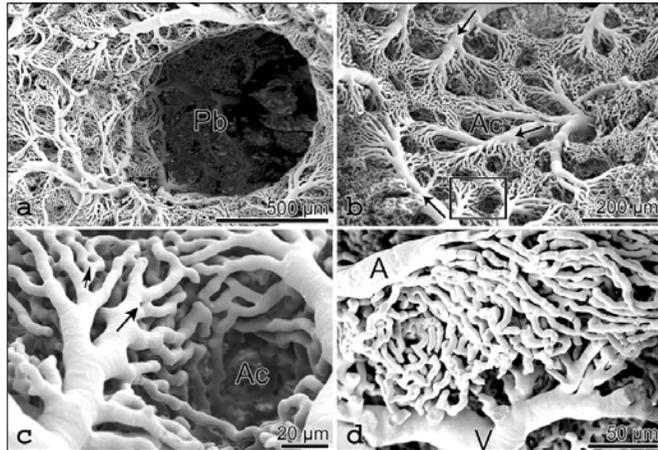


Sistemas Respiratório + Circulatório



Taran Grant | Departamento de Zoologia | taran.grant@gmail.com

Sistema circulatório (intro)

Sangue e tecidos hematopoiéticos

Coração

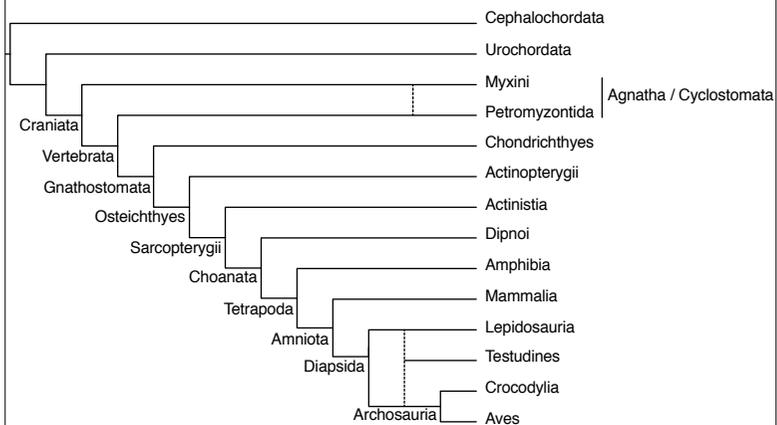
Vasos

Circuitos vasculares

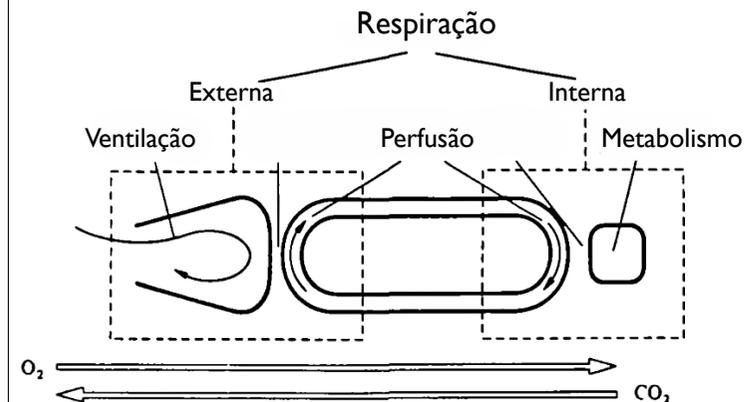
Sistema cardiovascular

Sistema linfático

Filogenia de Chordata



Sistema circulatório: transporte de gases respiratórios, ligação das células mais profundas do organismo com o ambiente
também: termorregulação, transporte de nutrientes, água, eletrólitos, enzimas, hormônios e outros reguladores biogênicos, anticorpos, coagulação, principal lugar para reações imunológicas



Sistema Circulatório: Três Componentes

1. Sistema cardiovascular: circulação fechada, rede de tubos e meio de transporte (sangue) que ligam as células mais profundas do organismo com o ambiente

Coração

Vasos sanguíneos: artérias, arteríolas, veias, vênulas, capilares

Sangue: plasma, células sanguíneas

2. Sistema linfático: circulação aberta, tecidos e tubos que recolhem e filtram o líquido intersticial, produzem linfócitos e conduzem a linfa à circulação sanguínea

Vasos linfáticos

Linfa: líquido intersticial, proteínas, linfócitos

3. Tecidos hematopoéticos: tecidos que realizam o desenvolvimento e a diferenciação das células-tronco hematopoéticas que resultam na formação de células sanguíneas

Principais Tecidos Hematopoéticos

Myxini: concentrado no intestino e pronefros, mais difuso no tecido conjuntivo de vários órgãos

Petromyzontida: concentrado no intestino e/ou opistonefros, “timoide” nos filamentos branquiais (Bajoghli et al. 2011), difuso no tecido conjuntivo de vários órgãos

Chondrichthyes: Baço, timo, pronefros, opistonefros

Actinopterygii: Baço, timo, pronefros, opistonefros

Amphibia: Baço, timo, rim, medula óssea

Mammalia: Baço, timo, rim, medula óssea, nódulos linfáticos

Sauropsida (menos Aves): Baço, timo, rim, medula óssea

Aves: Baço, timo, rim, medula óssea, bolsa de Fabrício

Eventos importantes na evolução do sangue e dos tecidos hematopoéticos

1. Craniata

1. Inclusão da hemoglobina no sangue
2. Origem de eritrócitos
3. Origem de linfócitos (tipo de leucócito), dando origem ao sistema imune adaptativo

2. Gnathostomata

1. Origem de linfócitos T e B
2. Origem do timo (maturação de linfócitos T), “Timoide” em Petromyzontida (Bajoghli et al. 2011).
3. Origem do baço (hematopoético, filtra sangue)

3. Tetrapoda

1. Medula óssea como sítio principal de hematopoiese
2. Nódulos linfáticos (hematopoético, filtra linfa; presentes em anfíbios etc., mais complexos em mamíferos)

4. Mammalia

1. Eritrócitos anucleados
2. Trombócitos anucleados (=plaquetas)

5. Aves

1. Bolsa de Fabrício (maturação de linfócitos B)

Linfa

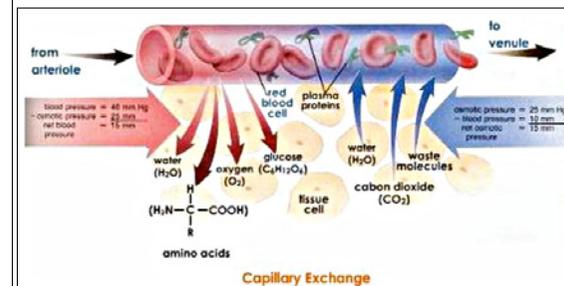
O líquido intersticial recolhido nos capilares linfáticos

Plasma (menos as proteínas globulosas)

Linfócitos (dos tecidos hematopoéticos)

Triglicerídeos (do sistema digestivo)

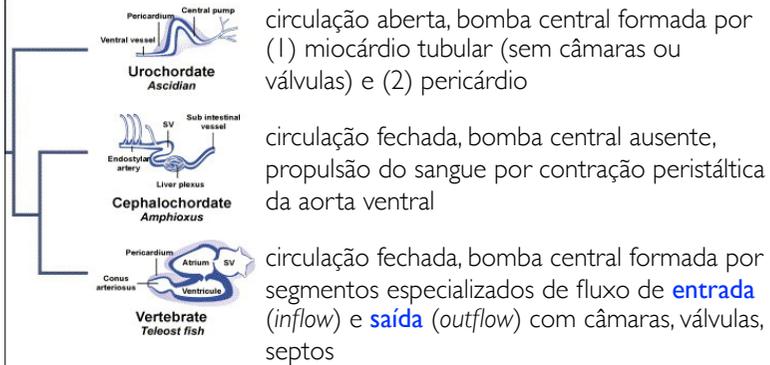
Patógenos (e.g., bactérias)



