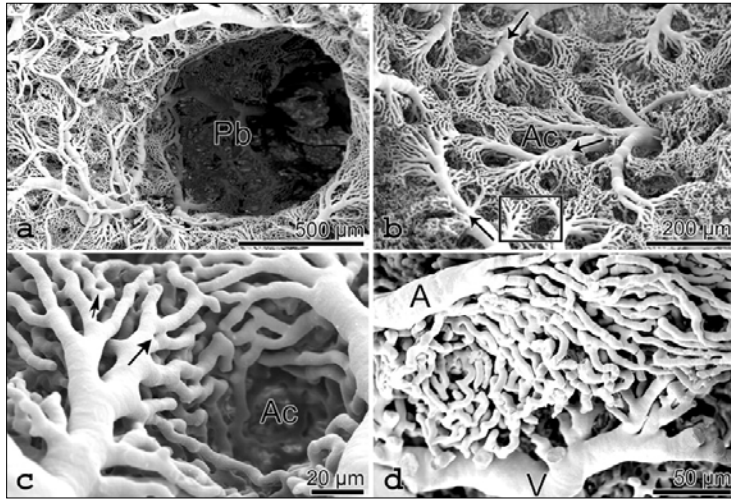


Sistemas Respiratório + Circulatório



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

1

Sistema circulatório (intro)

Sangue e tecidos hematopoiéticos

Coração

Vasos

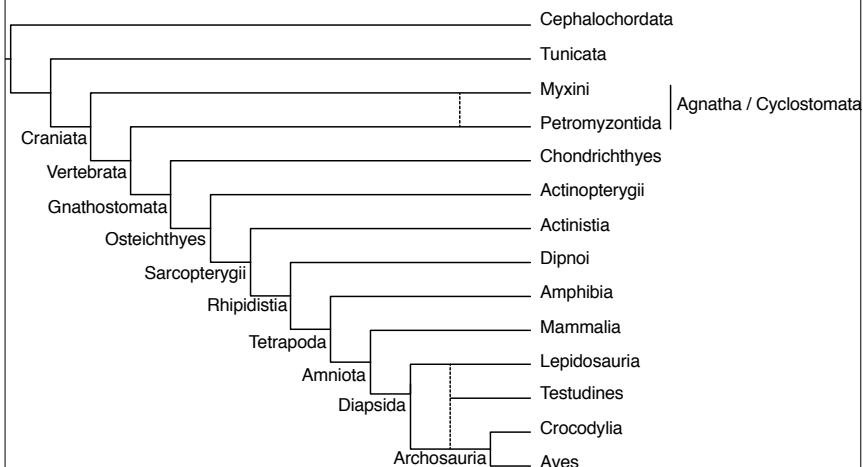
Circuitos vasculares

Sistema cardiovascular

Sistema linfático

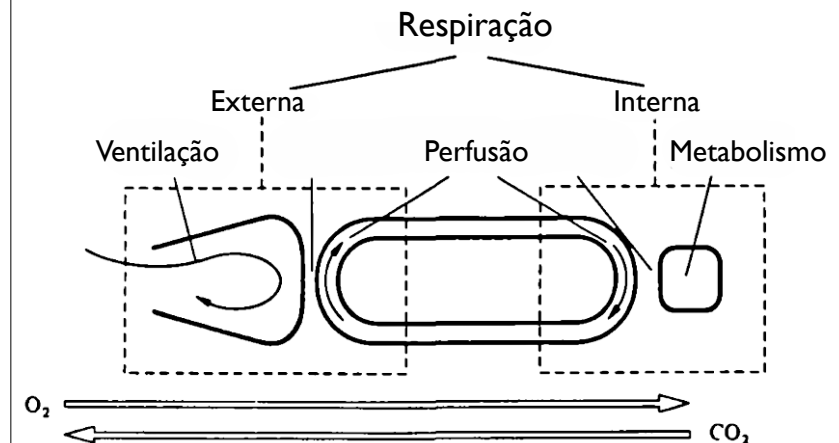
2

Filogenia de Chordata



3

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



4

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 sangüínea

Vasos linfáticos

Linfa: líquido intersticial, proteínas, linfócitos

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

5

Principais Tecidos Hematopoiéticos

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

6

Eventos importantes na evolução do sangue e dos tecidos hematopoiéticos

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 (hematopoiético, filtra sangue)

3. Tetrapoda

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

4. Mammalia

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

5. Aves

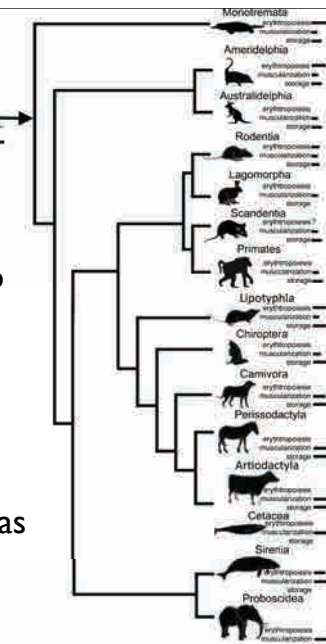
1. Bolsa de Fabrício (maturação de linfócitos B)

7

BAÇO Evolução e filogenia do armazenamento de sangue no baço dos mamíferos

Barras = importância
relativa das características

Udroiu 2017

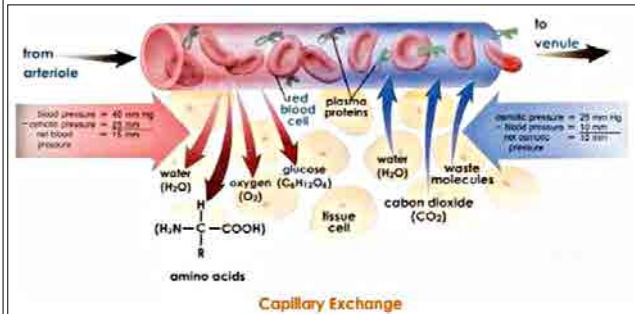


8

Linfa

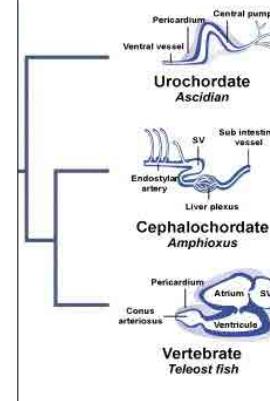
O líquido intersticial recolhido nos capilares linfáticos

Plasma (menos as proteínas globulosas)
 Linfócitos (dos tecidos hematopoiéticos)
 Triglicerídeos (do sistema digestivo)
 Patógenos (e.g., bactérias)



9

Evolução do Coração



circulação aberta, bomba central formada por (1) miocárdio tubular (sem câmaras ou válvulas) e (2) pericárdio

circulação fechada, bomba central ausente, propulsão do sangue por contração peristáltica da aorta ventral

circulação fechada, bomba central formada por segmentos especializados de fluxo de **entrada** (inflow) e **saída** (outflow) com câmaras, válvulas, septos

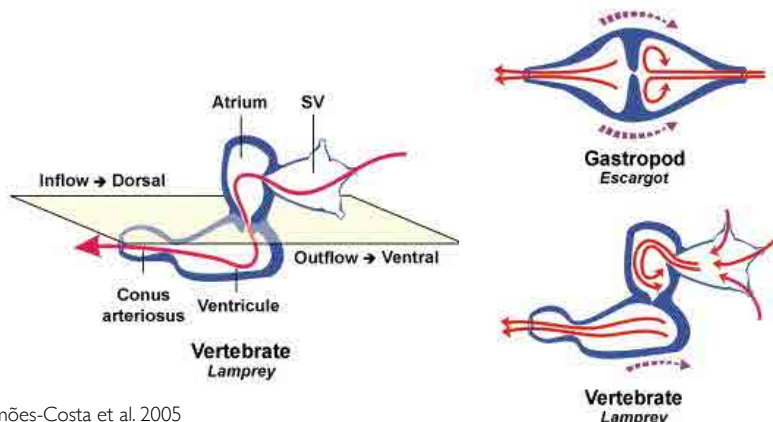
Simões-Costa et al. 2005

10

Coração em formato de “S”

Segmentos de entrada e saída em planos diferentes

Fluxos assimétricos direcionados à válvula
 O recuo ventricular sistólico não é contra o átrio, auxilia o influxo

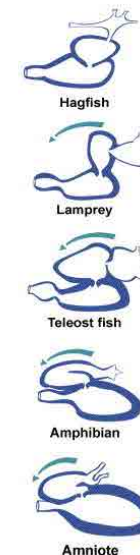


Simões-Costa et al. 2005

11

Tendência na evolução do coração nos vertebrados:

Deslocamento **anterior** dos segmentos de entrada



Simões-Costa et al. 2005

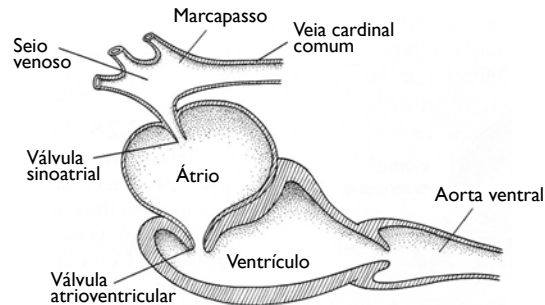
12

Craniata: átrio, ventrículo, válvula sinoatrial, válvula atrioventricular

Myxini

Coração “branquial”: 3 câmaras em série

Sinus venosus: câmara de recepção, inicia contração cardíaca



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

13

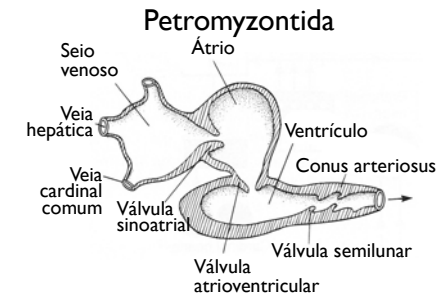
Conus arteriosus e Bulbus arteriosus

Vertebrata: conus arteriosus

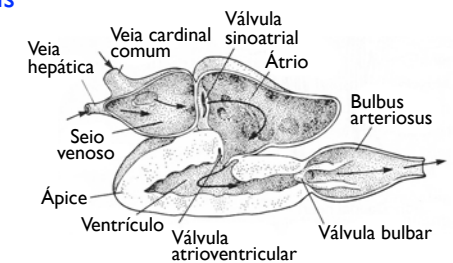
Segmento de músculo miocárdico, ejeta sangue para a aorta ventral (i.e., uma bomba adicional—medidas mostram que o sangue acelera um pouco por causa do conus) e as válvulas evitam refluxo.

