

Sistema Respiratório

Profa. Dra. Maria Luisa da Silva

baseado em

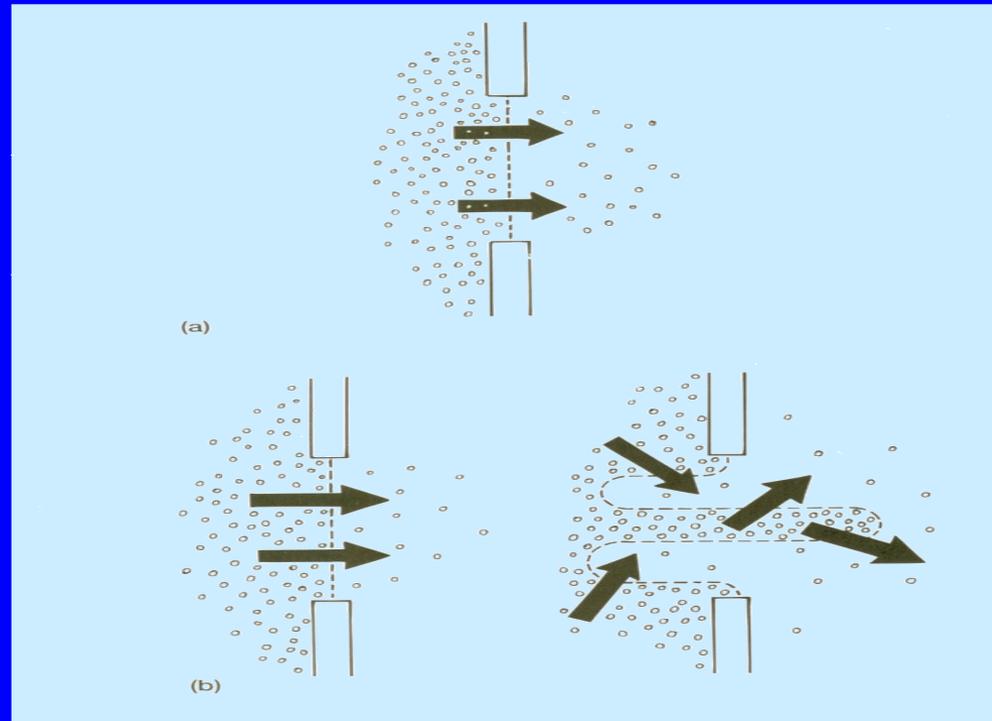
- Kardong, K. Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution. McGraw–Hill 2° ed. 1998.
- Hildebrand, M. Análise da Estrutura dos Vertebrados. Atheneu, SP. 1995

Respiração

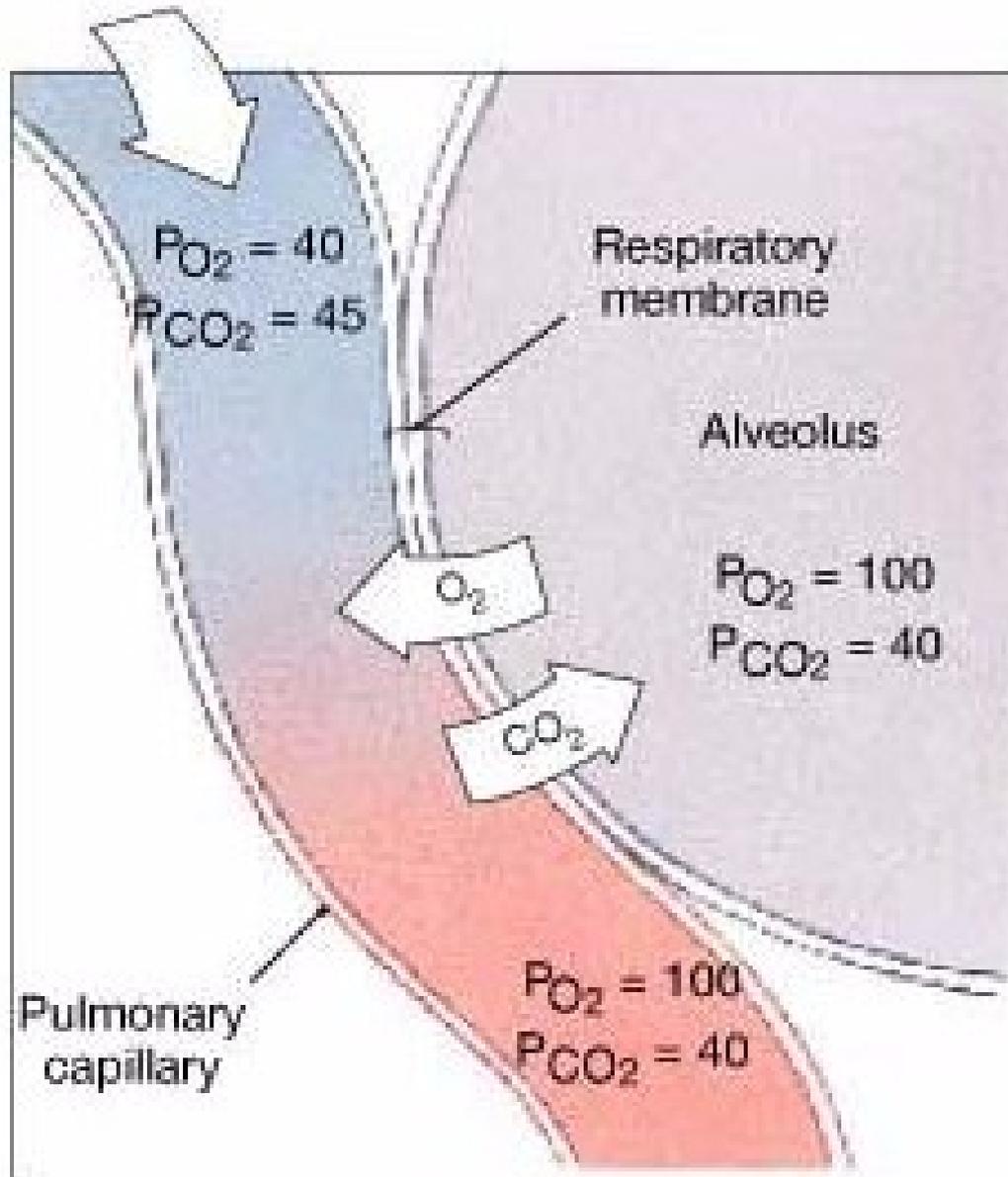
Processo que requer ventilação das superfícies respiratórias onde o **oxigênio é absorvido do ambiente**, e produtos excedentes da oxidação (**dióxido de carbono**), são liberados.

O sistema circulatório e respiratório – difusão passiva (moléculas se movimentam das áreas de pressão parcial mais altas para as mais baixas).

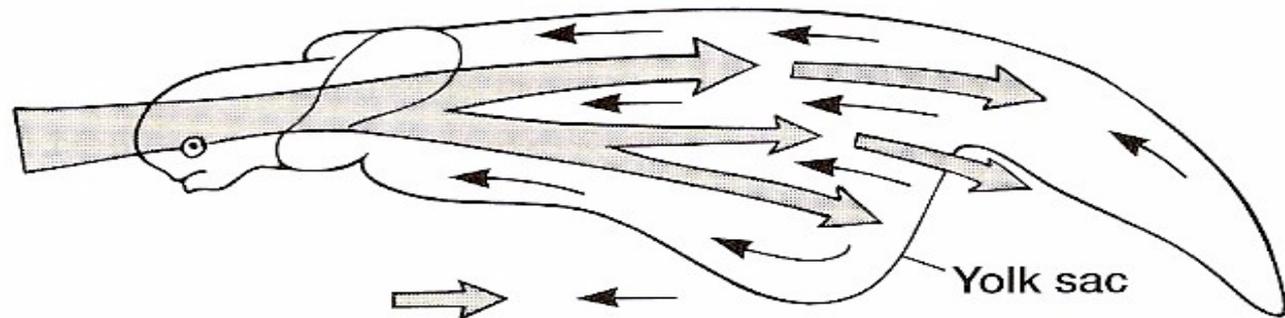
A taxa de movimento de difusão das moléculas dependem da superfície de área disponível, além da distância de destino e a resistência do tecido