90% recuperado pelos vênulas

10% restante recuperado pelos capilares linfáticos

Evolução do Coração



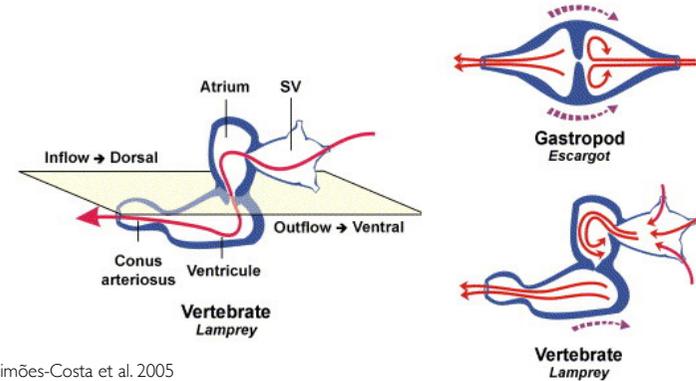
Simões-Costa et al. 2005

Coração em formato de “S”

Segmentos de entrada e saída em planos diferentes

Fluxos assimétricos direcionados à válvula

○ recuo ventricular sistólico não é contra o átrio, auxilia o influxo



Simões-Costa et al. 2005

Tendência na evolução do coração nos vertebrados:

Deslocamento **anterior** dos segmentos de entrada



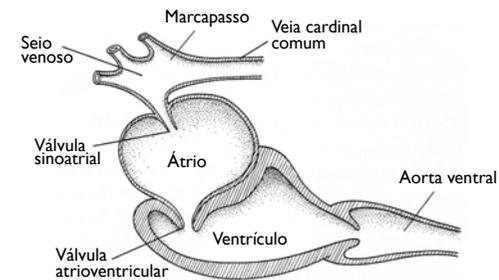
Simões-Costa et al. 2005

Craniata: átrio, ventrículo, válvula sinoatrial, válvula atrioventricular, fluxo unidirecional(?)

Myxini

Coração “branquial”: 3 câmaras em série

Sinus venoso: câmara de recepção, inicia contração cardíaca



Bombas (“corações”) acessórias, sem músculo cardíaco:
2 cardinais, 2 caudais, 1 portal

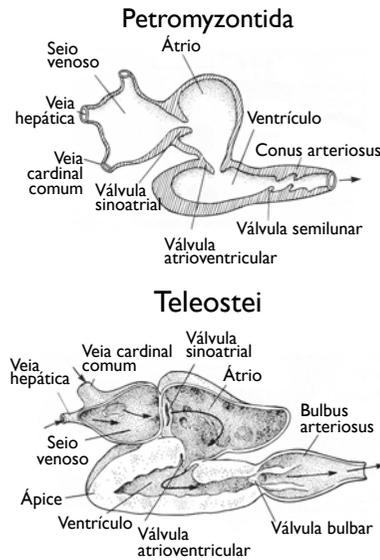
Conus arteriosus e Bulbus arteriosus

Vertebrata: conus arteriosus

Segmento de músculo miocárdico, ejeta sangue para a aorta ventral (i.e., uma bomba adicional—medidas mostram que o sangue acelera um pouco por causa do conus) e as válvulas evitam refluxo.

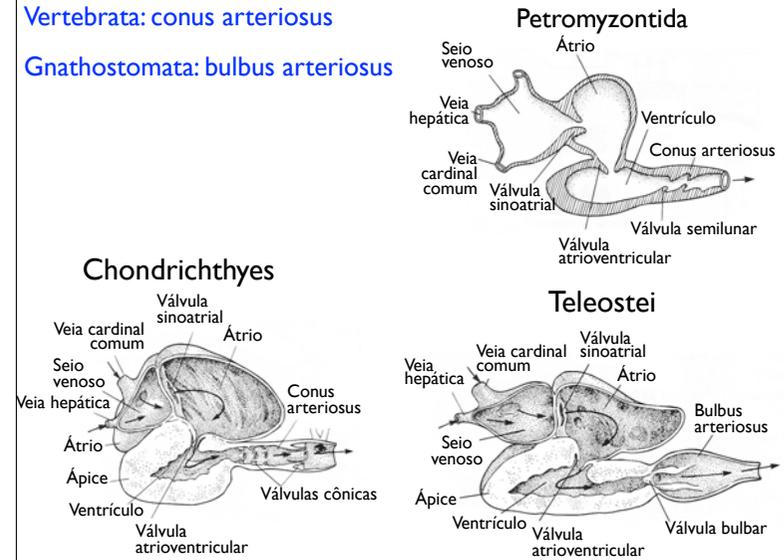
Gnathostomata: bulbus arteriosus

Segmento não-miocárdico. reservatório elástico, permite liberação gradual do volume de sangue e dessa forma protege a vasculatura delicada das brânquias e perfusão constante das brânquias.



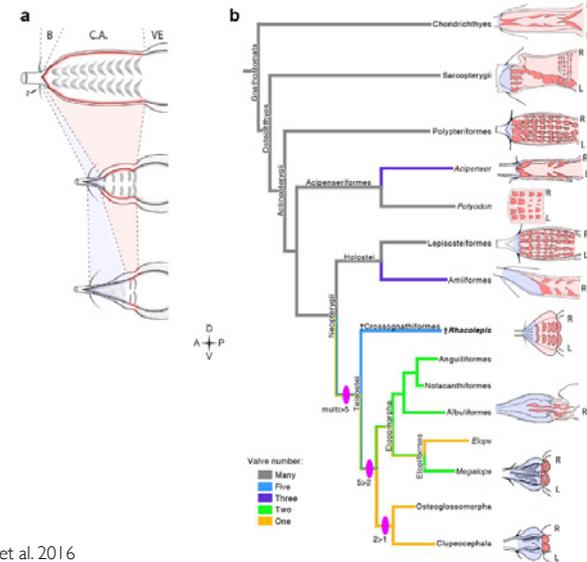
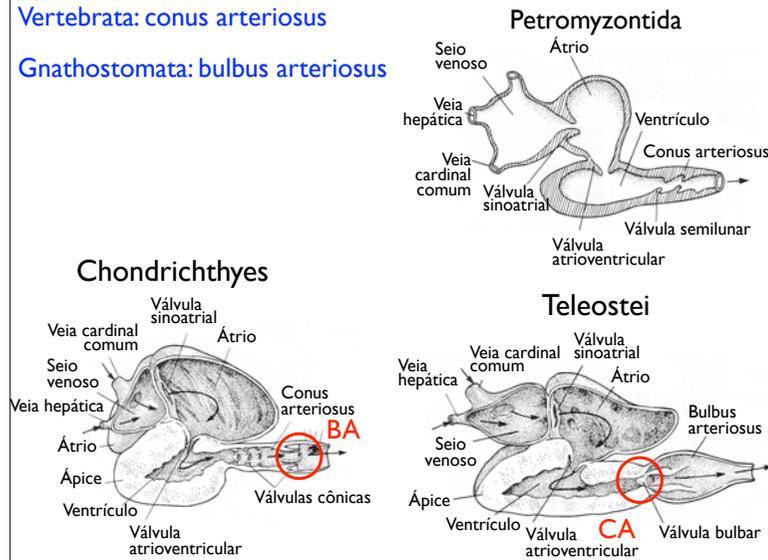
Vertebrata: conus arteriosus

Gnathostomata: bulbus arteriosus



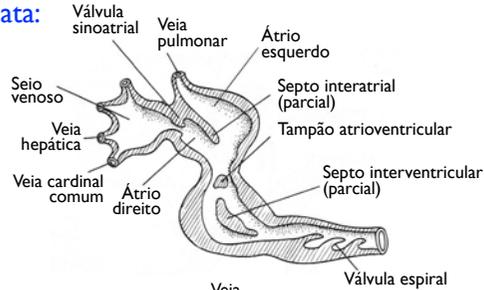
Vertebrata: conus arteriosus

Gnathostomata: bulbus arteriosus

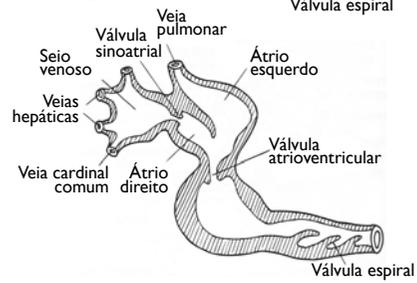


Sarcopterygii ou Choanata:
 Veia pulmonar (entrada
 única no coração)