Gnathostomata: bulbus arteriosus

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



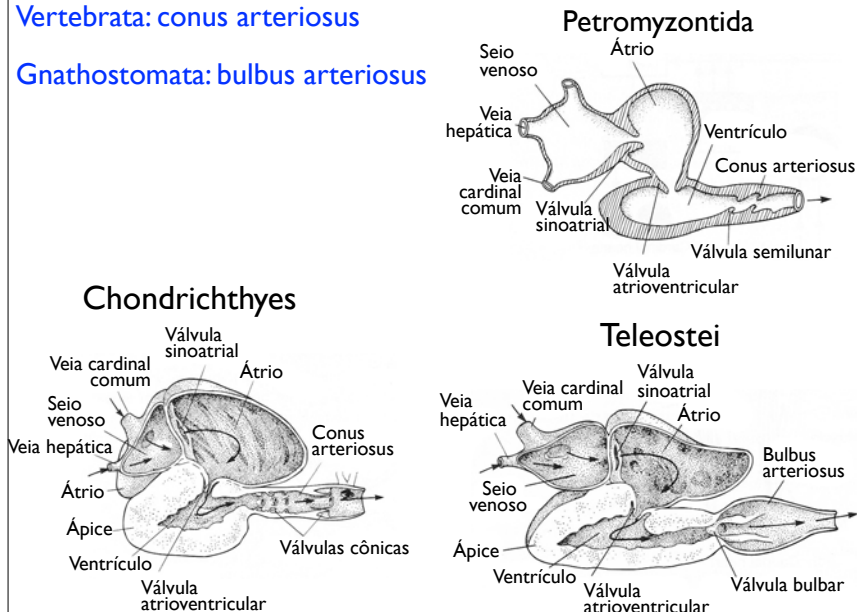
Teleostei



14

Vertebrata: conus arteriosus

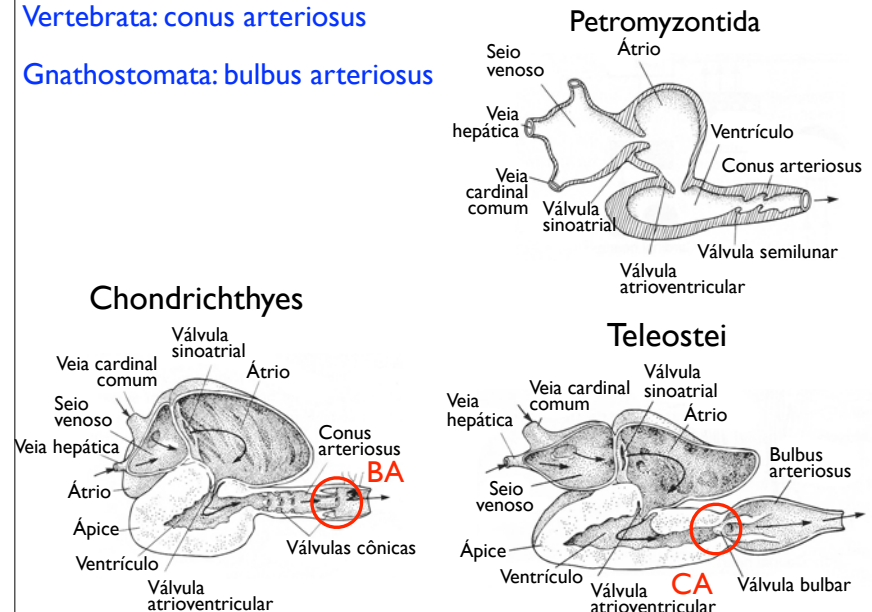
Gnathostomata: bulbus arteriosus



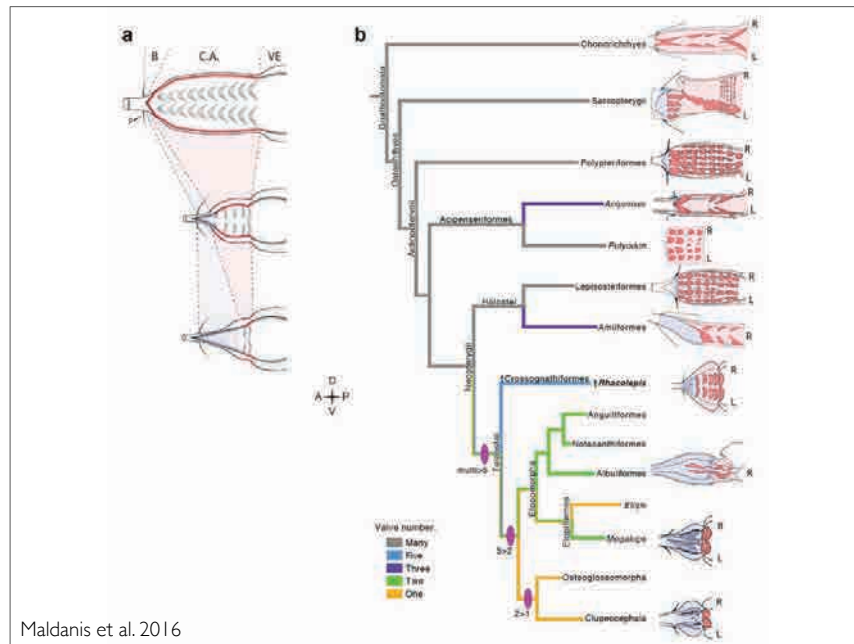
15

Vertebrata: conus arteriosus

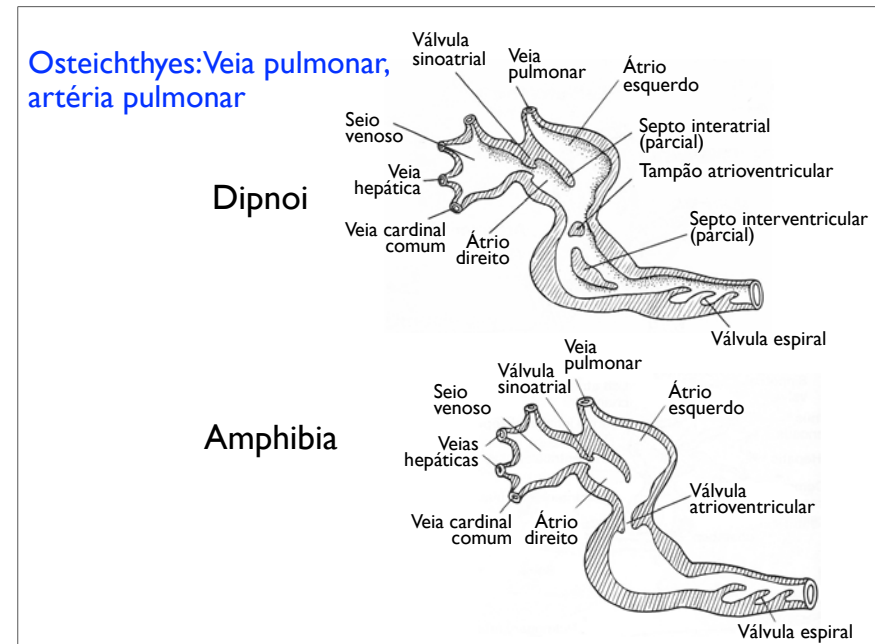
Gnathostomata: bulbus arteriosus



16

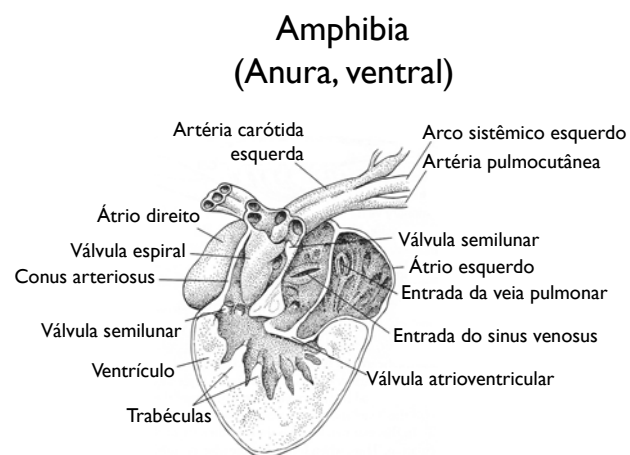


17



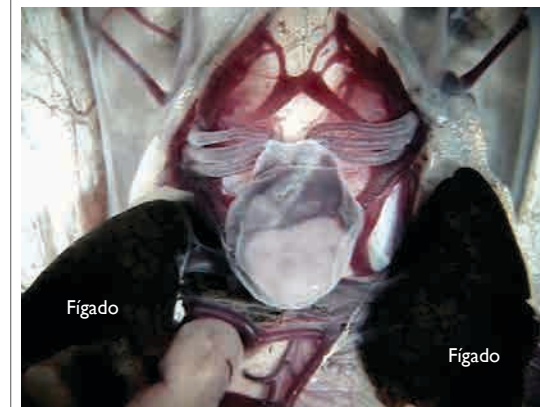
18

Tetrapoda: Septo interatrial completo



Artéria pulmocutânea (derivado)