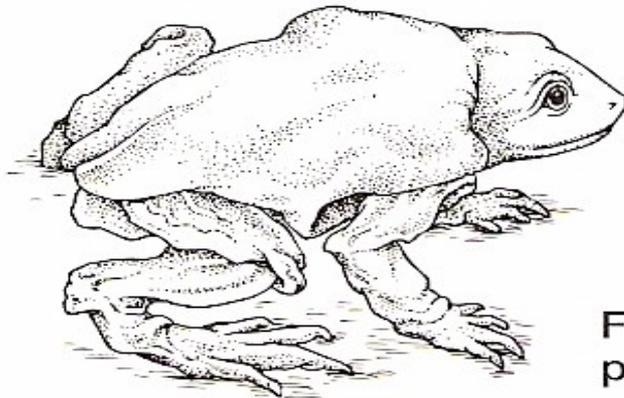
Difusão



Adaptações para respiração cutânea

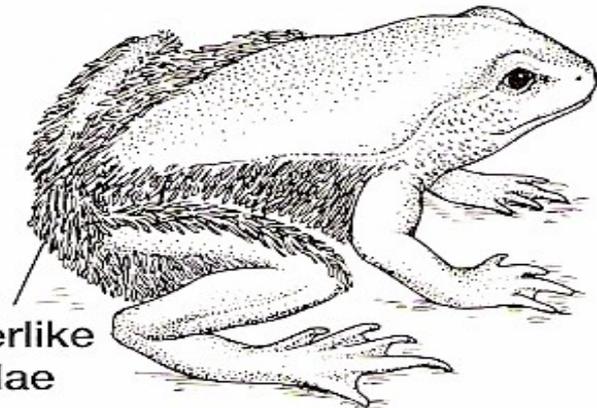


(a) Larval fish Water Blood



Lake Titicaca frog

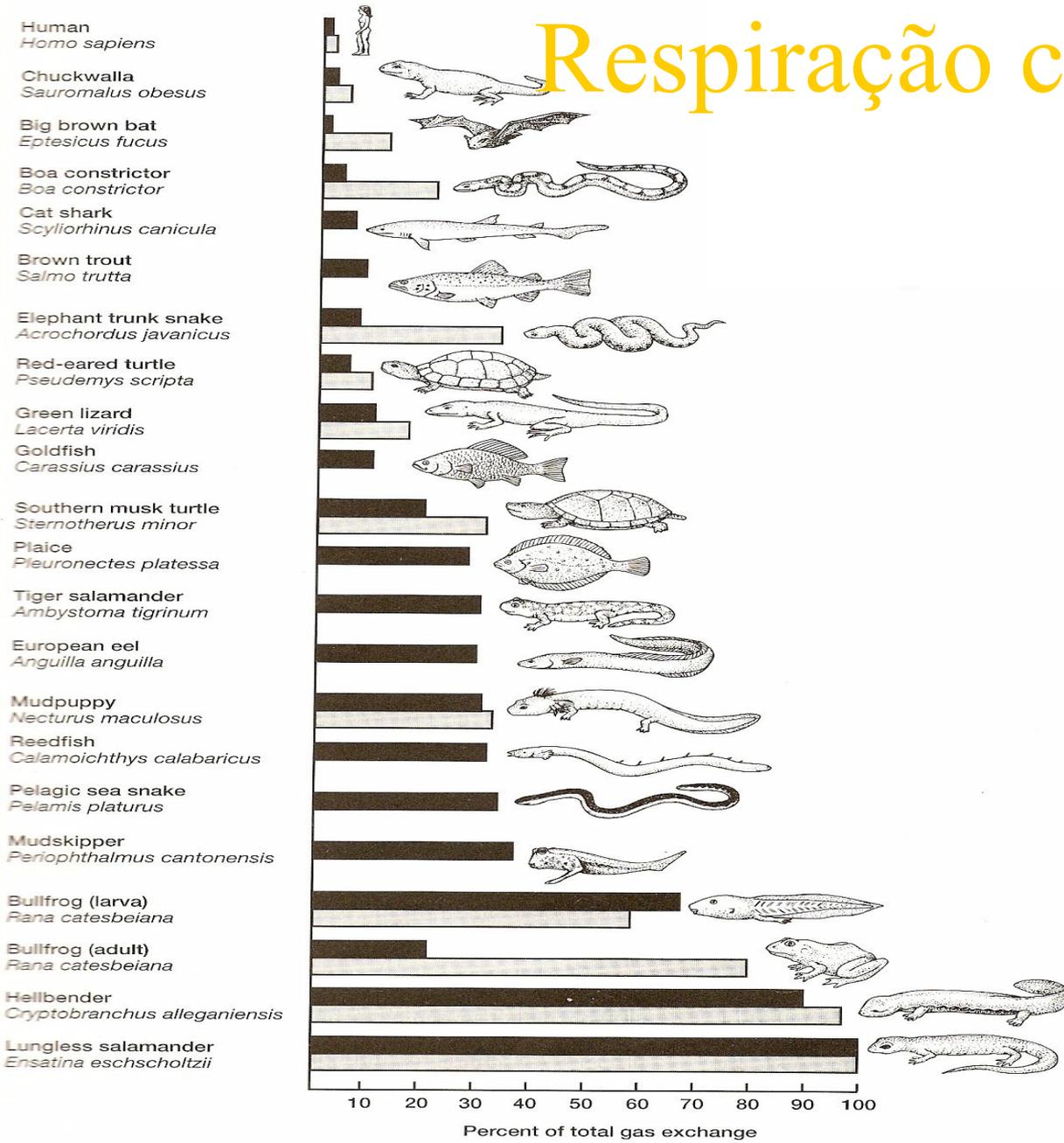
(b) *Telmatobius*



Hairy frog

(c) *Astylosternus*

Respiração cutânea



- Barra cinza – captação de oxigênio
- Barra preta – eliminação de dióxido de carbono

Sistema Respiratório

- Os sistemas circulatórios e respiratórios têm “bombas” para movimentação dos fluídos, ar ou água para respiração
- Bombas – definição
 - máquina ou dispositivo para elevar o nível de um líquido ou fazê-lo fluir em determinada direção, assim como para comprimir gases ou torná-los rarefeitos
 - todo artefato ou instalação destinada a passar qualquer fluido (líquido ou gás) de um recipiente para outro
- caixa torácica – ar
- aparato branquial respectivamente – água
- o coração é a bomba do sistema circulatório

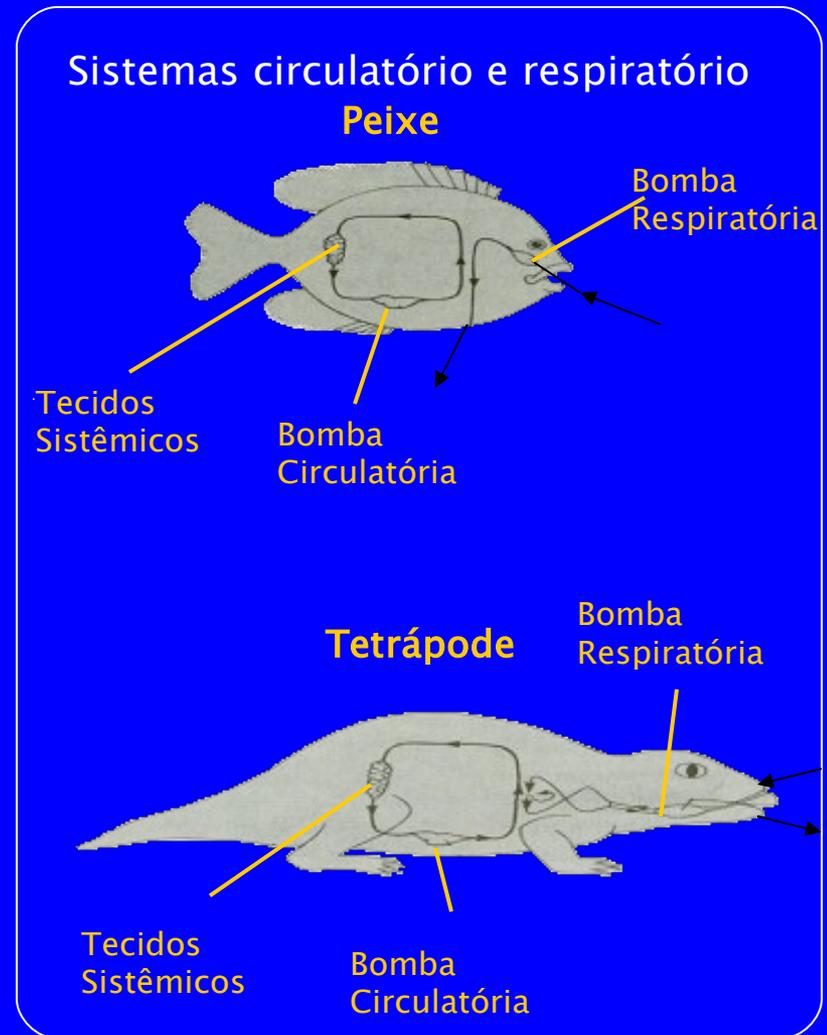
Sistema Respiratório

- Bombas: proporcionam alta pressão parcial dos gradientes através das superfícies de trocas.
- A respiração **externa**: troca de gases entre o ambiente e o sangue via superfície respiratória.
- A respiração **interna**: **troca** de gases entre o sangue e os tecidos internos do corpo.

Sistema Respiratório

Nos peixes, a bomba respiratória geralmente inclui os arcos branquiais e sua musculatura. O coração leva o sangue através das brânquias e depois para os tecidos sistêmicos.