Dipnoi

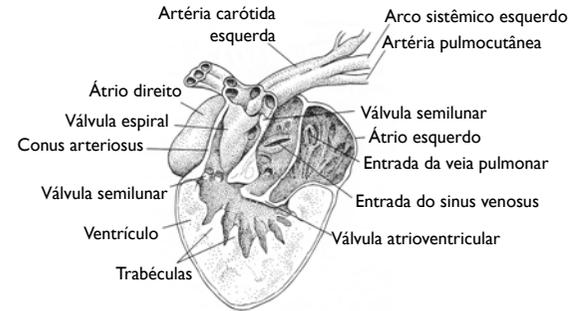


Amphibia

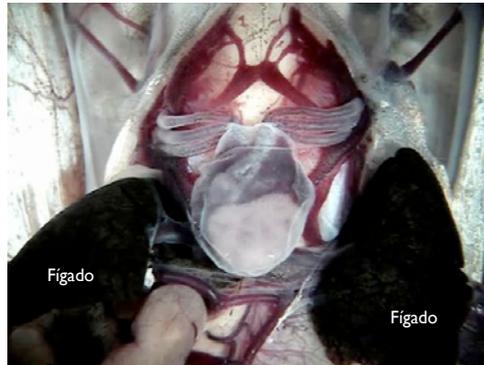


Tetrapoda: Septo interatrial completo

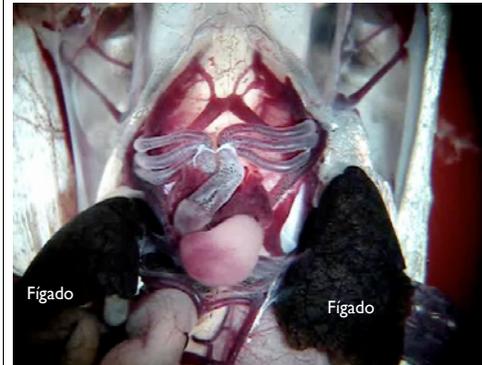
Amphibia
 (Anura, ventral)



Artéria pulmocutânea (derivado)

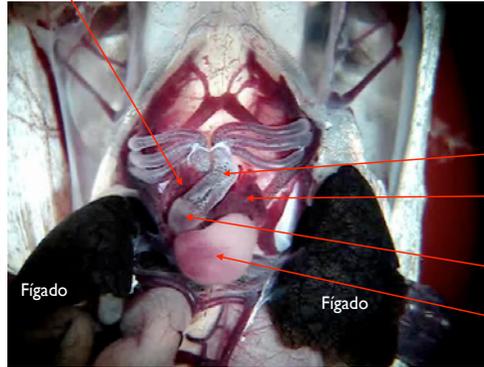


Pipa carvalhoi (Anura, ventral)
 vídeo: A. Sebben, UnB



Pipa carvalhoi (Anura, ventral)
 vídeo: A. Sebben, UnB

Átrio direito



Tronco arterioso

Átrio esquerdo

Cone arterioso

Ventrículo

Fígado

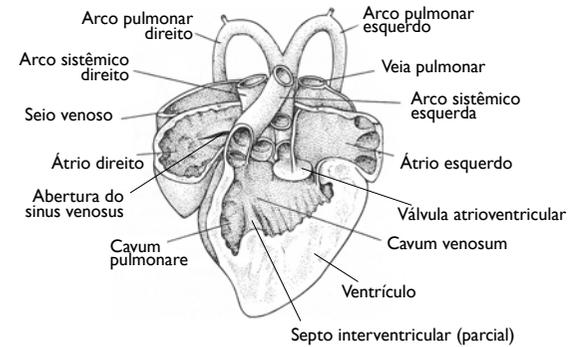
Fígado

Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

vídeo: A. Sebben, UnB

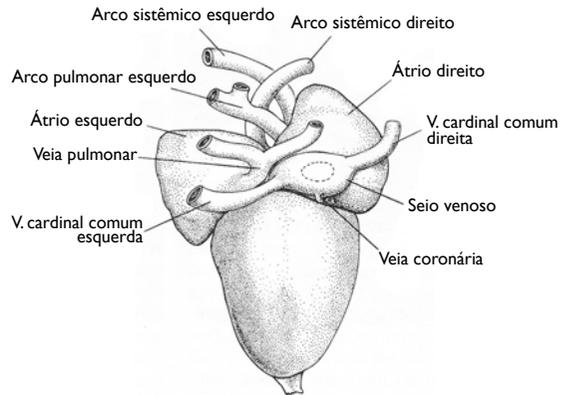
Amniota: Cone perdido, base da aorta ventral dividida em 3 artérias para formar troncos pulmonar e sistêmicos

Squamata
(ventral)



Archosauria: Septo interventricular completo

Crocodylia
(vista dorsal)



Se os crocodilos são ectotérmicos, predadores de emboscada (1) permite ficar na água por longos períodos sem atividade prolongada, taxa metabólica baixa, por que os crocodilos são ectotérmicos? (2) por que os crocodilos são ectotérmicos? por que tem os sistemas respiratório e circulatório tão modificados?

Novo problema: falta de CO₂

Apesar do CO₂ ser considerado normalmente como um resíduo metabólico a ser eliminado, é necessário para vários processos biosintéticos

CO₂ pode ser usado como substrato para síntese de ácidos graxos, ácido gástrico, glicose, anéis de purina

Pode permitir formação de osso em espécies de rápido crescimento

Ectotérmicos produzem pouco CO₂

Novo problema: falta de CO₂

Apesar do CO₂ ser considerado normalmente como um resíduo metabólico a ser eliminado, é necessário para vários processos biosintéticos

Solução: desvio de sangue "shunting"

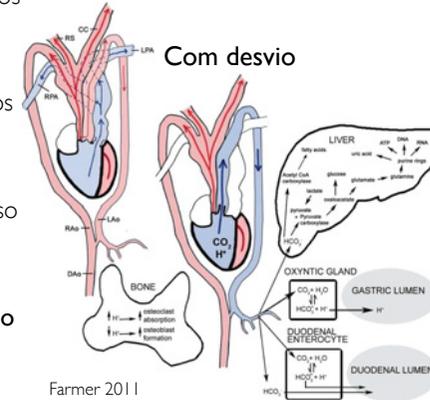
Sem desvio

Com desvio

CO₂ pode ser usado como substrato para síntese de ácidos graxos, ácido gástrico, glicose, anéis de purina

Pode permitir formação de osso em espécies de rápido crescimento

Ectotérmicos produzem pouco CO₂



Crocodylia: Desvio de sangue ("shunting")

Durante exercício, fluxo como em mamíferos e aves

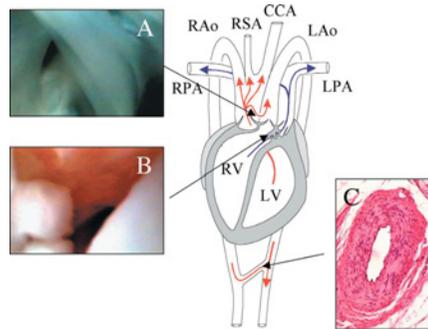
Em descanso, sangue é desviado da artéria pulmonar ao circuito sistêmico

A. Forame de Panizzi

B. Cone subpulmonar (dentado)

C. Anastomose aórtica

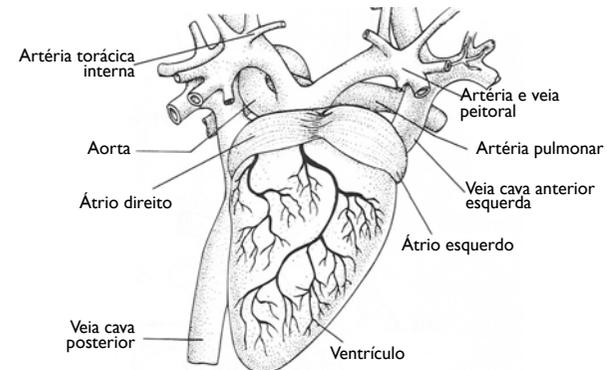
Crocodylia (vista ventral)