19



Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

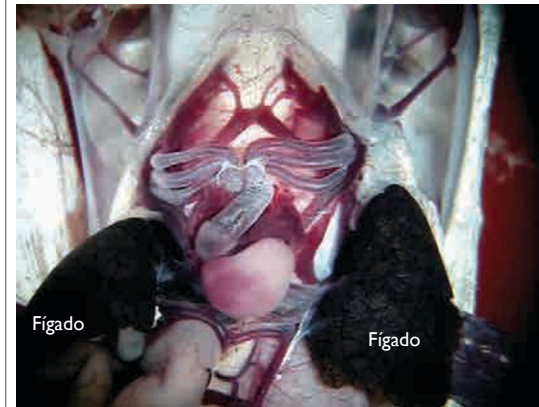
vídeo: A. Sebben, UnB

20-1



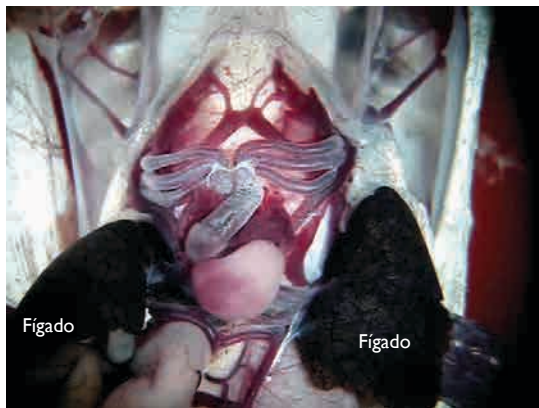
Pipa carvalhoi (Anura, ventral)
vídeo: A. Sebben, UnB

20-2



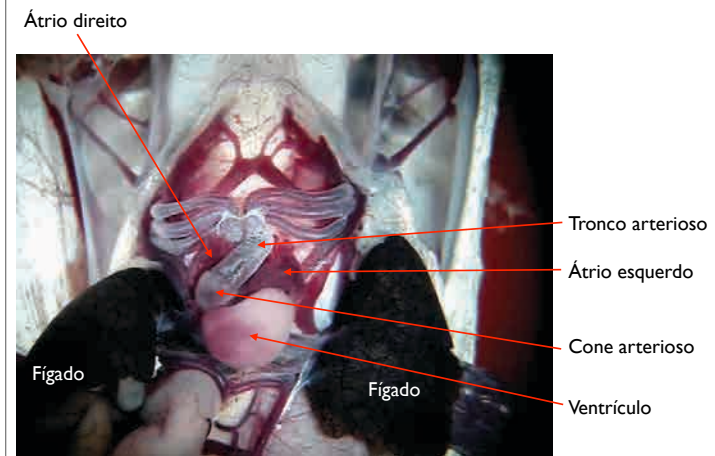
Pipa carvalhoi (Anura, ventral)
vídeo: A. Sebben, UnB

21-1



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

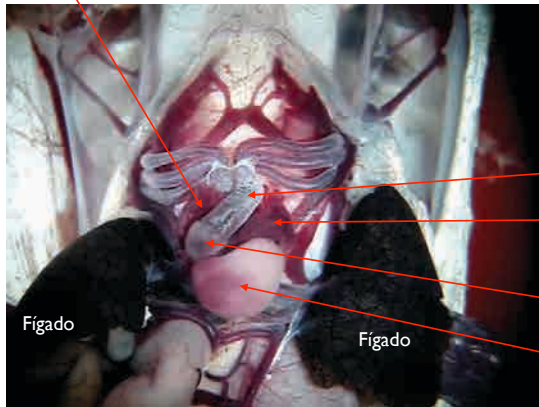
21-2



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

22-1

Átrio direito



Tronco arterioso

Átrio esquerdo

Cone arterioso

Ventriculo

Figado

Figado

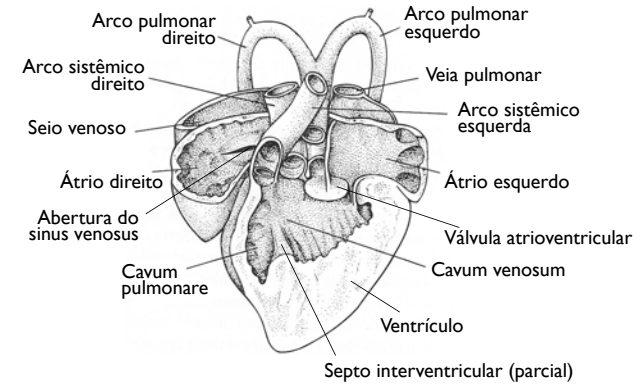
Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

vídeo: A. Sebben, UnB

22-2

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

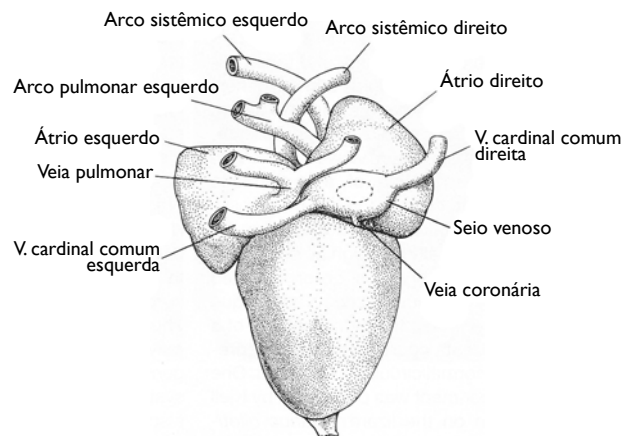
Squamata
(ventral)



23

Archosauria: Septo interventricular completo

Crocodylia
(vista dorsal)



24



Se os crocodilos são ectotérmicos, predadores de emboscada sem atividade prolongada, taxa metabólica baixa, por que tem os sistemas respiratório e circulatório tão modificados?

25-1



Se os crocodilos são ectotérmicos, predadores de emboscada sem atividade prolongada, taxa metabólica baixa, por que tem os sistemas respiratório e circulatório tão modificados?

25-2



Se os ancestrais eram endotérmicos, por que os crocodilos atuais são ectotérmicos?

25-3



- (1) permite ficar mais tempo submersos na água
- (2) a taxa metabólica de descanso é 6-8 vezes menor nos ectotérmicos que nos endotérmicos do mesmo tamanho
- (3) perda de calor mais rápido em água

25-4

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

26

Novo problema: falta de CO₂

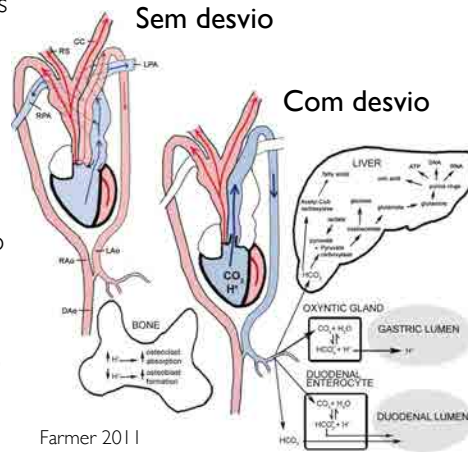
Apesar do CO₂ ser considerado normalmente como um resíduo metabólico a ser eliminado, é necessário para vários processos biosintéticos

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

Solução: desvio de sangue “shunting”



27

Crocodylia: Desvio de sangue (“shunting”)

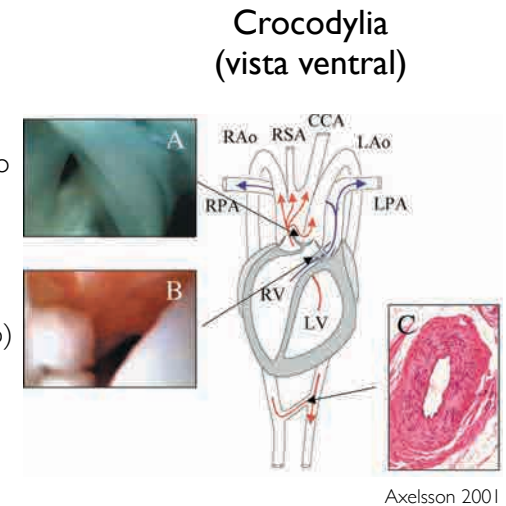
Durante exercício, fluxo como em mamíferos e aves

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

A. Forame de Panizzi

B. Cone subpulmonar (dentado)

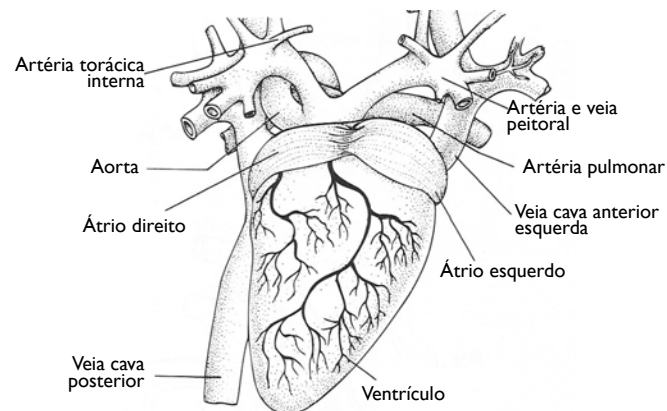
C. Anastomose aórtica



28

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

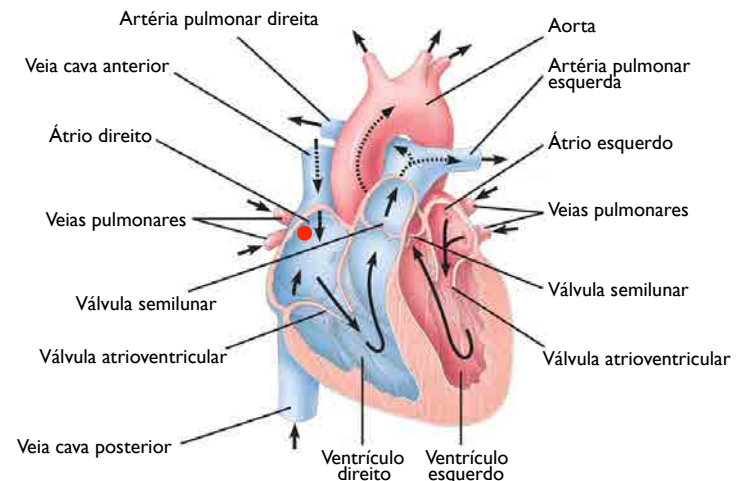
Aves (vista ventral)