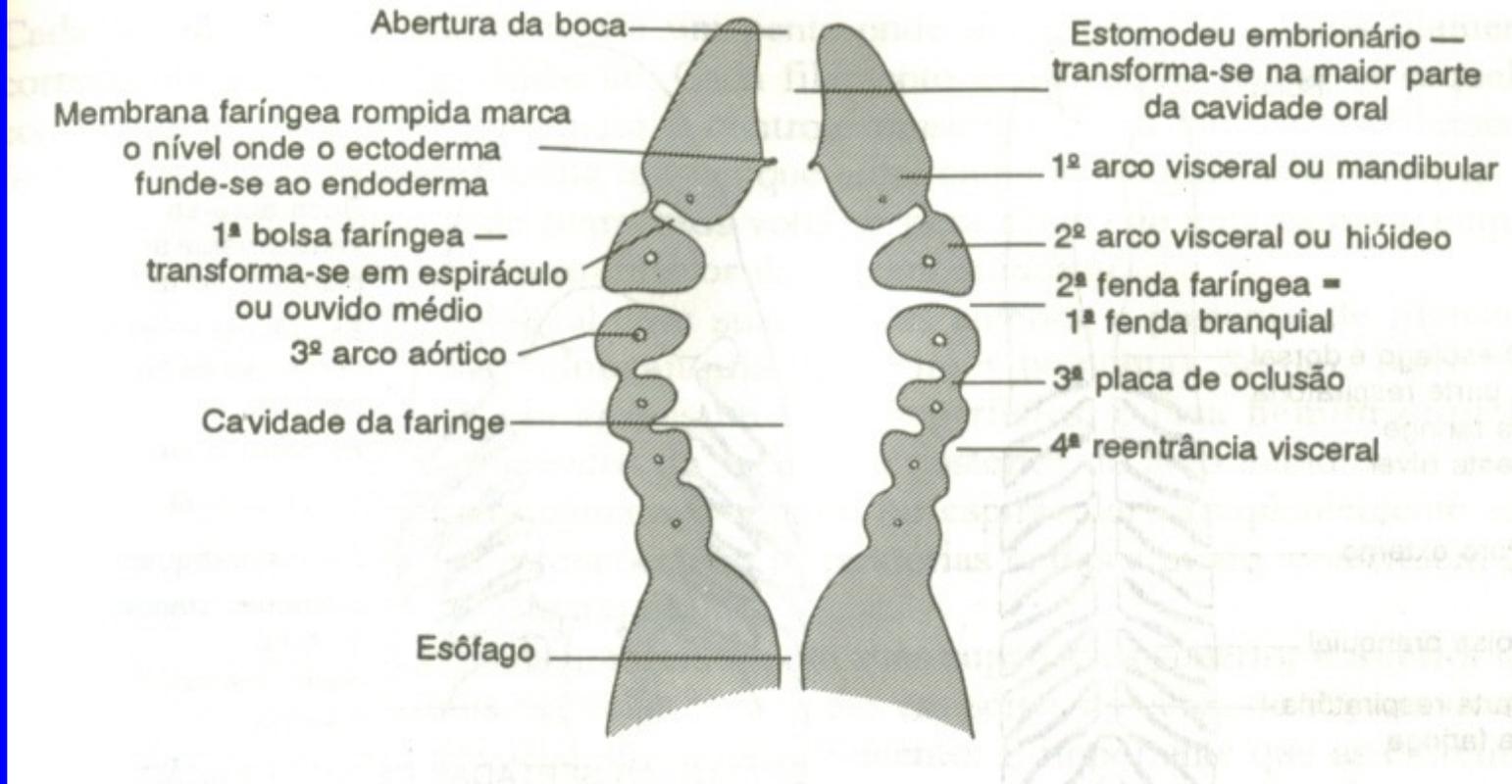
Nos tetrápodes, a bomba respiratória inclui a cavidade bucal e a cavidade torácica que é flexível. A respiração ocorre nos pulmões e o coração leva o sangue através dos vasos para os tecidos sistêmicos.



Órgãos Respiratórios – Brânquias

- Os cordados ancestrais possuíam brânquias grandes e complexas semelhantes ao dos protocordados.
- As brânquias evoluíram primeiro para realizar alimentação por filtração.
- A respiração nos cordados ancestrais provavelmente era cutânea.
- As brânquias respiratórias internas evoluíram a partir da faringe.
- As paredes laterais da faringe embrionária desenvolvem seis ou mais pares de evaginações denominadas **bolsas faríngeas**.

Secção frontal da cabeça e faringe da larva ou embrião de um vertebrado mandibulado

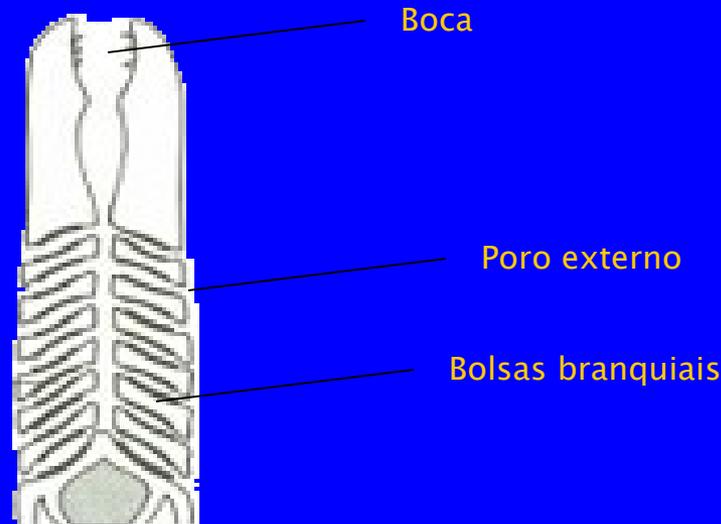


A faringe é a porção do intestino anterior situada entre a cavidade oral e o esôfago, revestida por endoderma.

Órgãos Respiratórios – Brânquias

- As **bolsas branquiais** são características dos agnatos. Cada bolsa pode ter seu próprio poro externo na superfície do corpo (**cefaláspidos, anáspidos e lampréia**), ou as bolsas do mesmo lado podem se comunicar com o meio externo por meio de um ducto ou poro comum (feiticeiras).

Bolsas branquiais de uma lampréia



Órgãos Respiratórios – Brânquias

- As câmaras branquiais, embora ligadas internamente às cavidades da faringe e da boca, são ventiladas por movimentos **bidirecionais** da água, através de uma única abertura para cada câmara branquial.

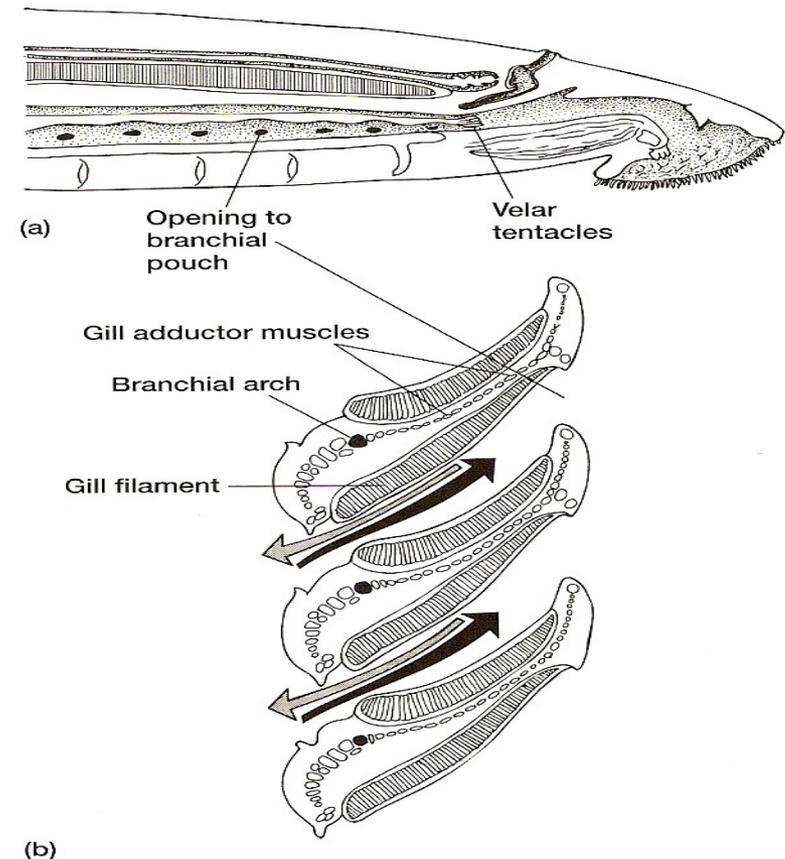


FIGURE 11.14 Ventilation in the adult lamprey. (a) Longitudinal section. Because the adult lamprey's mouth often is attached to prey, water must alternatively enter as well as exit via pharyngeal slits. Thus, unlike most fishes, gill ventilation in the lamprey is tidal. (b) Frontal section of three gill arches. Double arrows indicate tidal flow of water; black, inflow; and gray outflow. After Mallatt.