Axelsson 2001

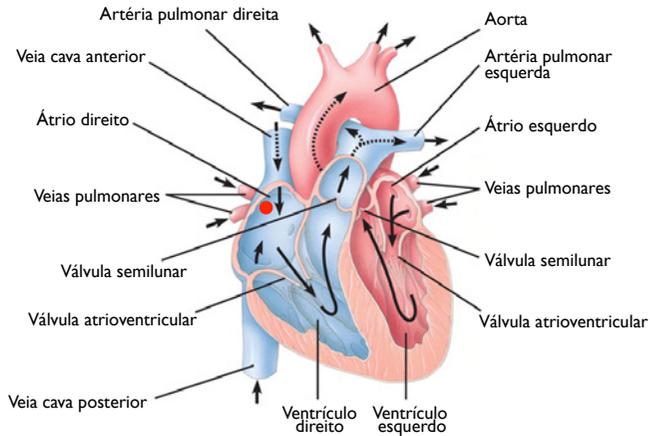
Aves: I tronco aórtico (direito), seio venoso reduzido, veias pulmonares com entradas separadas

Aves (vista ventral)

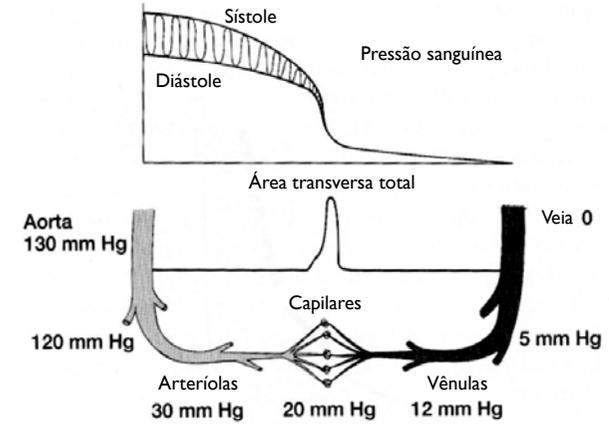


Mammalia: Septo interventricular completo, seio venoso reduzido = nódulo sinoatrial (marcapasso), I tronco aórtico (esquerdo), veias pulmonares com entradas separadas

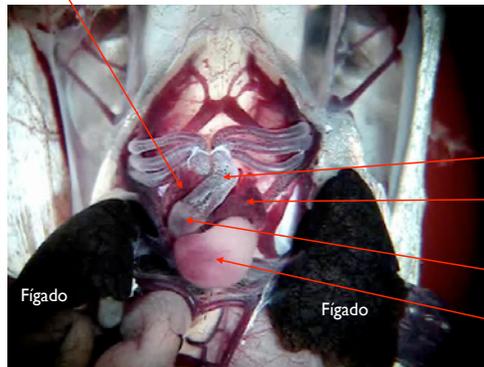
Mammalia (ventral)



Vasos sanguíneos



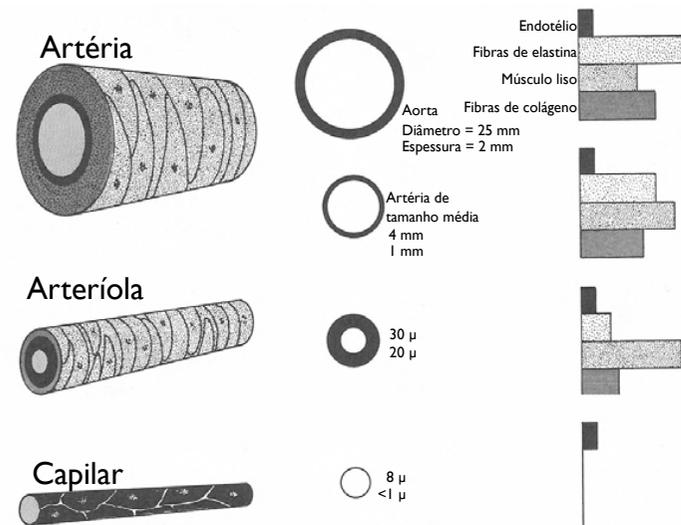
Átrio direito

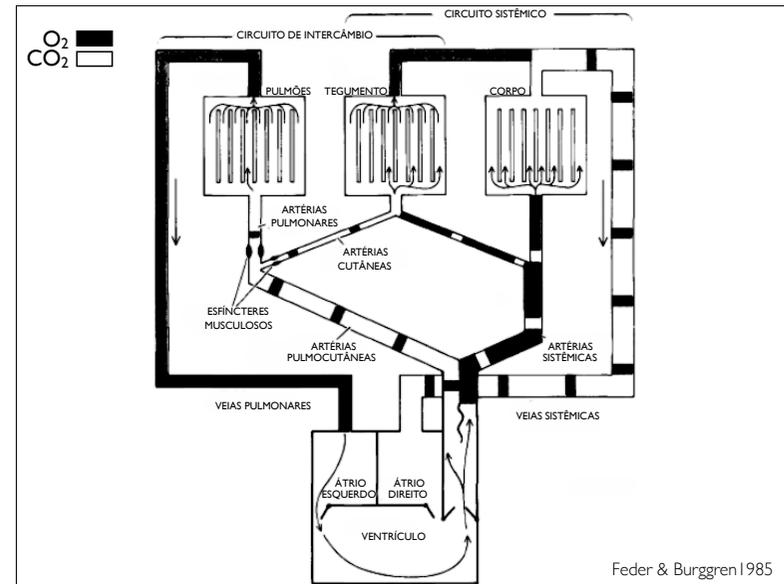
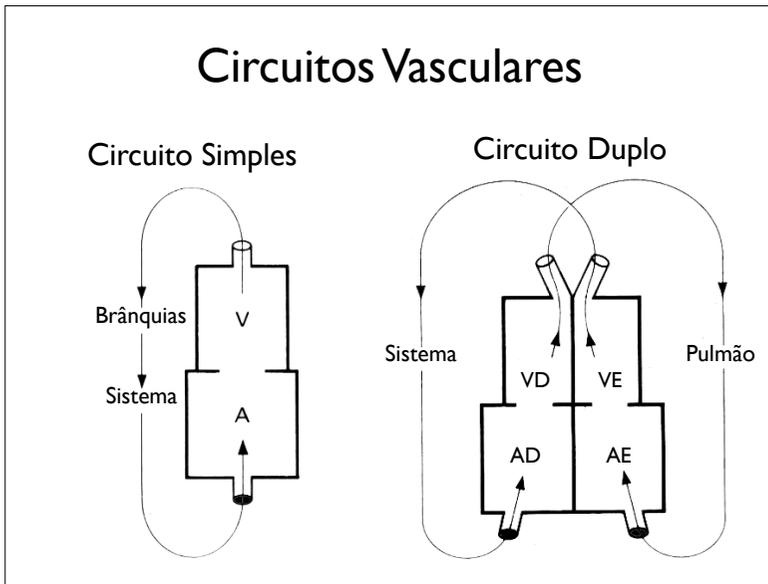
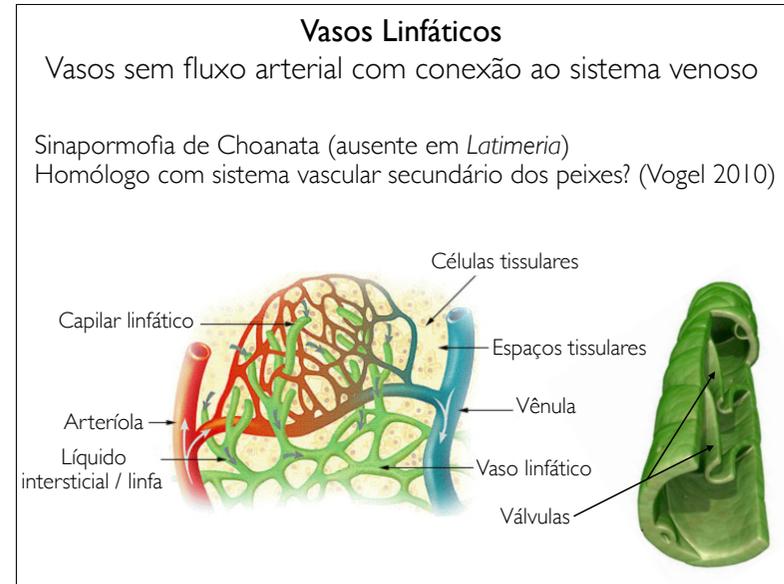
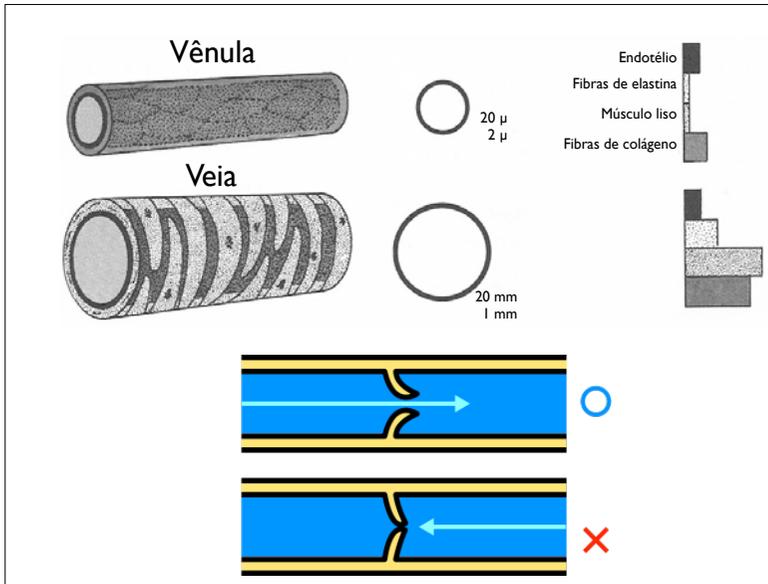