29

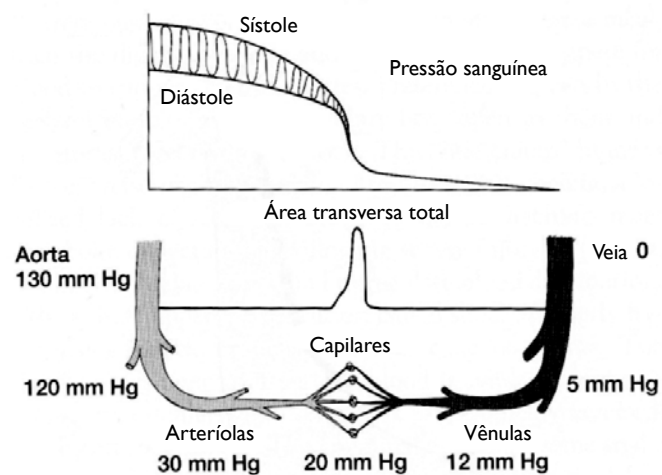
Mammalia: Septo interventricular completo, seio venoso reduzido = nódulo sinoatrial (marcapasso), I tronco aórtico (esquerdo), veias pulmonares com entradas separadas

Mammalia (ventral)



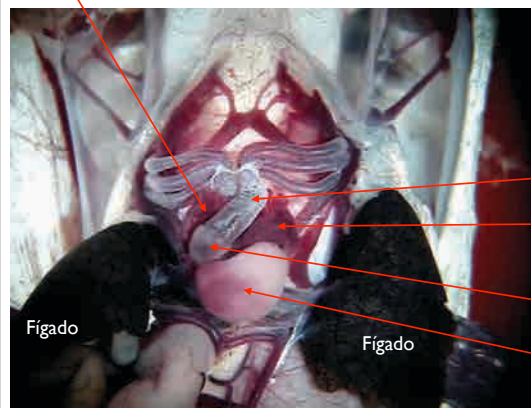
30

Vasos sanguíneos



31

Átrio direito

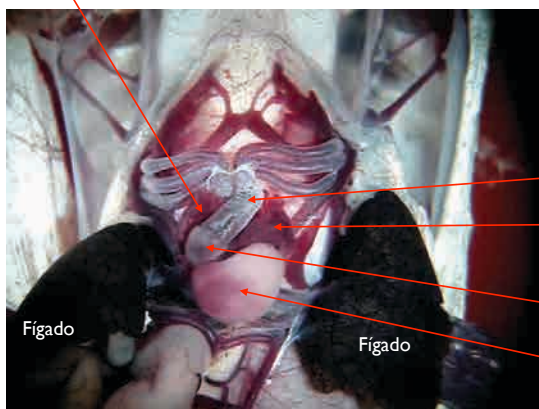


Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

vídeo: A. Sebben, UnB

32-1

Átrio direito



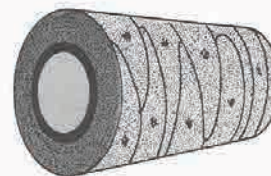
Pipa carvalhoi (Anura, ventral)

vídeo: A. Sebben, UnB

32-2

Vasos sanguíneos

Artéria



Endotélio
Fibras de elastina
Músculo liso
Fibras de colágeno

Aorta
Diâmetro = 25 mm
Espessura = 2 mm

Artéria de tamanho média
4 mm
1 mm

Arteriola



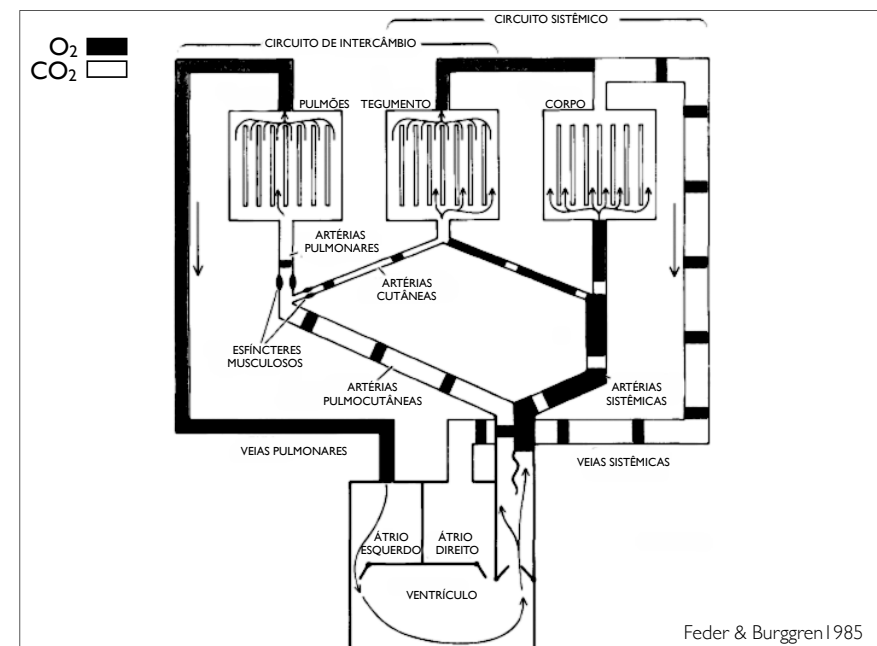
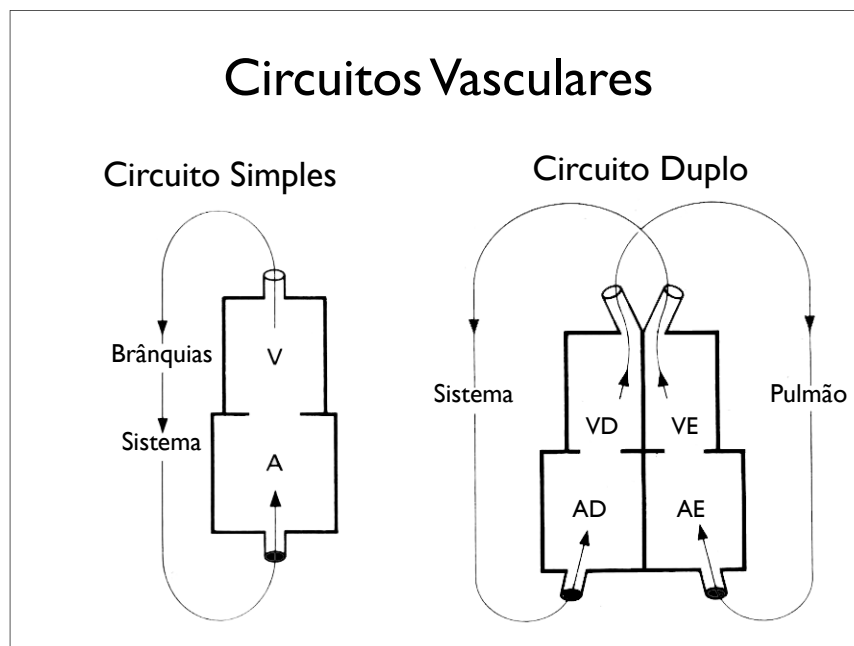
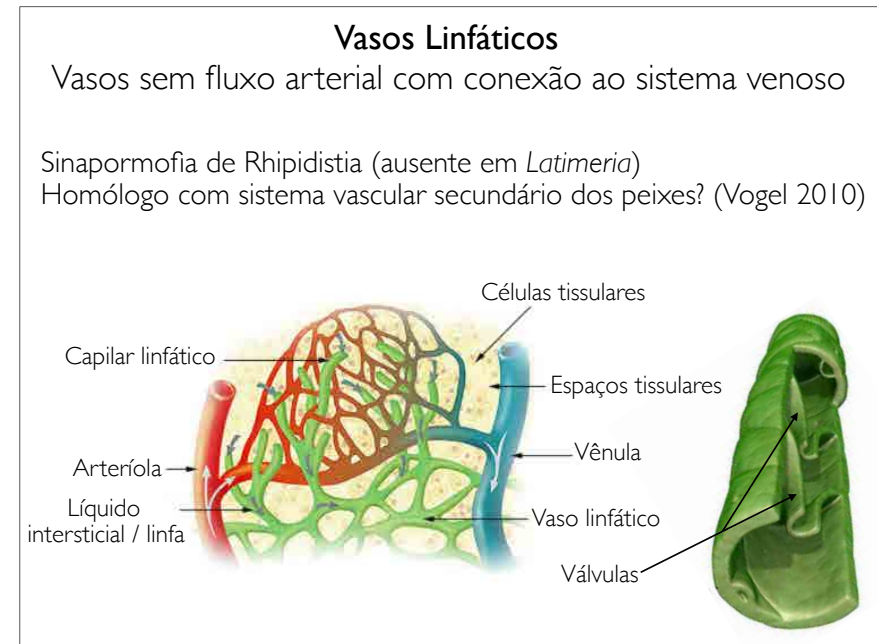
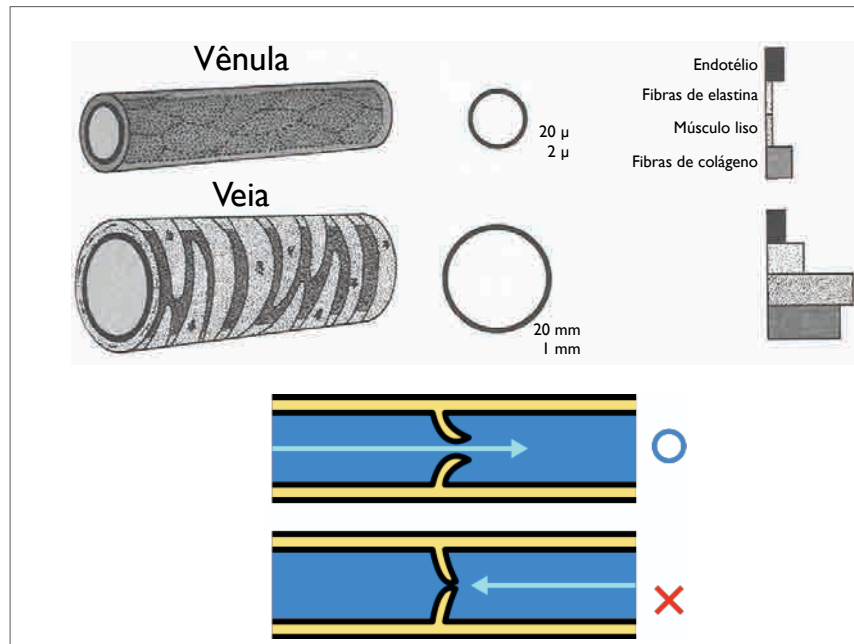
30 μ
20 μ