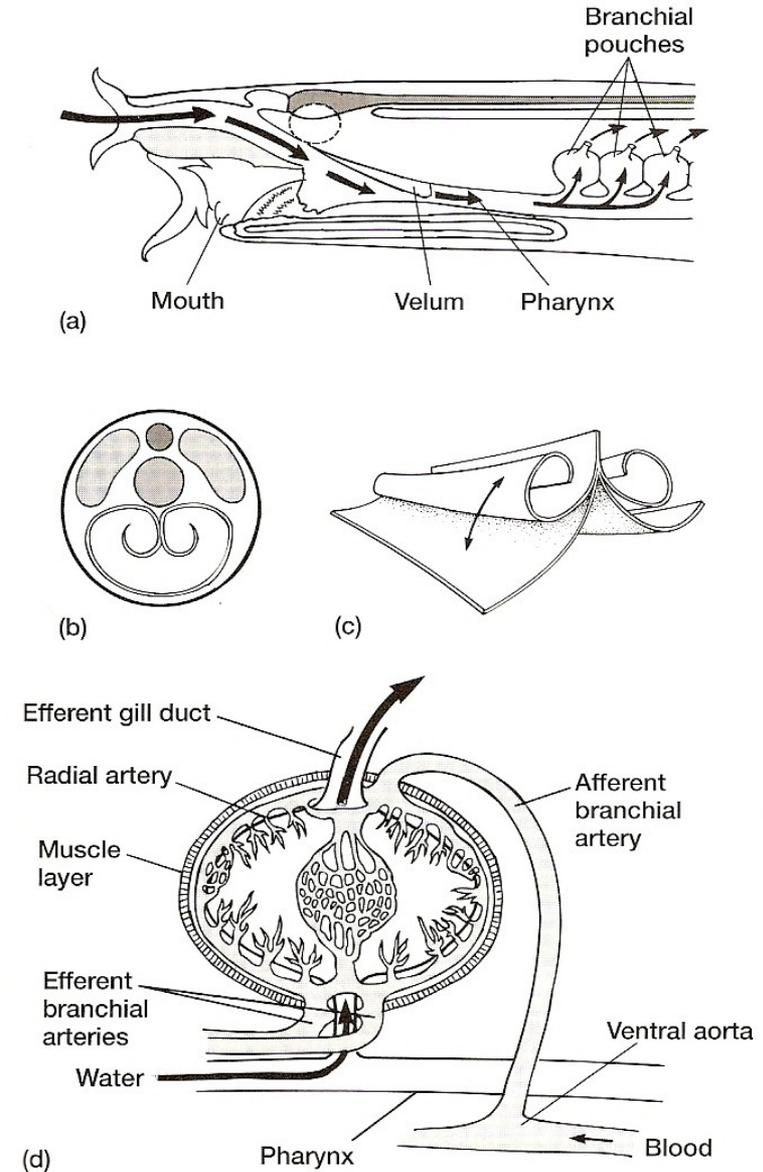
Órgãos Respiratórios - Brânquias

- O fluxo de água é **unidirecional** sobre as brânquias. As variações no ambiente, na estrutura do aparelho respiratório e na natureza da ventilação resultam em diferenças nas pressões parciais dos gases no sangue e nos tecidos de animais que respiram no ar e animais que respiram imersos na água.

Órgãos Respiratórios – Brânquias

Feiticeira – fluxo unidirecional

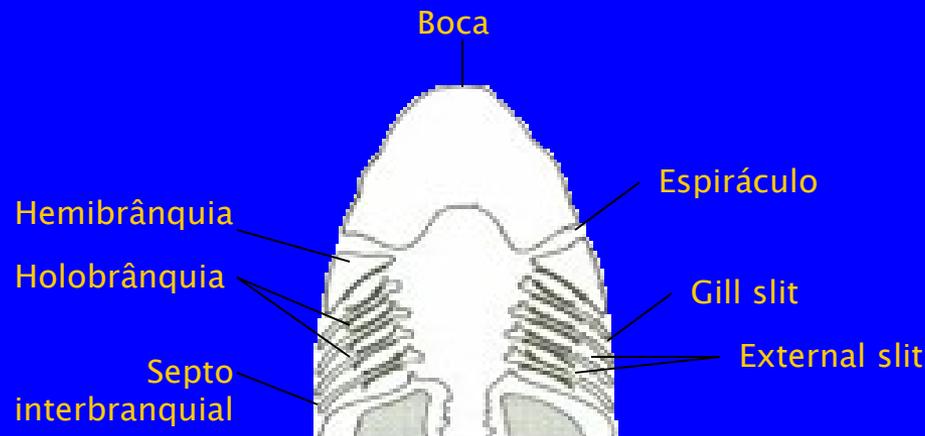
- a) A água entra pela abertura nasal
- b) O velame enrola-se para cima e para baixo conforme a contração das brânquias
- c) Estrutura das bolsas branquiais



Órgãos Respiratórios – Brânquias

- As brânquias septadas diferem das bolsas branquiais porque as câmaras branquiais tendem a ser maiores para se comunicarem mais amplamente com a faringe, internamente, e para se comunicarem com o meio externo através de fendas branquiais verticais no lugar de poros, como nos elasmobrânquios.

Brânquias septadas de um tubarão



Elasmobrânquios

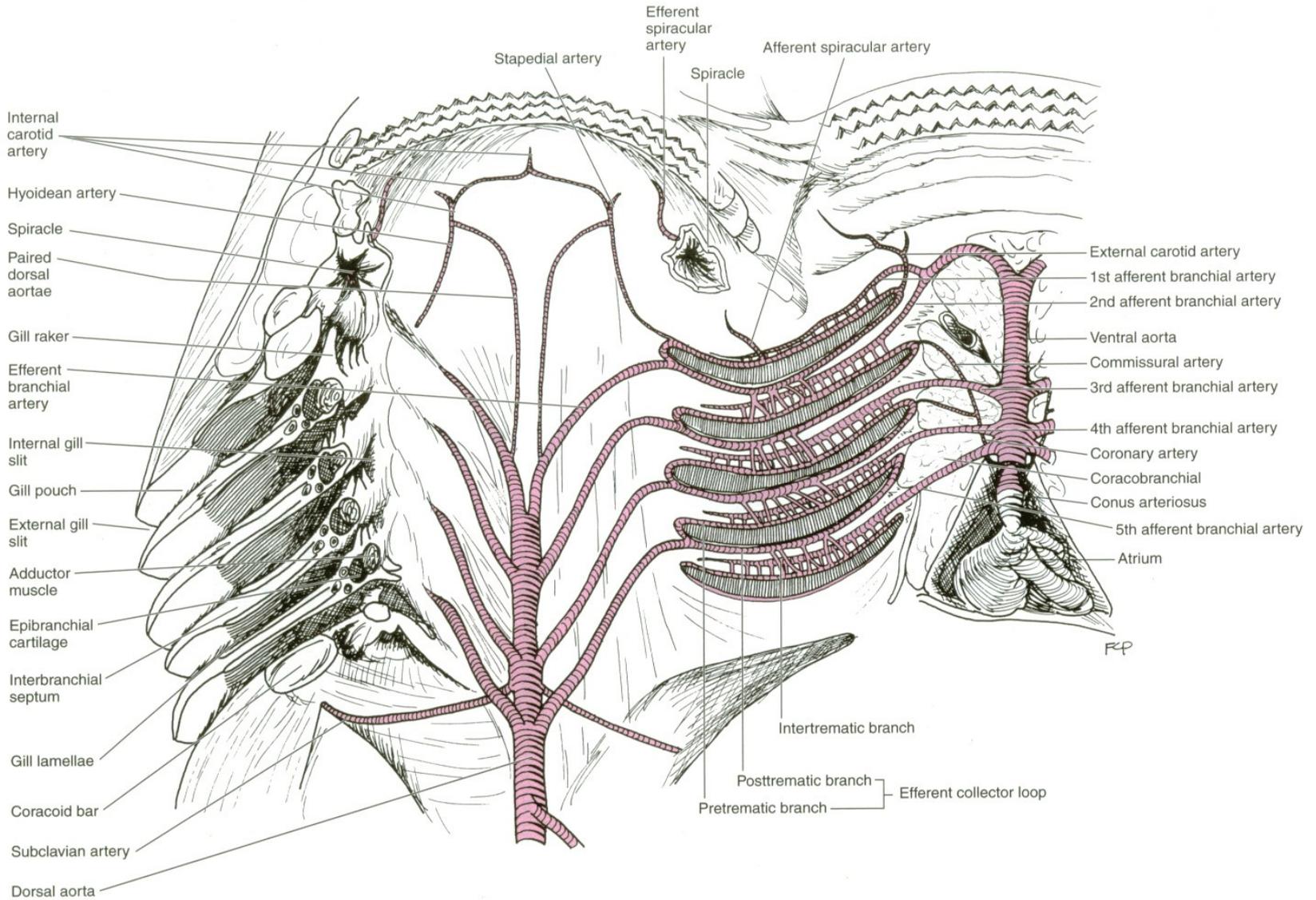
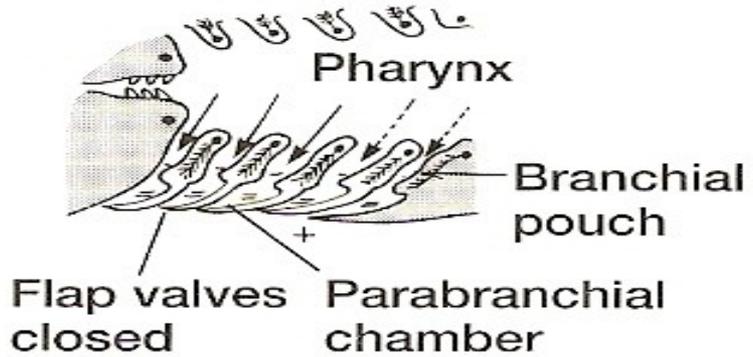
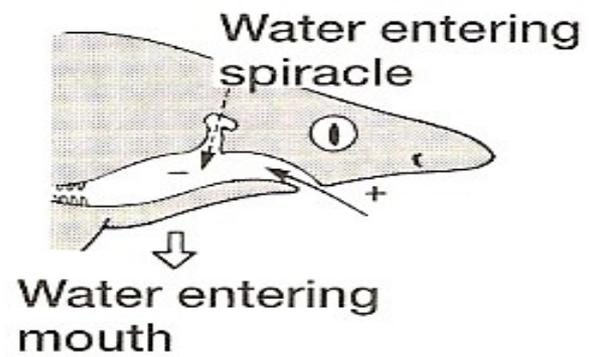