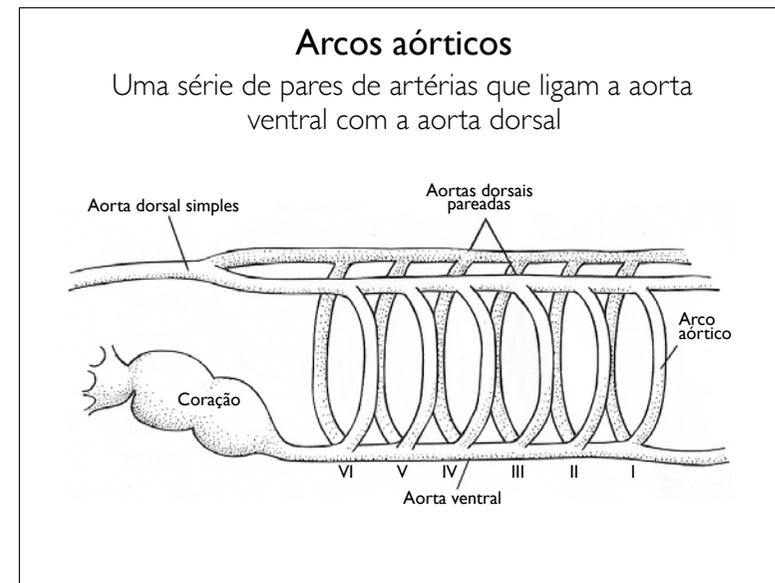
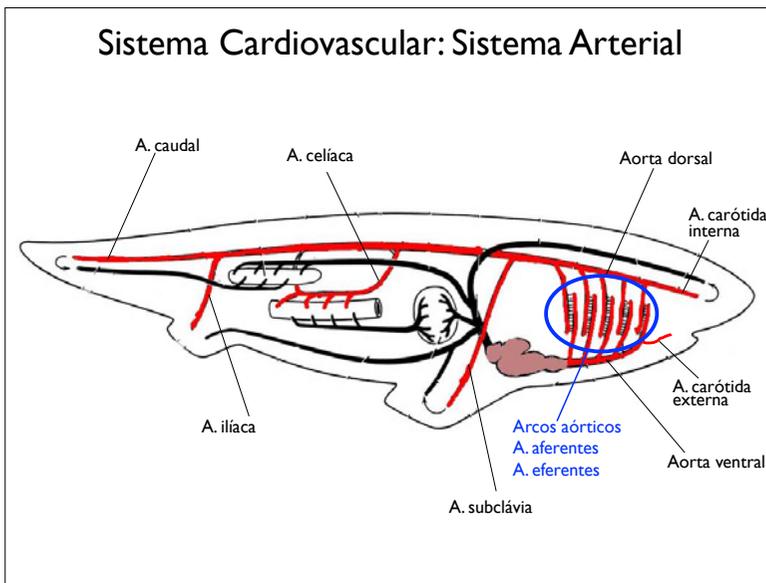
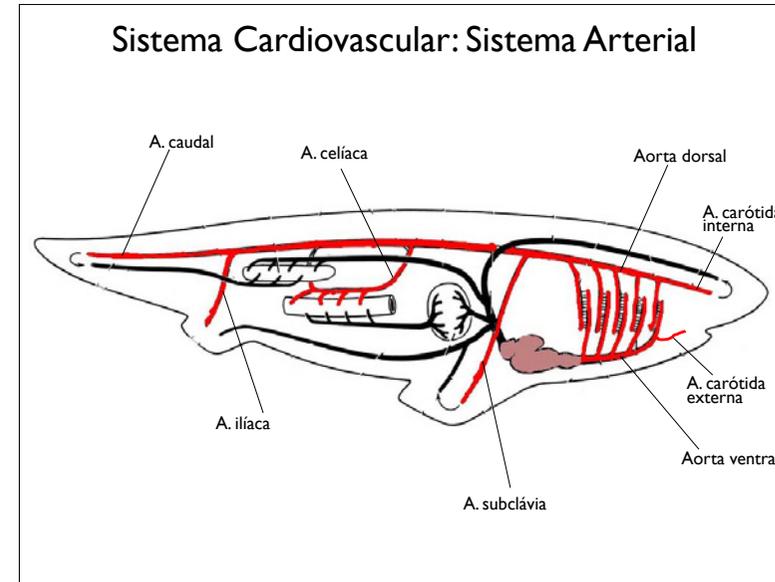
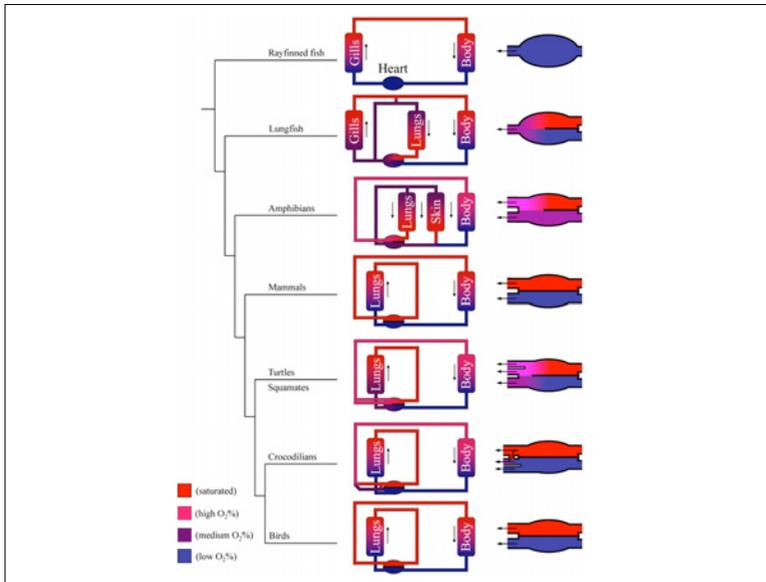
Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