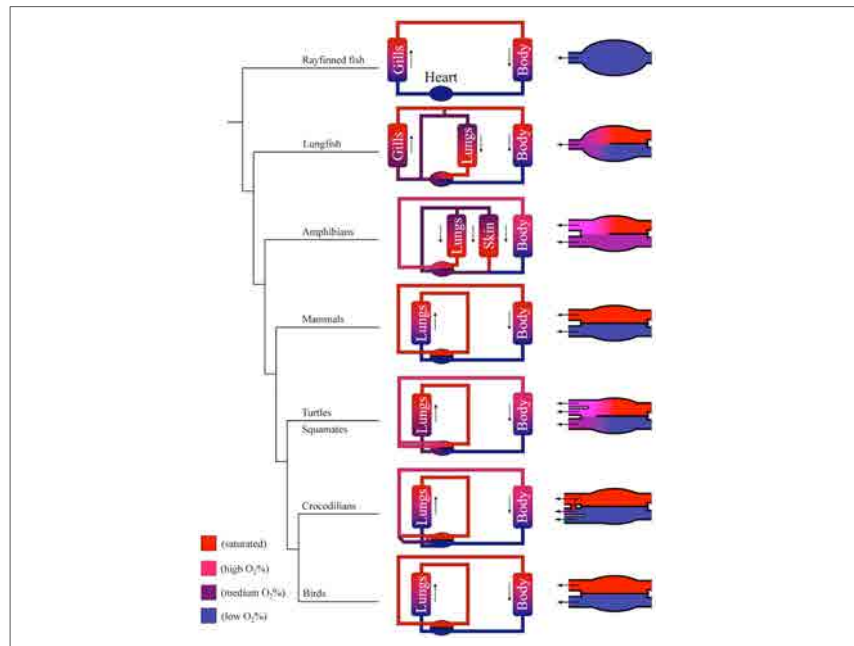
Capilar



8 μ
<1 μ

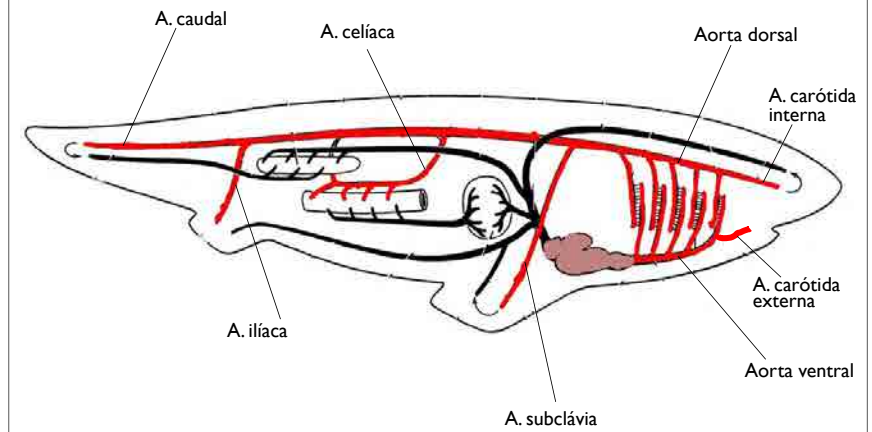
33





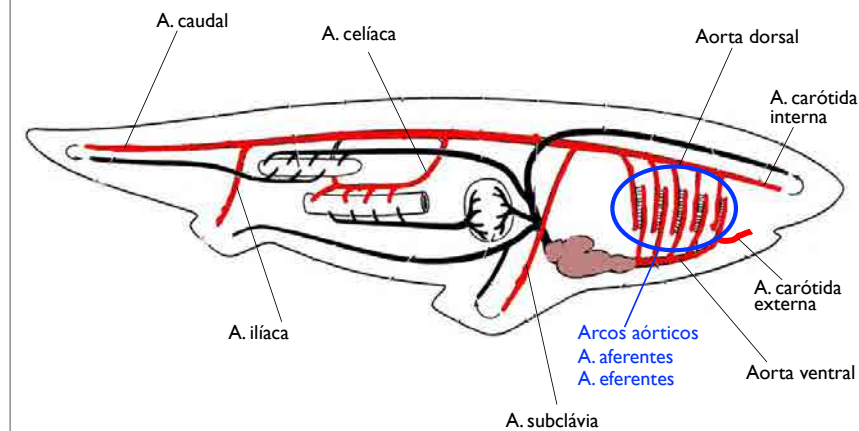
38

Sistema Cardiovascular: Sistema Arterial



39

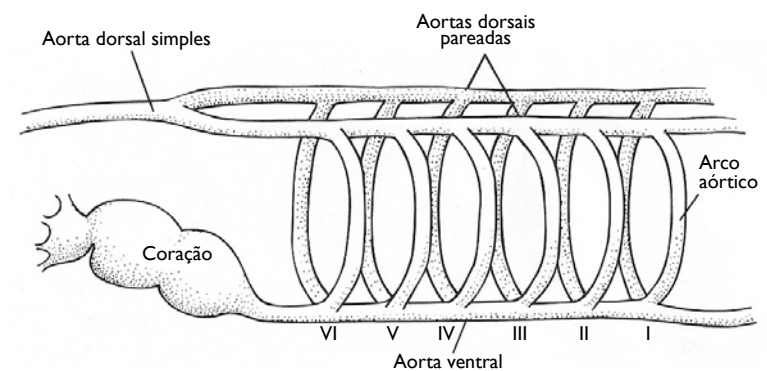
Sistema Cardiovascular: Sistema Arterial



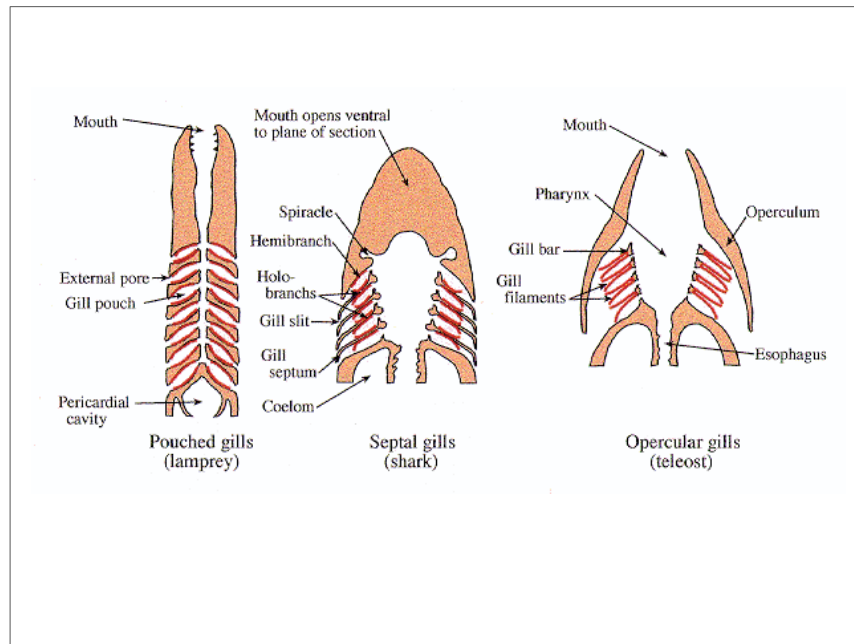
40

Arcos aórticos

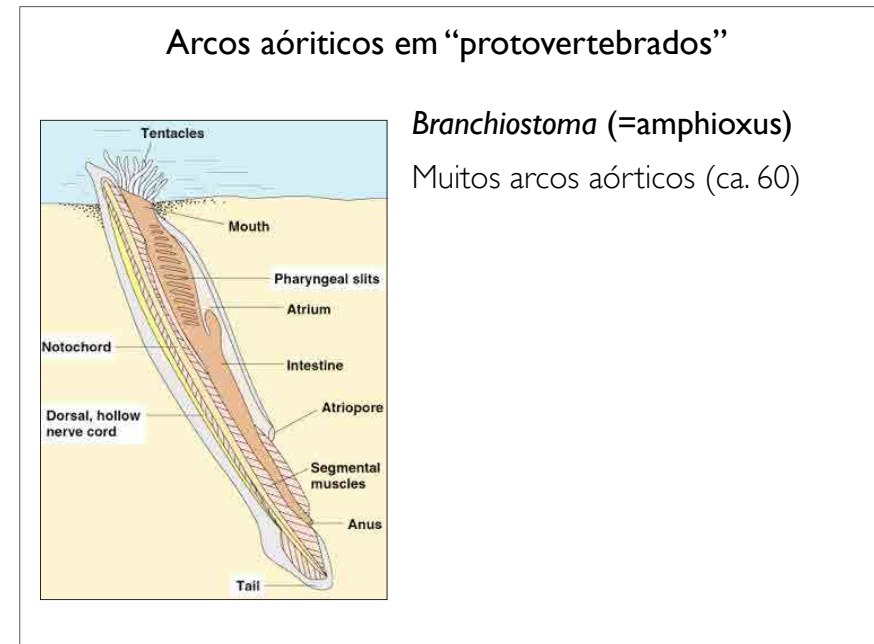
Uma série de pares de artérias que ligam a aorta ventral com a aorta dorsal