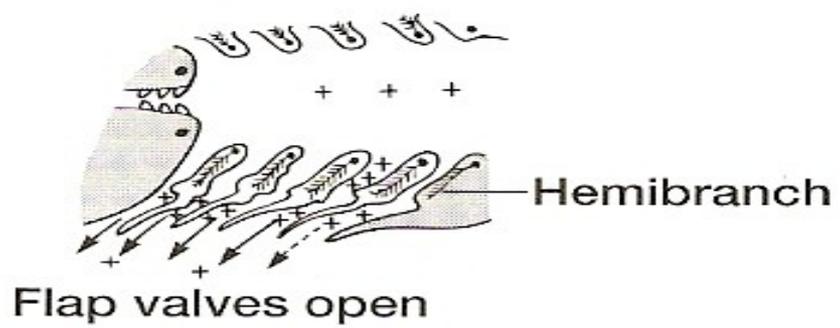
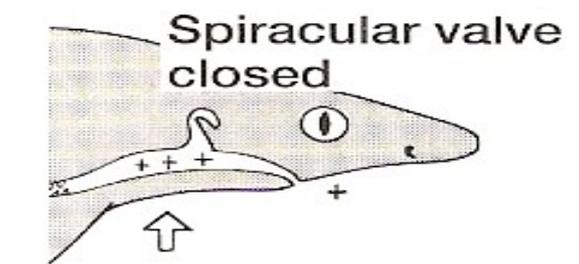
FIGURE 8.3 Ventral view of the branchial structure and vascular supply in a shark. The floor of the pharynx has been cut free caudal to the heart and along the right pharyngeal side.

Elasmobrânquios

Inhalation



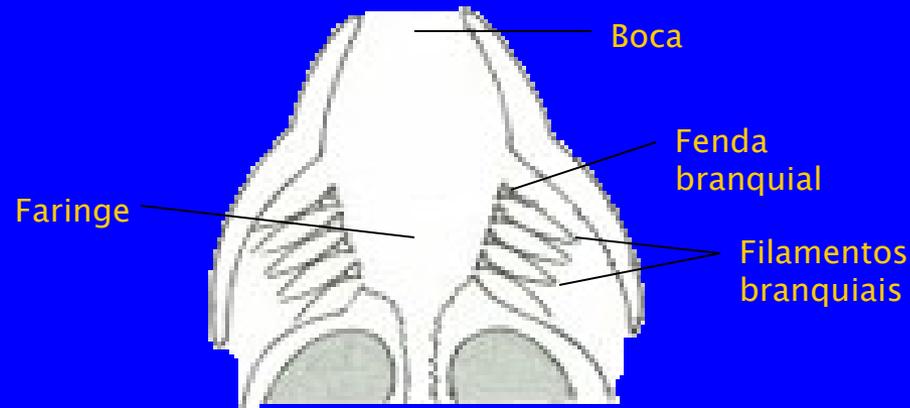
Exhalation



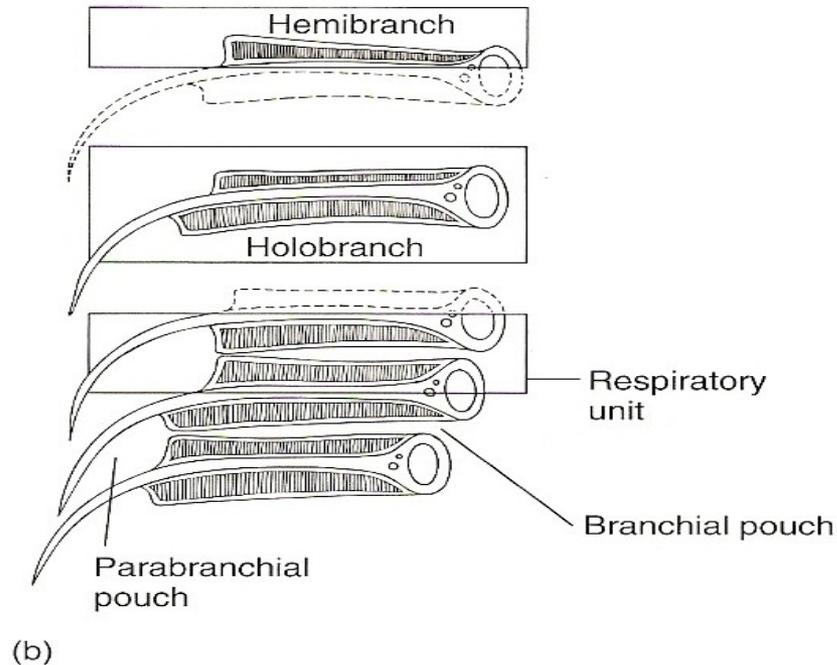
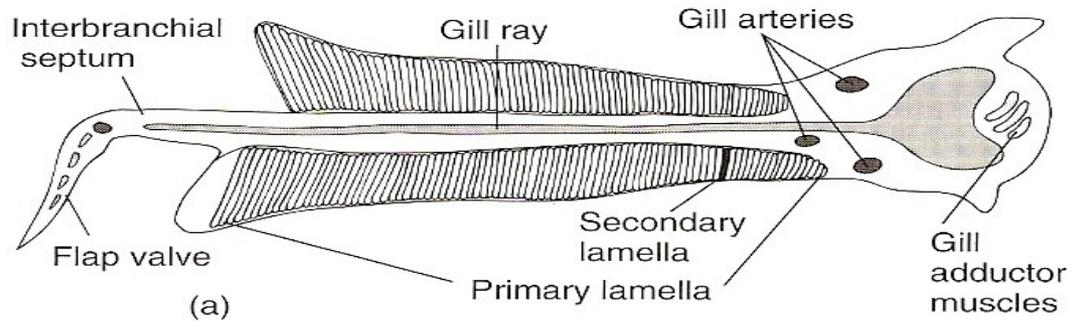
Órgãos Respiratórios – Brânquias

- As brânquias operculares são características dos peixes ósseos. Os septos são menores que os seus filamentos ou podem estar ausentes, de modo que, apenas a barra branquial permanece para sustentar os filamentos branquiais

Brânquias operculares de um teleósteo

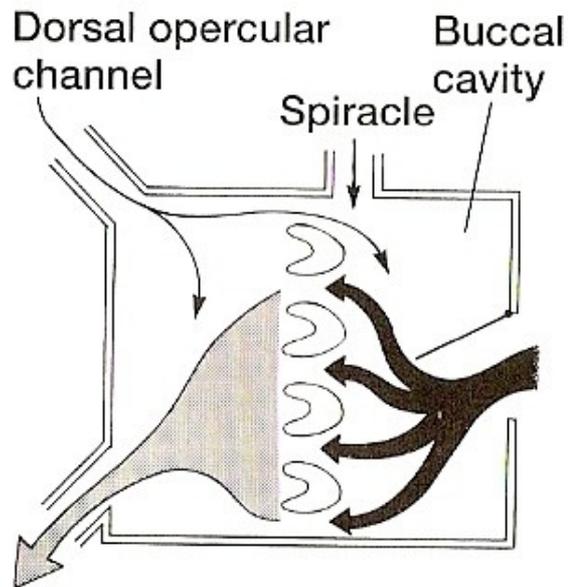
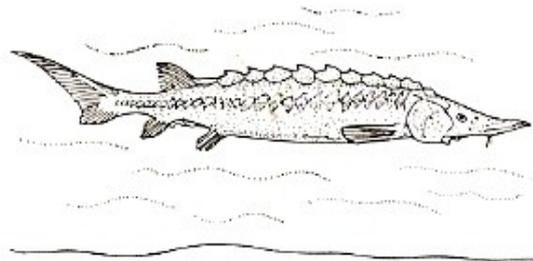


Estrutura das Brânquias

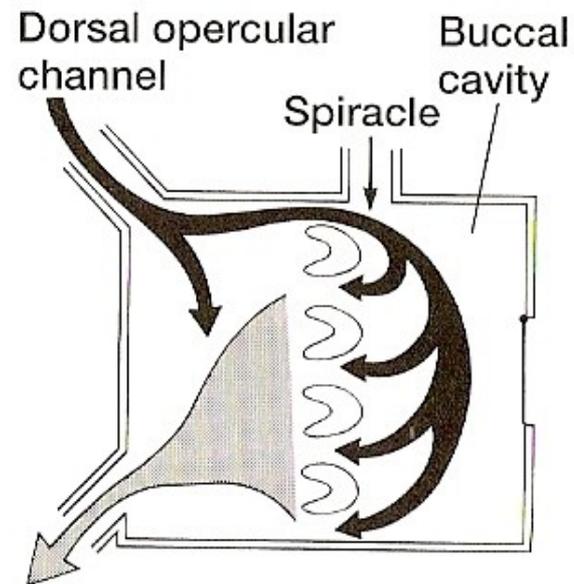
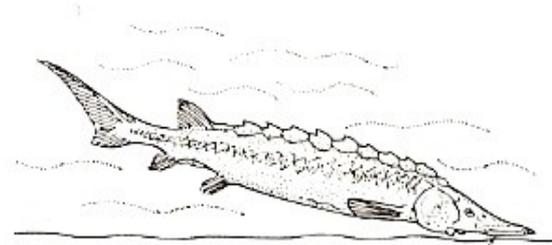