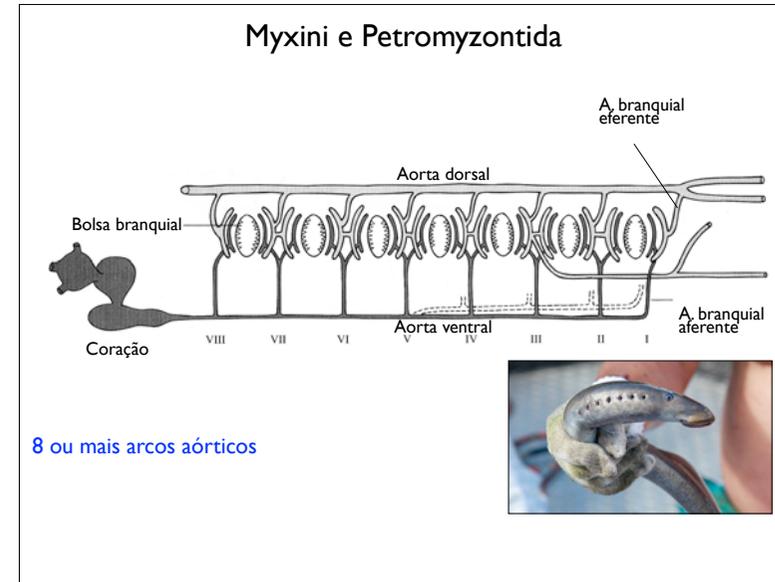
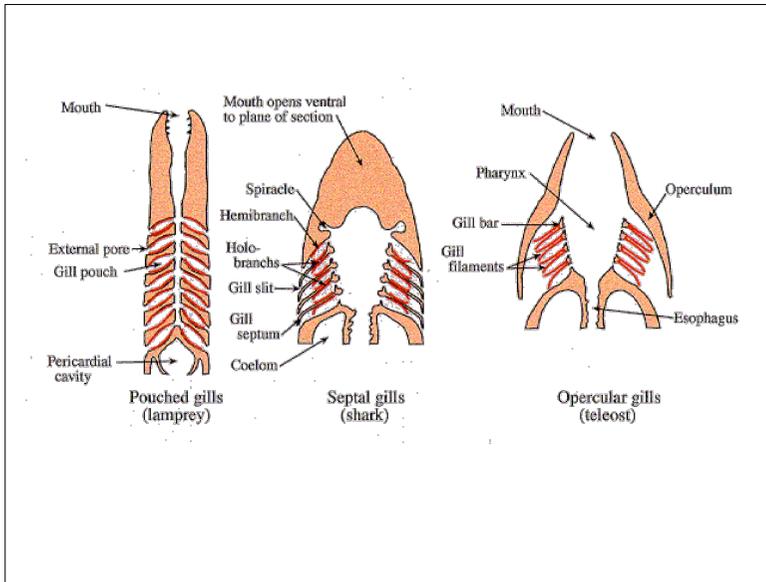
video: A. Sebben, UnB

Vasos sanguíneos

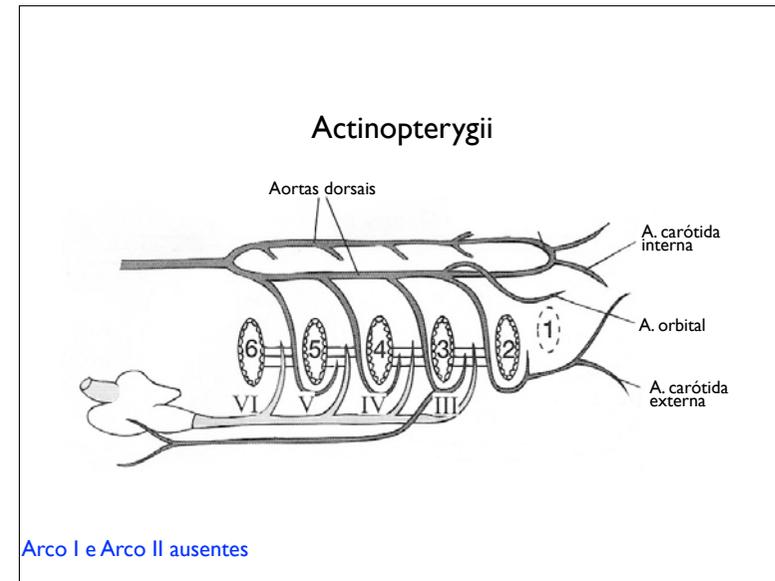
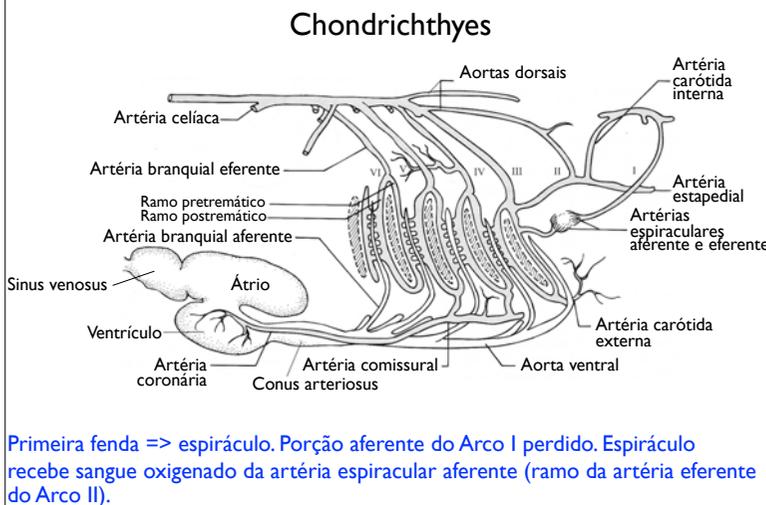


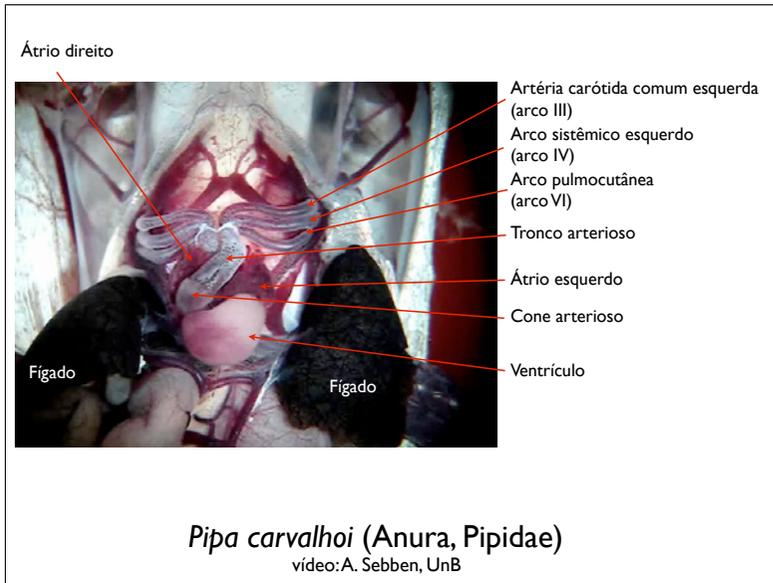
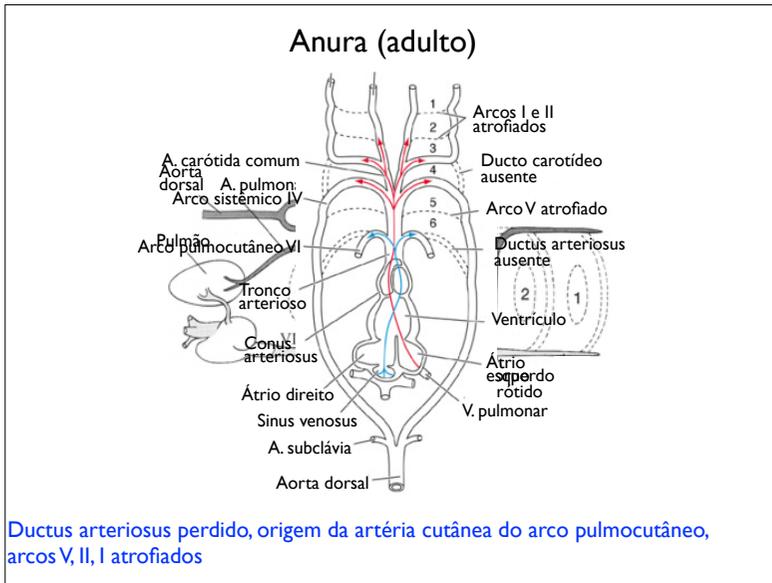
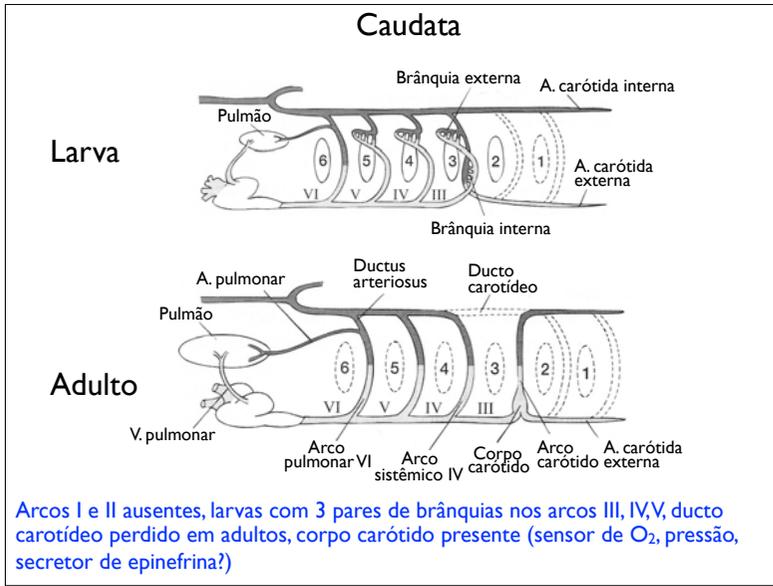
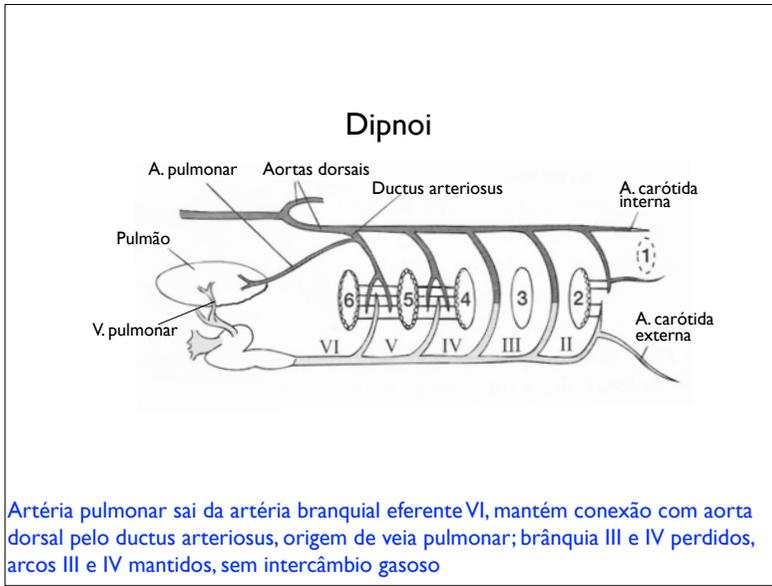