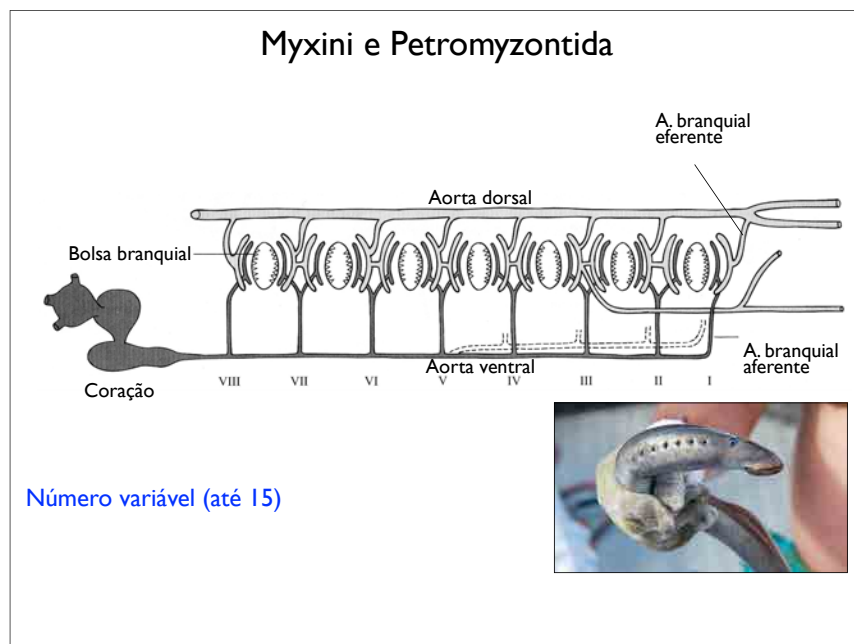
41



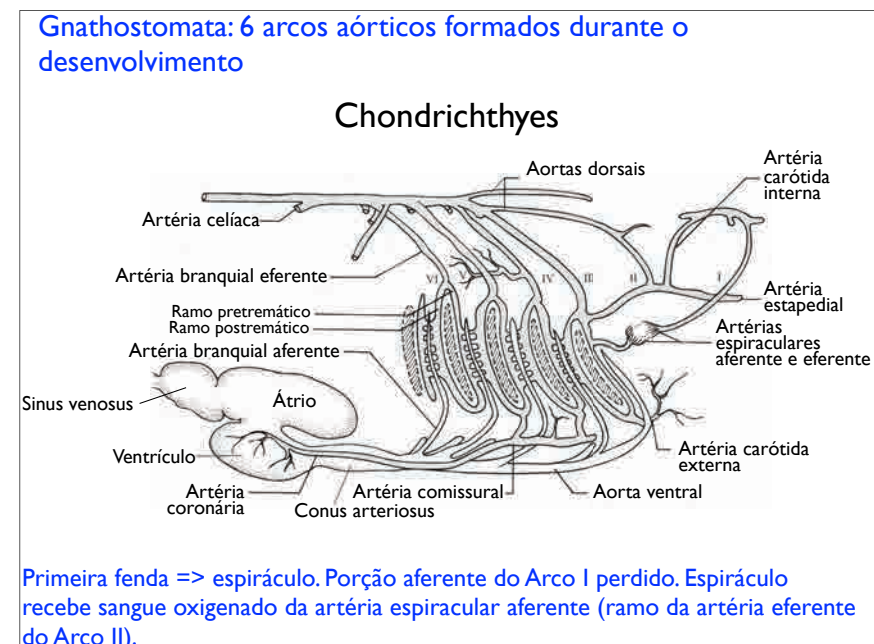
42



43

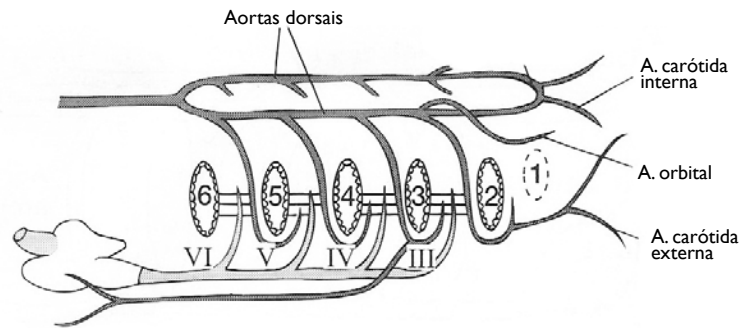


44



45

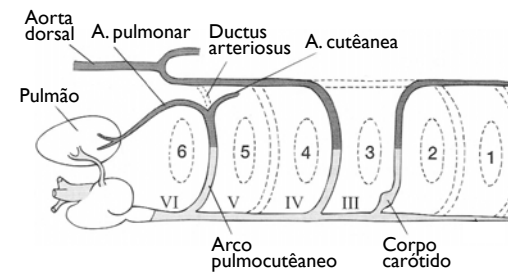
Actinopterygii



Arcos II, I ausentes (retenção dos arcos IV, V, VI, III)

46

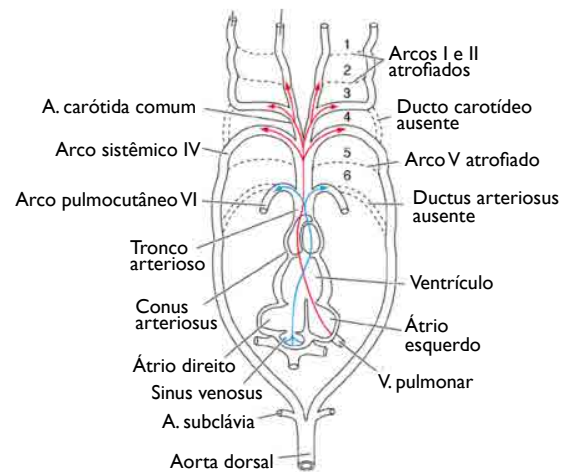
Anura (adulto)



Arcos V, II, I ausentes (retenção dos arcos IV, VI, III)

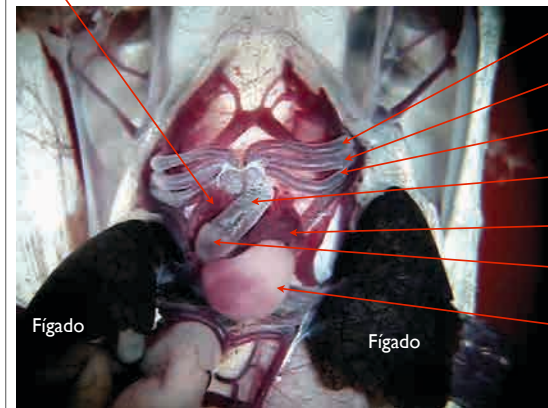
47

Anura (adulto)



Arcos V, II, I ausentes (retenção dos arcos IV, VI, III)

48

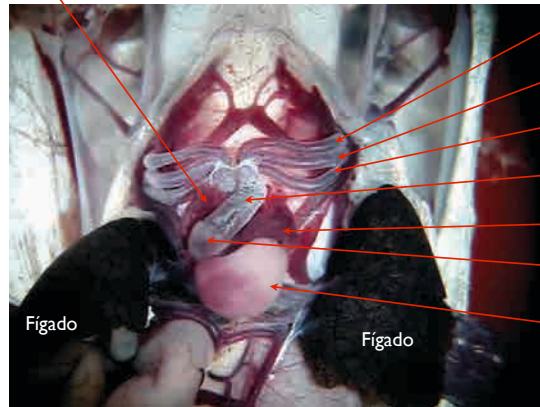


Pipa carvalhoi (Anura, Pipidae)

vídeo: A. Sebben, UnB

49-1

Átrio direito



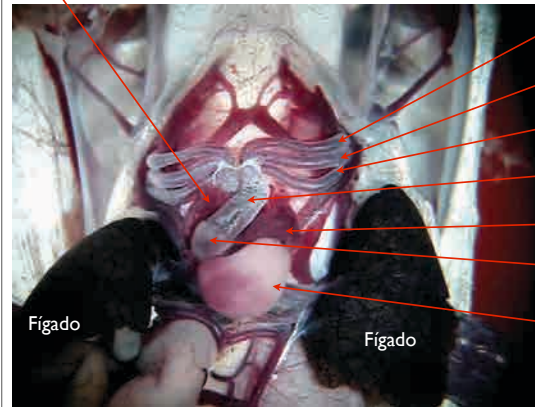
Artéria carótida comum esquerda (arco III)
Arco sistêmico esquerdo (arco IV)
Arco pulmocutânea (arco VI)
Tronco arterioso
Átrio esquerdo
Cone arterioso
Ventrículo

Pipa carvalhoi (Anura, Pipidae)

vídeo: A. Sebben, UnB

49-2

Átrio direito



Artéria carótida comum esquerda (arco III)
Arco sistêmico esquerdo (arco IV)
Arco pulmocutânea (arco VI)
Tronco arterioso
Átrio esquerdo
Cone arterioso
Ventrículo