Estrutura das Brânquias

Mouth in the Sand

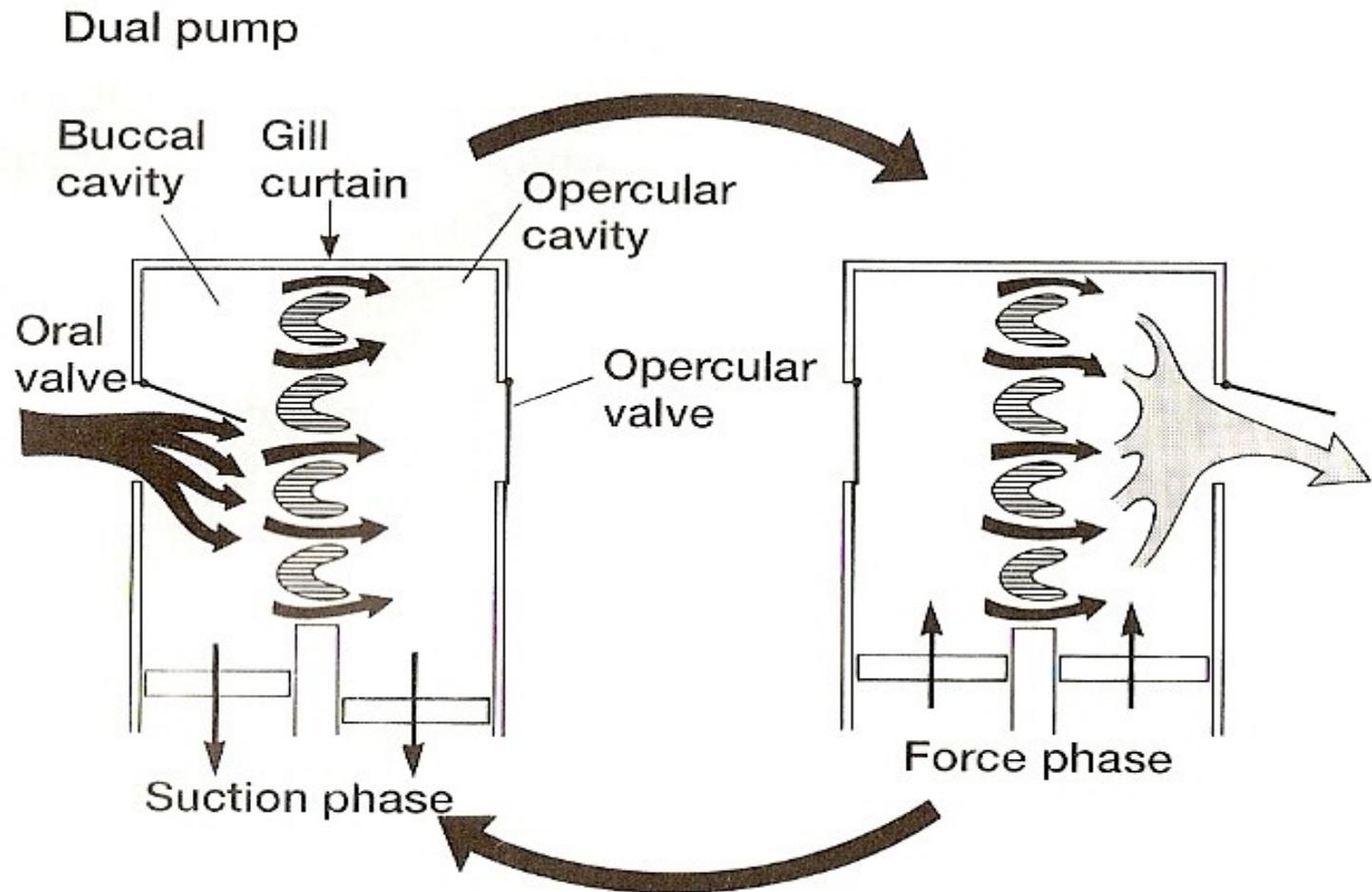


(a)



(b)

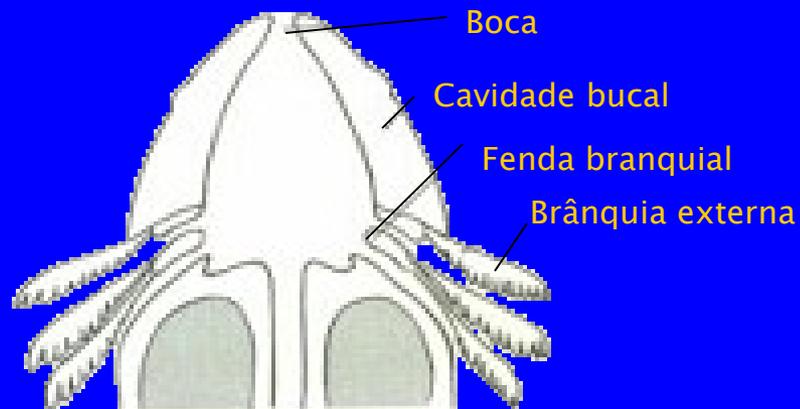
Sistema de bombeamento duplo dos teleósteos



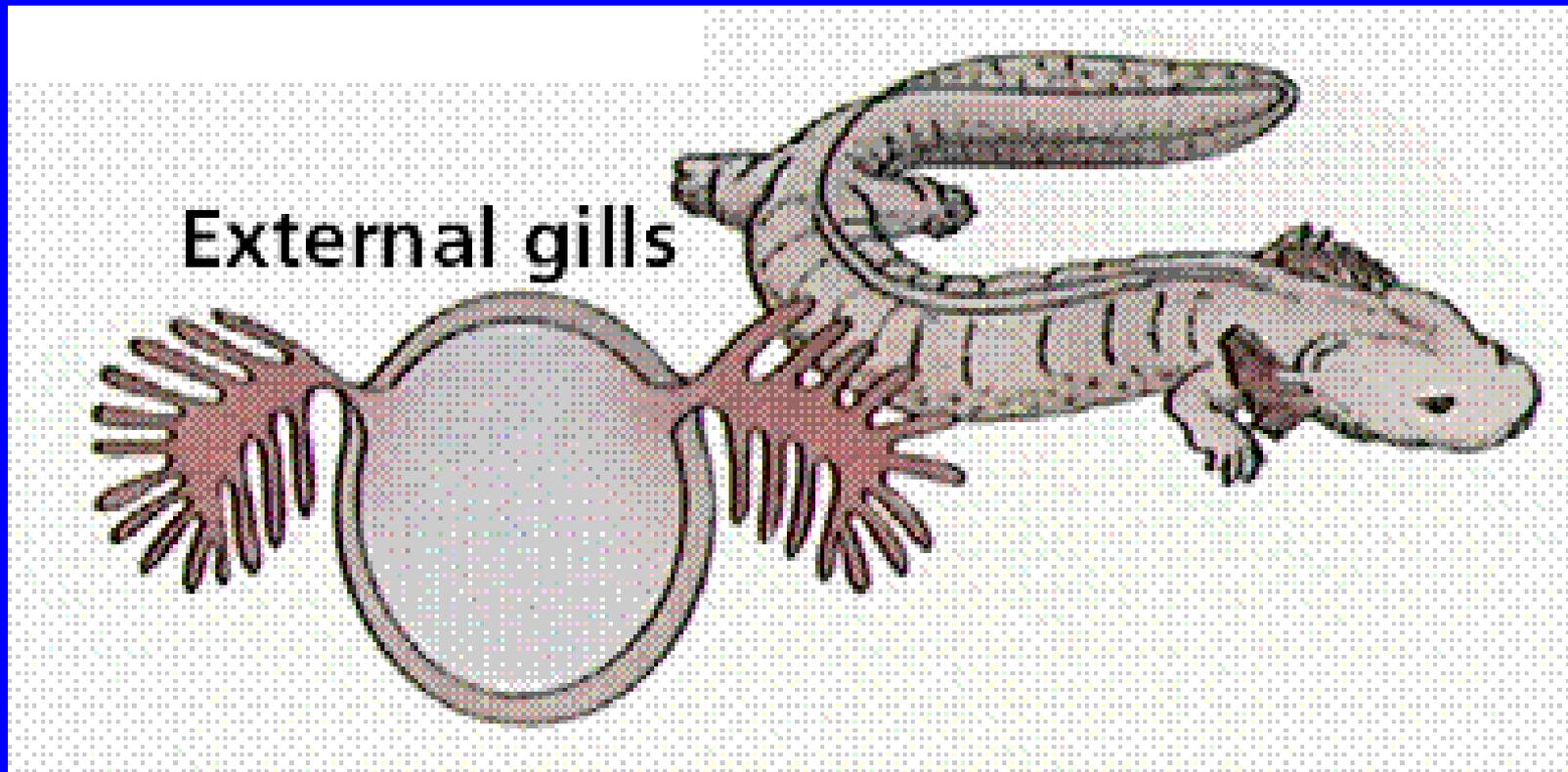
Órgãos Respiratórios – Brânquias

- As brânquias externas desenvolvem-se a partir do ectoderma da pele da área branquial, mas não diretamente relacionadas com o esqueleto visceral ou câmaras branquiais. São filamentosas ou em forma de pena e seu epitélio pode ser ciliado. Ocorrem em alguns peixes dipnóicos, teleósteos e anfíbios (larvas de Urodelos).