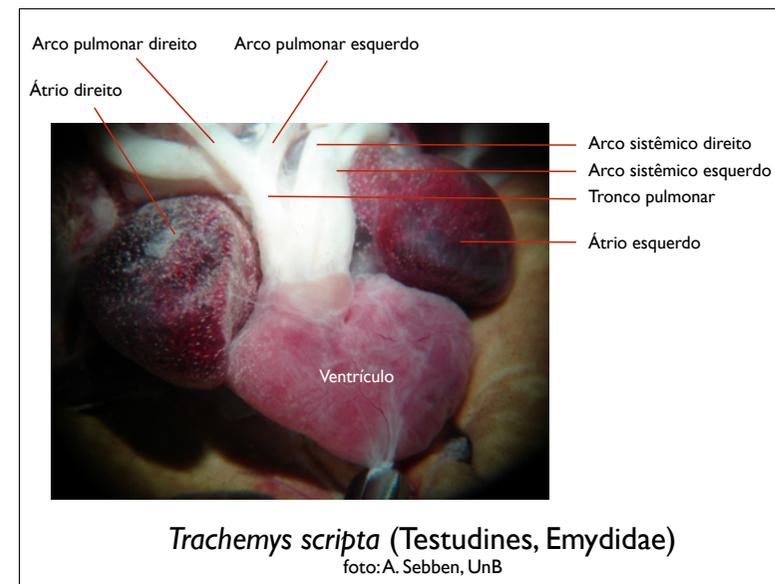
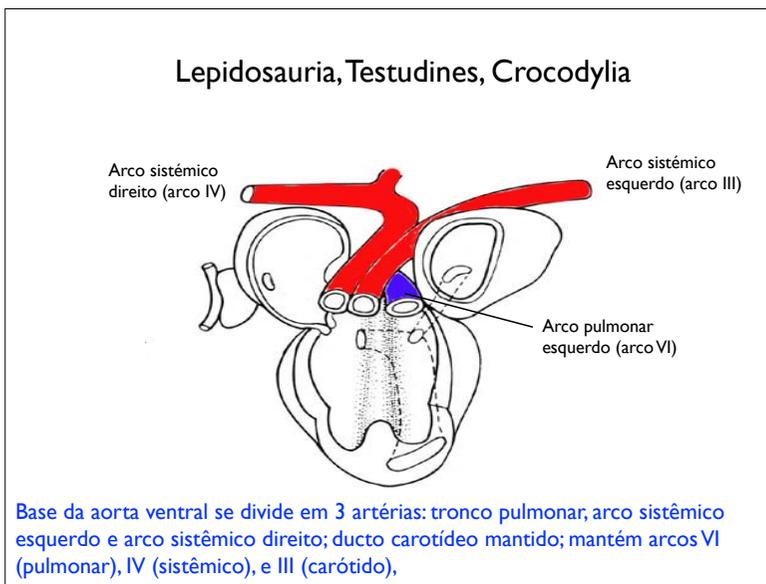
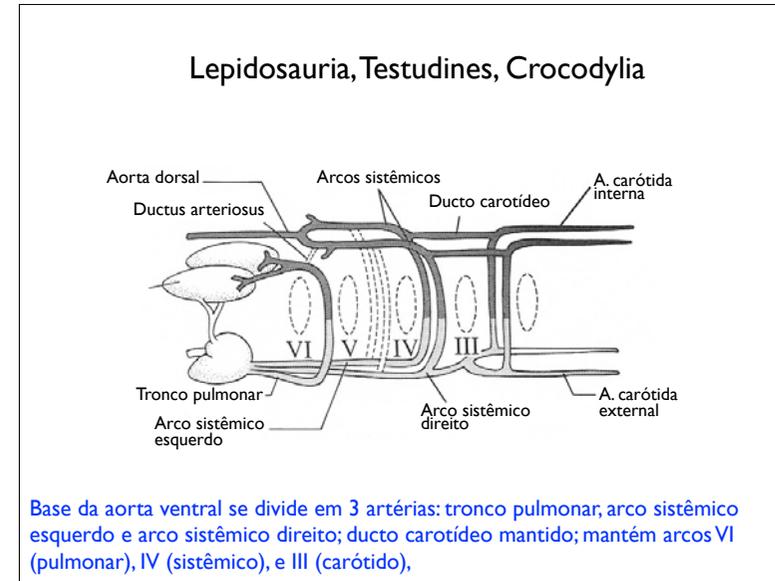
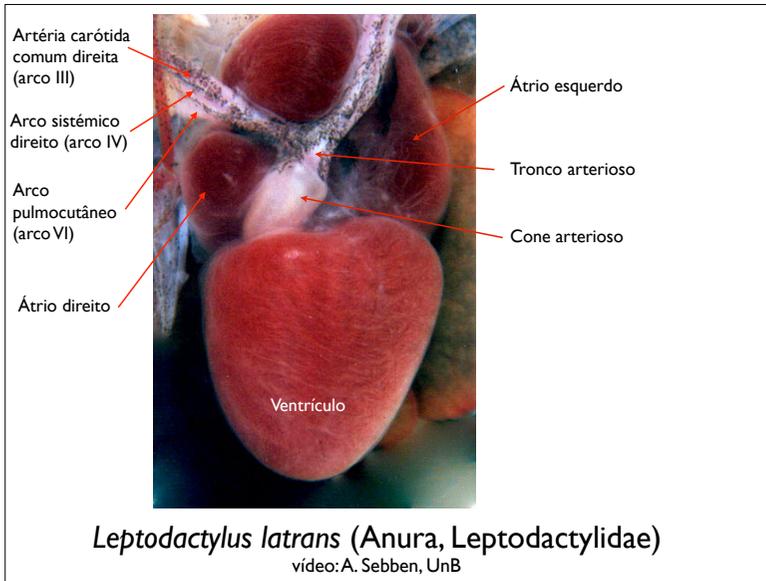




Gnathostomata: 6 arcos aórticos formados durante o desenvolvimento





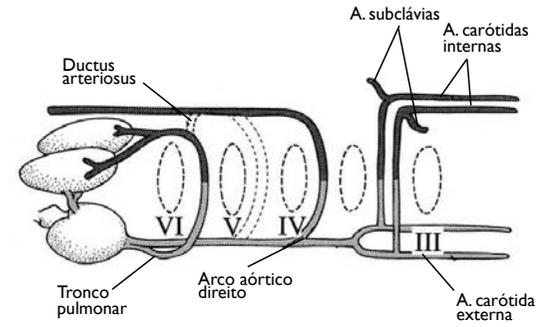




Arco pulmonar direito
 Arco pulmonar esquerdo
 Átrio esquerdo
 Átrio direito
 Tronco pulmonar
 Arco sistêmico esquerdo
 Arco sistêmico direito
 Ventrículo