Pipa carvalhoi (Anura, Pipidae)

vídeo: A. Sebben, UnB

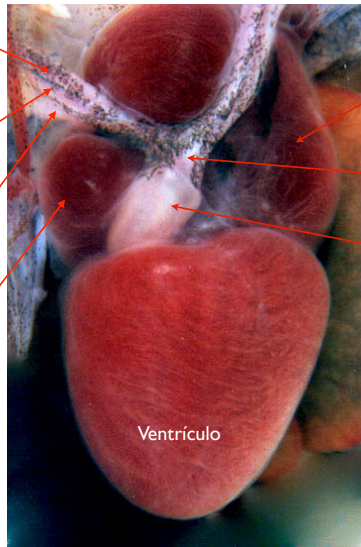
49-3

Artéria carótida comum direita (arco III)

Arco sistêmico direito (arco IV)

Arco pulmocutâneo (arco VI)

Átrio direito



Átrio esquerdo

Tronco arterioso

Cone arterioso

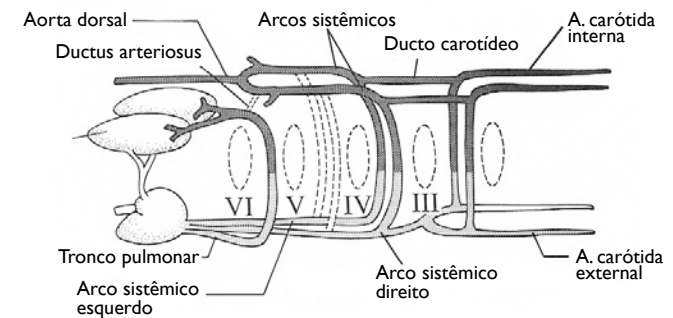
Ventrículo

Leptodactylus latrans (Anura, Leptodactylidae)

vídeo: A. Sebben, UnB

50

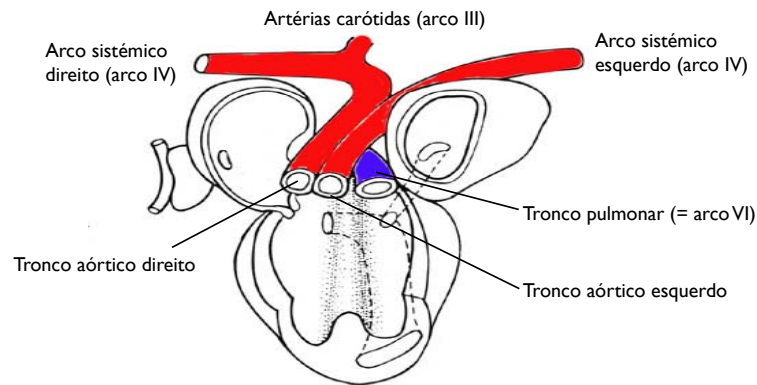
Lepidosauria, Testudines, Crocodylia



Base da aorta ventral se divide em 3 artérias: tronco pulmonar, arco sistêmico esquerdo e arco sistêmico direito; ducto carotídeo mantido; mantém arcos VI (pulmonar), IV (sistêmico), e III (carótido),

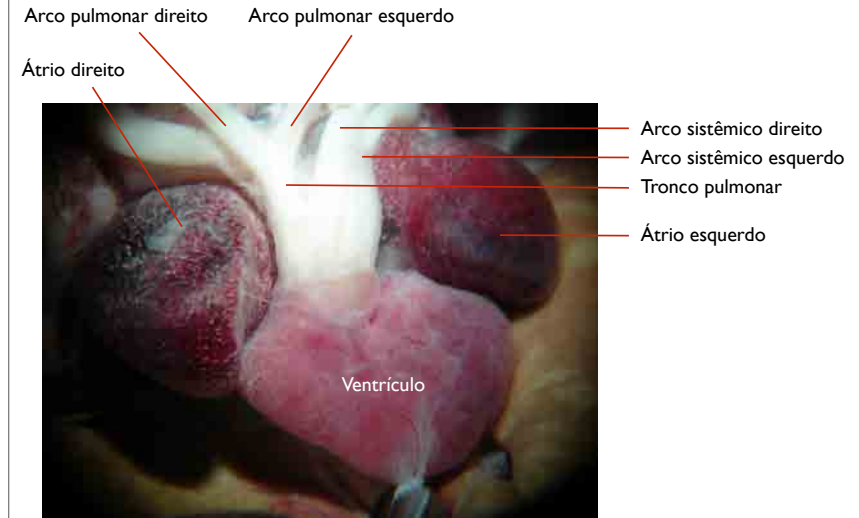
51

Lepidosauria, Testudines, Crocodylia



Base da aorta ventral se divide em 3 artérias: tronco pulmonar, arco sistêmico esquerdo e arco sistêmico direito; ducto carotídeo mantido; mantém arcos VI (pulmonar), IV (sistêmico), e III (carótido),

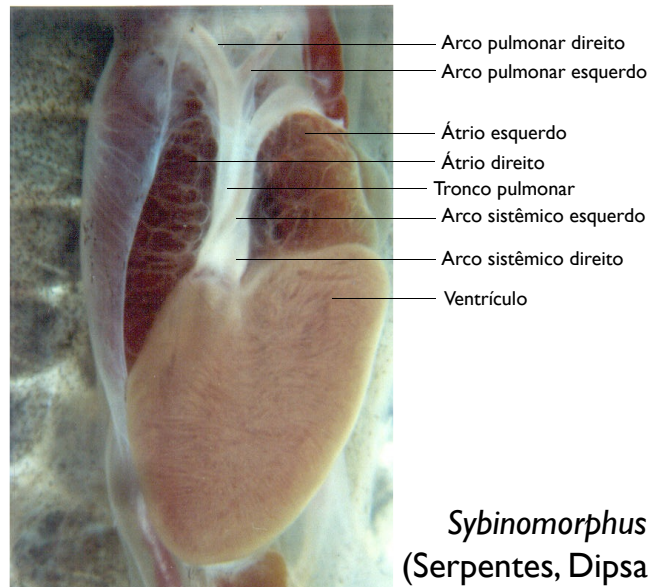
52



Trachemys scripta (Testudines, Emydidae)

foto: A. Sebben, UnB

53

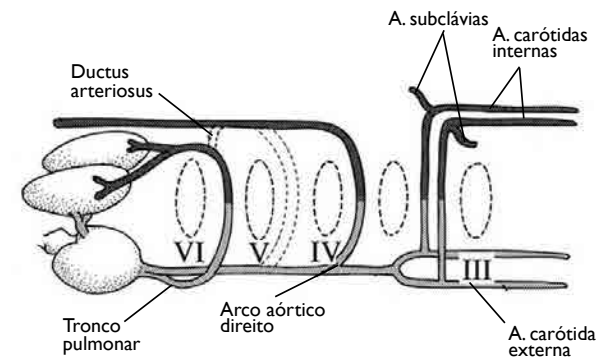


Sybinomorphus sp.
(Serpentes, Dipsadidae)

foto: A. Sebben, UnB

54

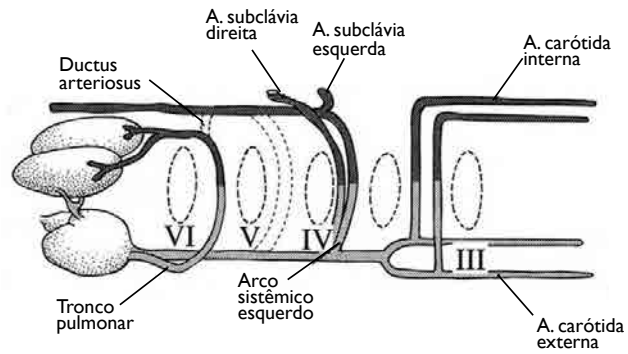
Aves



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

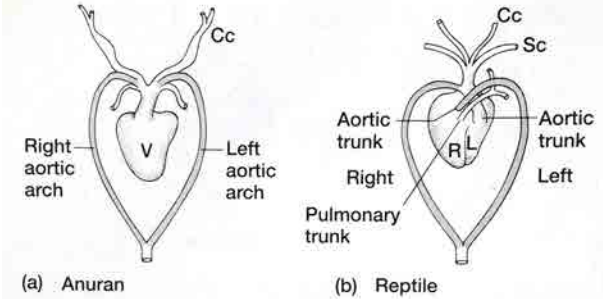
55

Mammalia



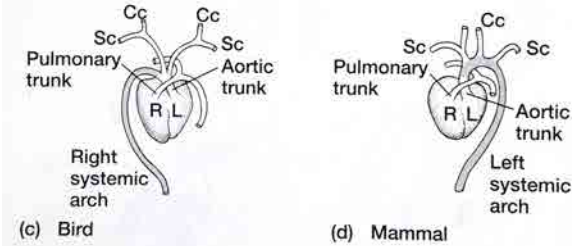
Arco sistêmico único (esquerdo), mantém arcos VI, IV, III, ducto carotídeo ausente, artérias subclávias saem do arco IV, arco sistêmico direito = artéria subclávia direita