Brânquias externas de uma larva de salamandra



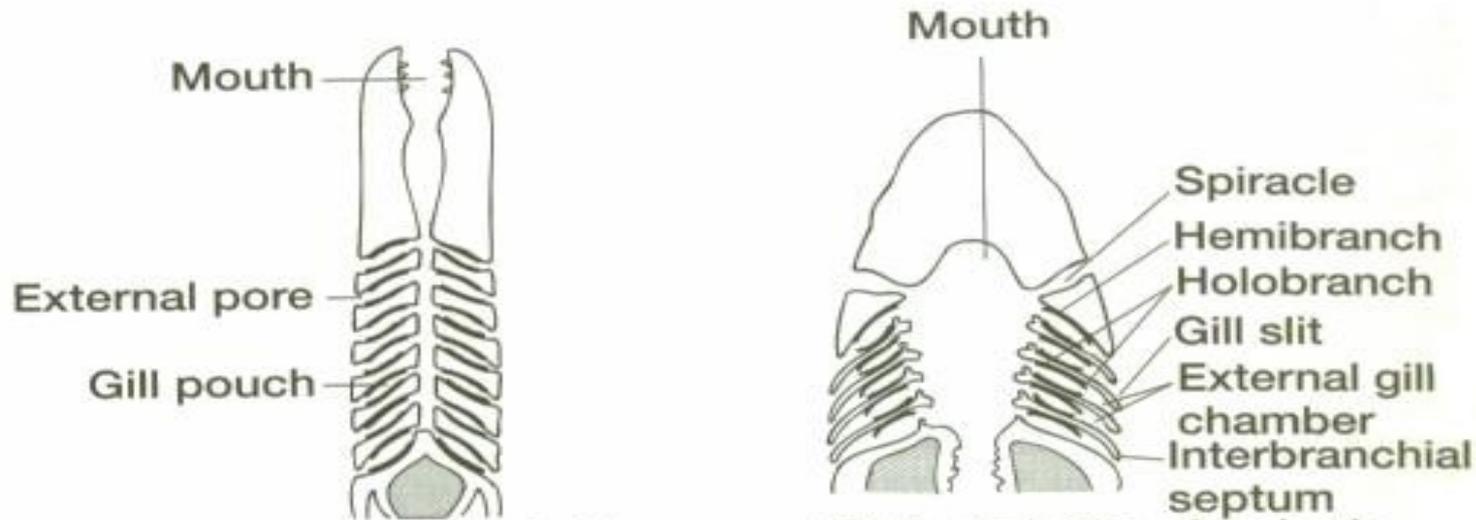
Brânquias externas



Órgãos Respiratórios – Brânquias

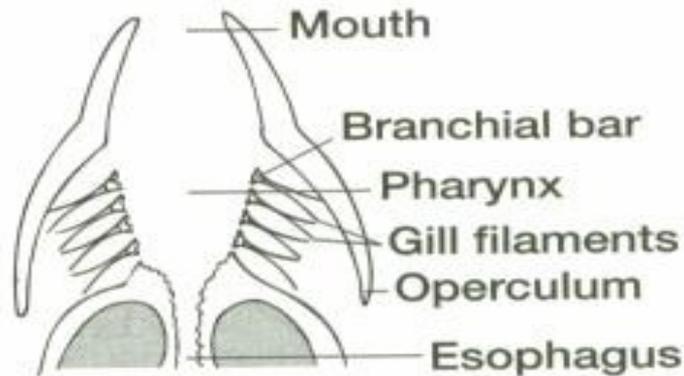
- Cada barra branquial consiste em: esqueleto visceral, vasos sangüíneos derivados do arco aórtico, nervo craniano, músculos branquiais e epitélio. A barra branquial é formada por 2 fileiras de filamentos branquiais.
- Os filamentos da superfície posterior do arco mandibular está modificado para funções não respiratórias – pseudobrânquias.
- Os filamentos branquiais apresentam em suas superfícies superior e inferior delicadas lamelas secundárias.