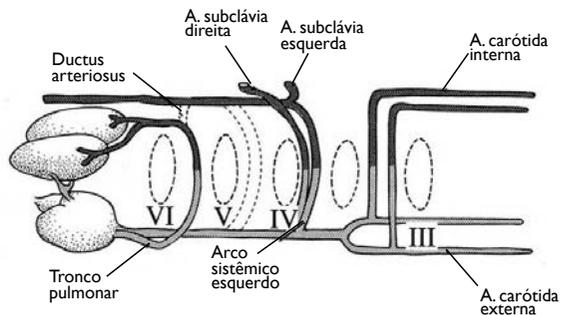
Sybinomorphus sp.
 (Serpentes, Dipsadidae)
 foto: A. Sebben, UnB

Aves

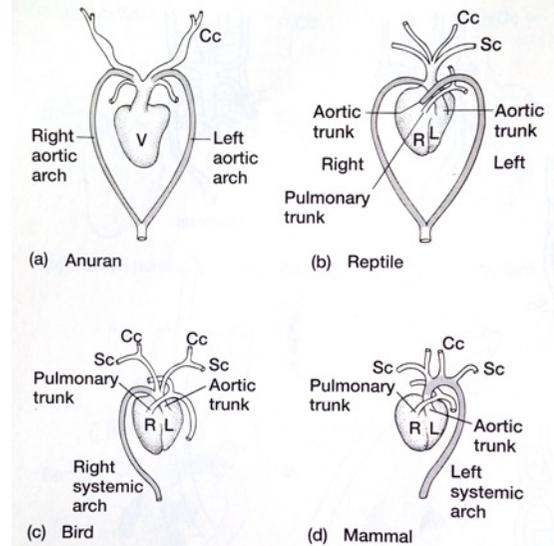


Arco sistêmico único (direito), arco aórtico esquerdo perdido completamente, mantém arcos VI, IV, III, ducto carotídeo ausente, artérias subclávias saem das carótidas internas

Mammalia



Arco sistêmico único (esquerdo), mantém arcos VI, IV, III, ducto carotídeo ausente, artérias subclávias saem do arco IV, arco sistêmico direito = artéria subclávia direita

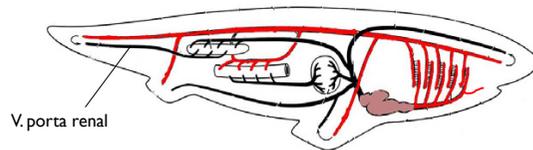


Sistema Porta

Série de veias ou vênulas ligadas diretamente a **duas redes de capilares** sem passar pelo coração

1. Sistema porta hepático. Liga trato digestivo e glândulas associadas com o fígado (regula açúcar no sangue, fagocita e destrói substâncias nocivas, facilita absorção de diversas substâncias). Presente em Cephalochordata (simplesiomorfia em Craniata)

2. Sistema porta renal. O sangue que volta da cauda/pernas passa pelas redes de capilares tubulares do rim, filtrando resíduos metabólicos do sangue antes de continuar para o coração. Sinapomorfia de Gnathostomata, reduzido em Aves, perdido em Mammalia



Sistema Porta

Série de veias ou vênulas ligadas diretamente a **duas redes de capilares** sem passar pelo coração

1. Sistema porta hepático. Liga trato digestivo e glândulas associadas com o fígado (regula açúcar no sangue, fagocita e destrói substâncias nocivas, facilita absorção de diversas substâncias). Presente em Cephalochordata (simplesiomorfia em Craniata)

2. Sistema porta renal. O sangue que volta da cauda/pernas passa pelas redes de capilares tubulares do rim, filtrando resíduos metabólicos do sangue antes de continuar para o coração. Sinapomorfia de Gnathostomata, reduzido em Aves, perdido em Mammalia

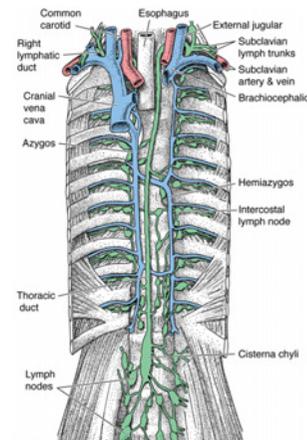
3. Sistema porta hipofiseal. Liga hipotálamo e hipófise (= glândula pituitária). Transfere hormônios de controle do hipotálamo para o lóbulo anterior da hipófise para estimular ou inibir a secreção de hormônios tróficos. Sinapomorfia de Craniata

Sistema Linfático



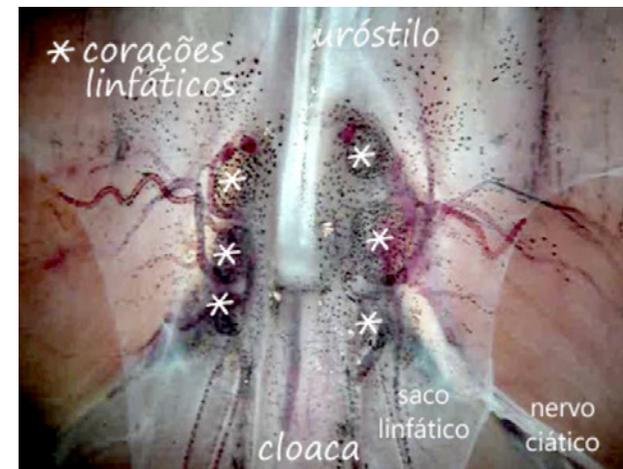
Vasos linfáticos, artérias e veias compartilham as mesmas bainhas

Vasos linfáticos profundos (branco)
Vasos linfáticos superficiais (preto)



Corações Linfáticos

Presentes em anfíbios (anterior e posterior) e Sauropsida (posterior)



Sacos Linfáticos em Anura

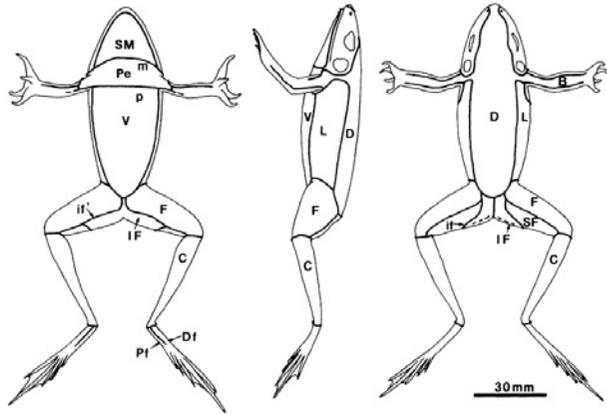


FIGURE 2. Ventral, lateral and dorsal views respectively, of *Rana pipiens* showing the subcutaneous sacs and the septa (thick outlines). B = brachial sac; C = crural sac; D = dorsal sac; DI = dorsal sac of the foot; F = femoral sac; IF = interfemoral sac; L = lateral sac; Pe = pectoral sac; Pl = plantar sac of the foot; SM = submandibular sac; V = ventral sac; d = dorsal septum; if = intermediate femoral septum; if = inferior femoral septum; m = postmandibular septum; p = pectoral septum; sf = superior femoral septum; v = ventral septum.

RESUMO

Sistema circulatório

- Cardiovascular
- Linfático
- Tecidos hematopoiéticos

Sangue (e tecidos hematopoiéticos)

- Eventos importantes na evolução de Craniata, Gnathostomata, Tetrapoda, Mammalia, Aves

Coração

- Formato de "S"
- Bulbos arteriosus, conus arteriosus
- Eventos evolutivos: Craniata, Tetrapoda, Mammalia, Archosauria
- A incrível evolução dos crocodilos!

Vasos

- Artérias, arteríolas, capilares, vênulas, veias
- Vasos linfáticos

Circuitos vasculares

- Simples, duplo e variações

Sistema cardiovascular

- Sistema arterial, arcos aórticos
- Sistema venoso, sistemas porta
- Sistema linfático