56



(a) Anuran

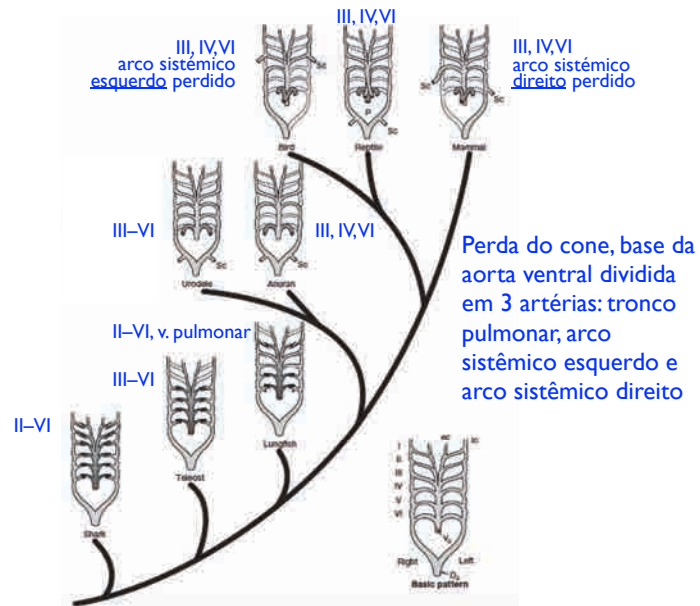
(b) Reptile



(c) Bird

(d) Mammal

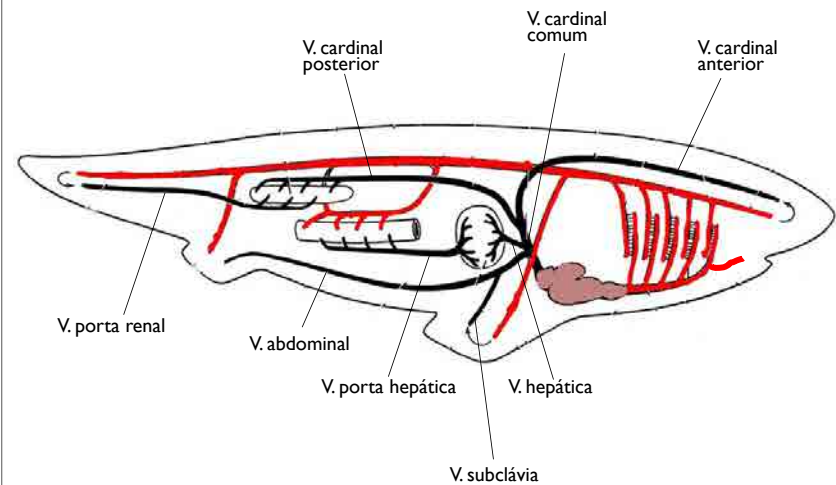
57



Perda do cone, base da aorta ventral dividida em 3 artérias: tronco pulmonar, arco sistêmico esquerdo e arco sistêmico direito

58

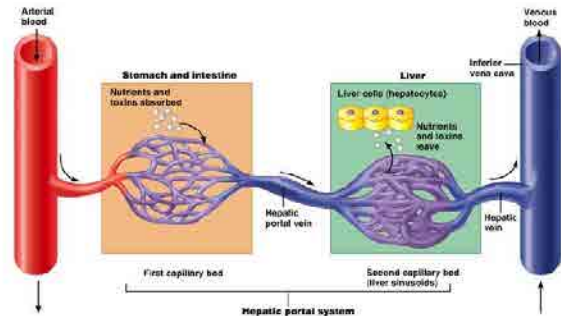
Sistema Venoso



59

Sistema Porta

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

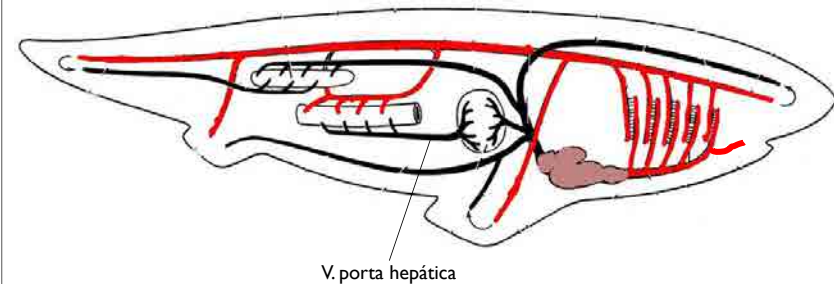


60

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)



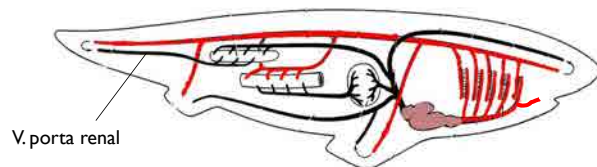
61

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



62

Sistema Porta

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

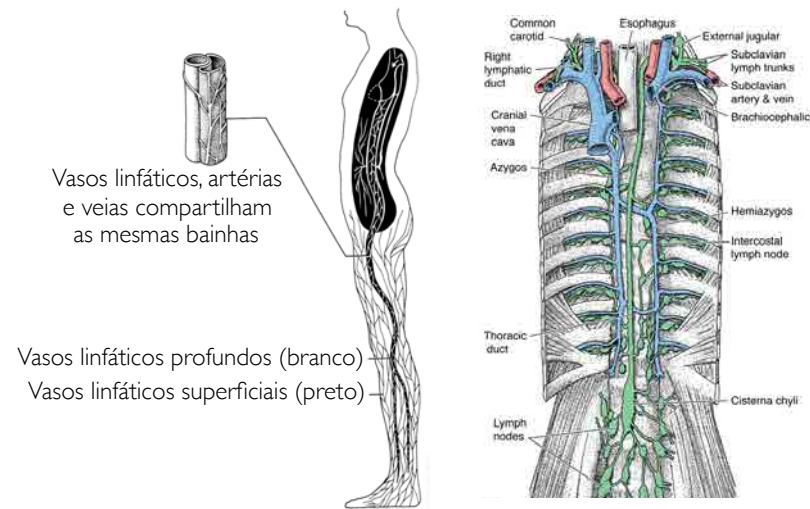
1. Sistema porta hepático. Liga trato digestivo e glândulas associadas com o fígado (regula açúcar no sangue, fagocita e destrói substâncias nocivas, facilita absorção de diversas substâncias). Presente em Cephalochordata (simplesiomorfia em Craniata)

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

63

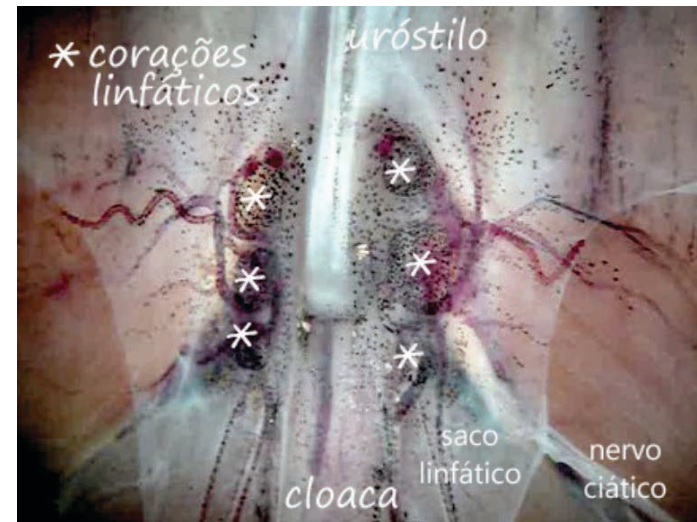
Sistema Linfático



64

Corações Linfáticos

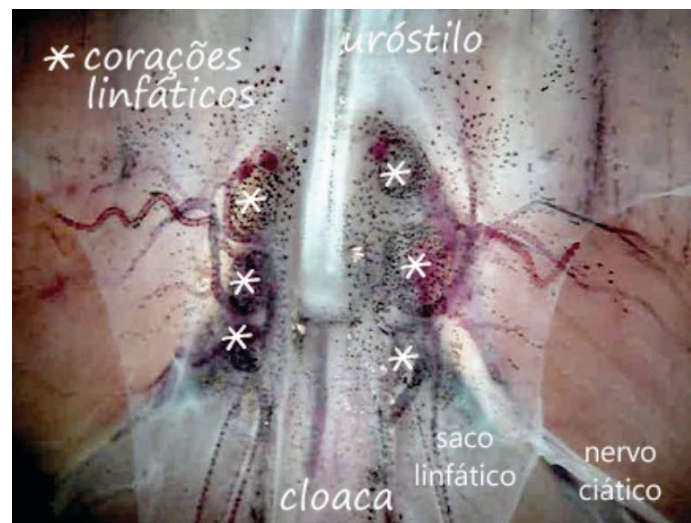
Presentes em anfíbios (anterior e posterior) e Sauropsida (posterior)



65-1

Corações Linfáticos

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



65-2

Sacos Linfáticos em Anura

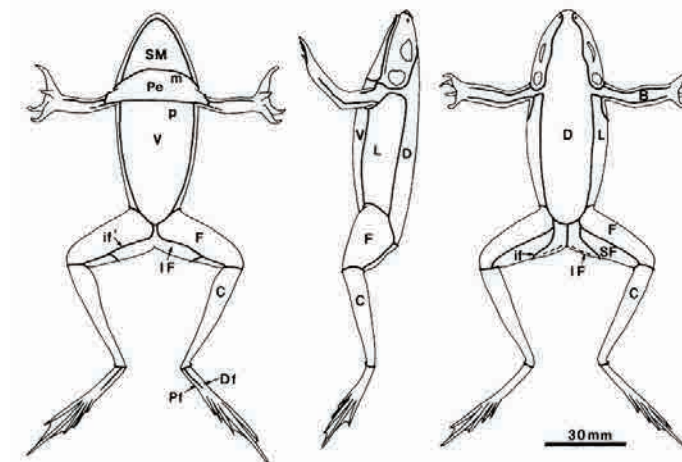


FIGURE 2. Ventral, lateral and dorsal views respectively, of *Rana papua* showing the subcutaneous sacs and the septa (thick outlines). B = brachial sac; C = crural sac; D = dorsal sac; DI = dorsal sac of the foot; F = femoral sac; IF = interfemoral sac; L = lateral sac; Pe = pectoral sac; PI = plantar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

66

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

- Simple, duplo e variações

Sistema cardiovascular

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