Órgãos Respiratórios – Brânquias

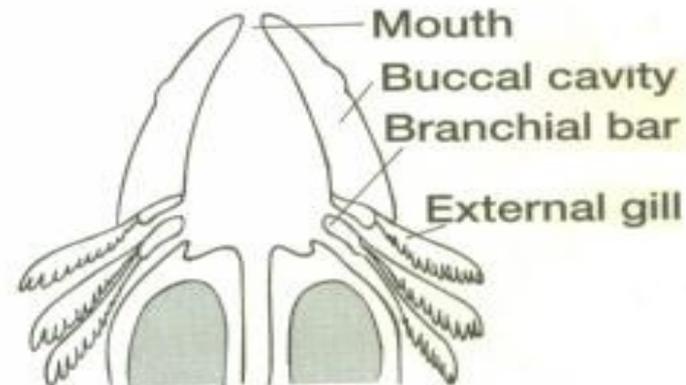


(a) Pouched gills of a lamprey

(b) Septal gills of a shark

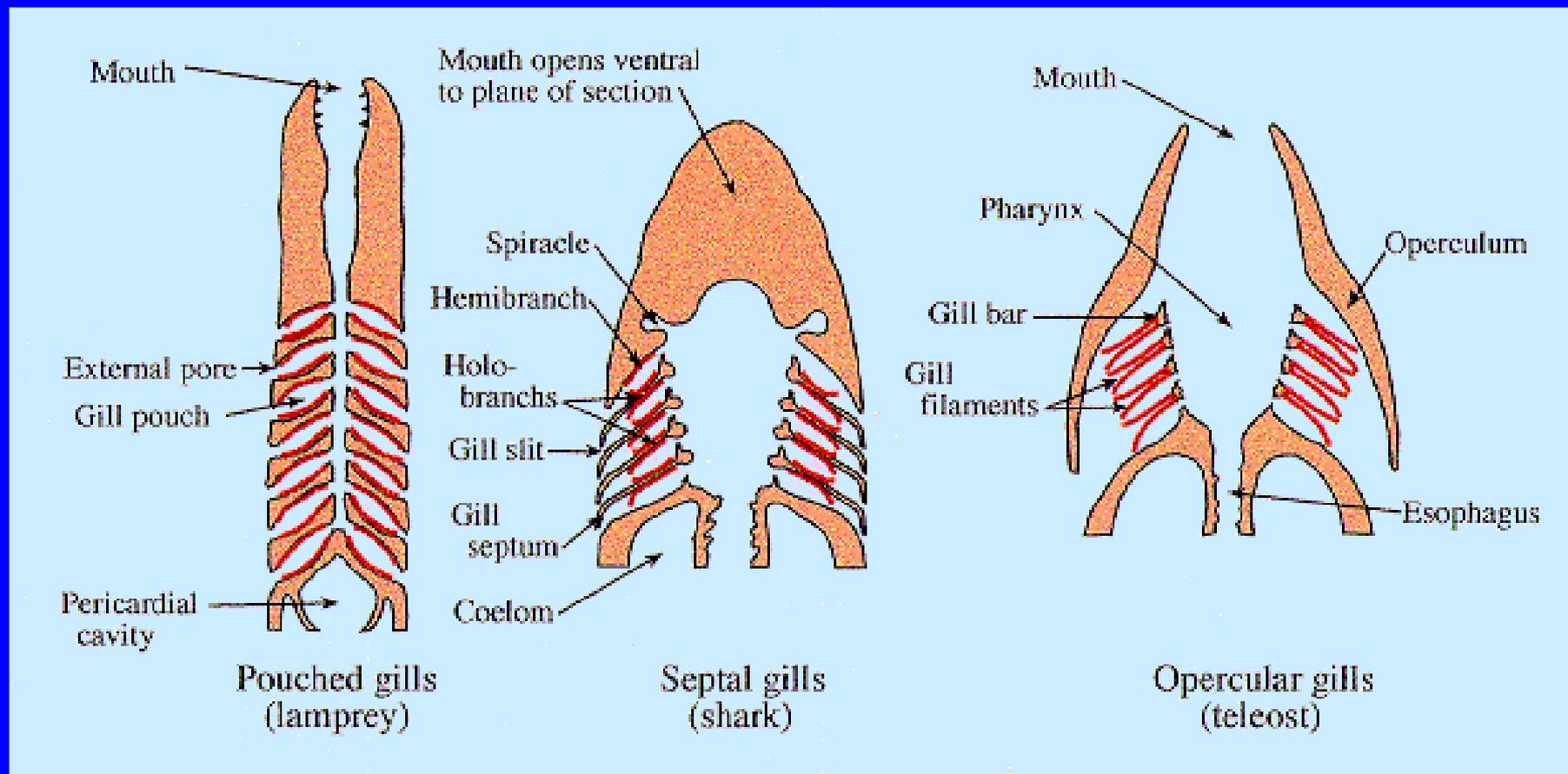


(c) Opercular gills of a teleost

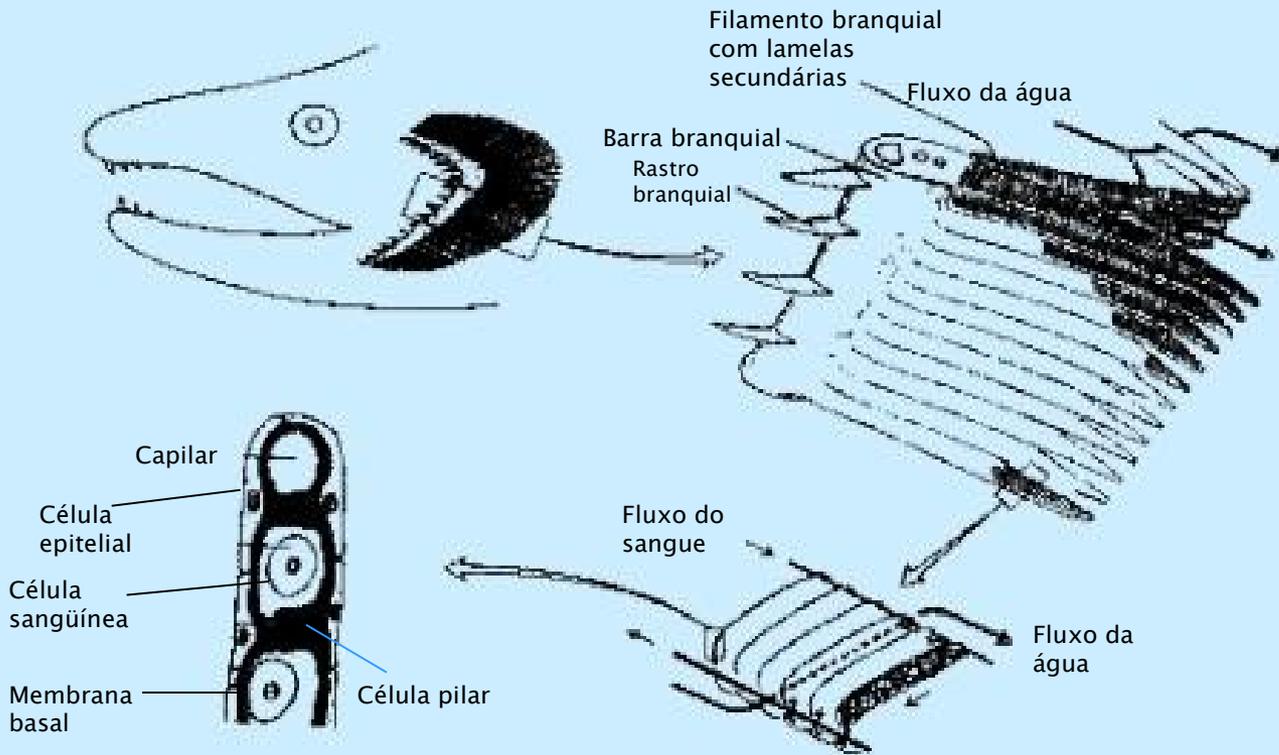


(d) External gills of a larval salamander

Órgãos Respiratórios – Brânquias



Órgãos Respiratórios – Brânquias



ESTRUTURA DE UMA BARRA, FILAMENTOS E LAMELAS BRANQUIAIS mostrando a estrutura básica da grande superfície de área, da troca de contracorrente e da fina barreira água-sangue

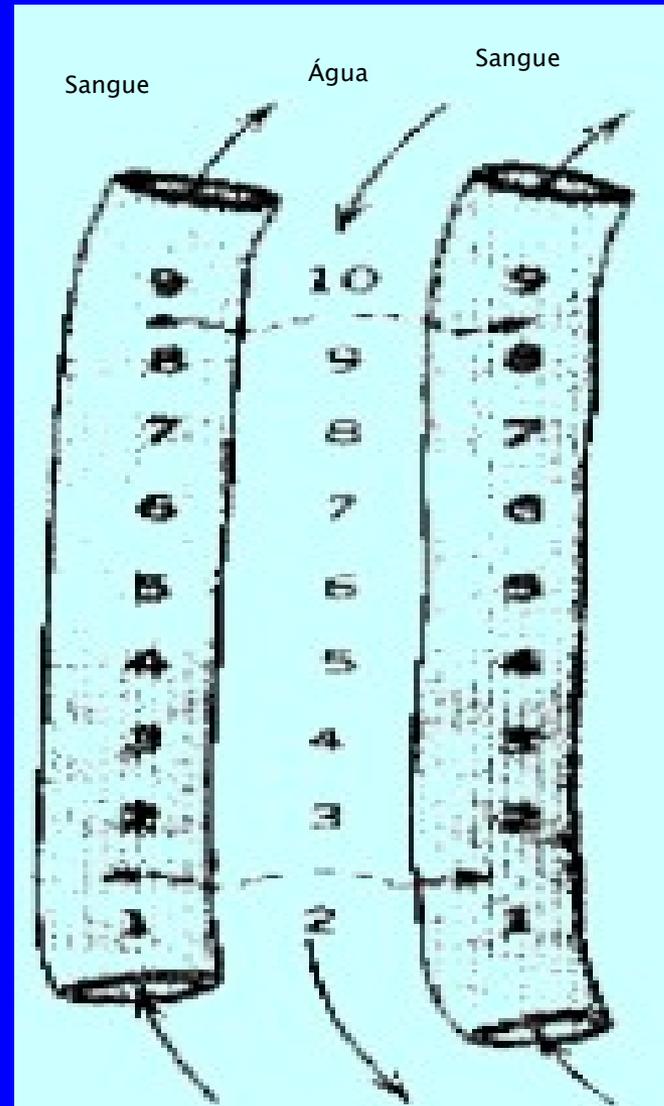
Órgãos Respiratórios - Brânquias

- A água é captada pela boca, passa sobre as brânquias e sai através das fendas operculares. Válvulas guardam a entrada da cavidade bucal e das fendas operculares, mantendo um fluxo unidirecional de água sobre as brânquias.

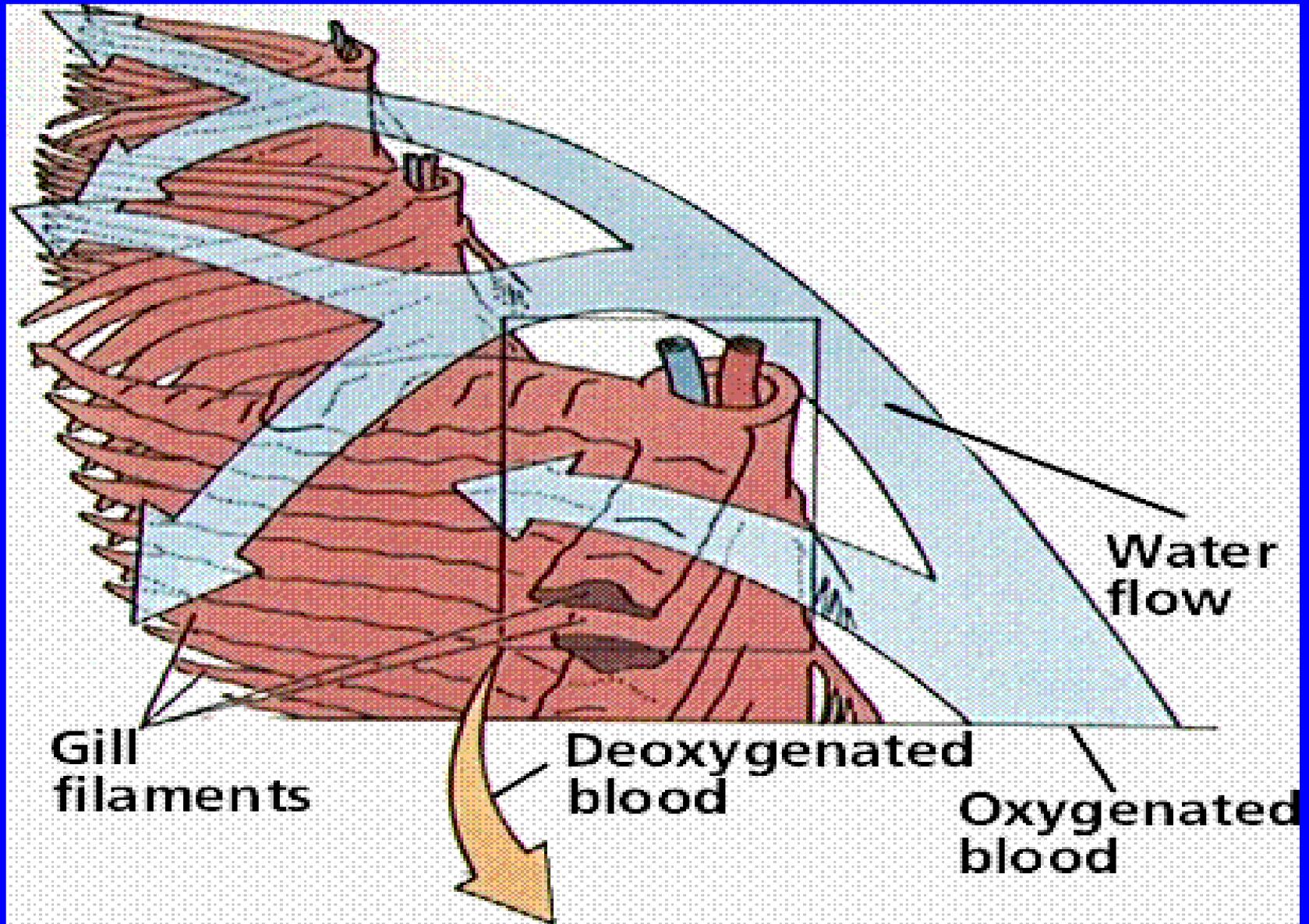
Sistema de contracorrente

- **TROCA POR CONTRACORRENTE**

entre os capilares de duas lamelas adjacentes e o fluxo de água entre elas. Por causa das direções opostas dos fluxos do sangue e da água é mantido um gradiente de difusão à medida que se processam as trocas.



Sistema de contracorrente

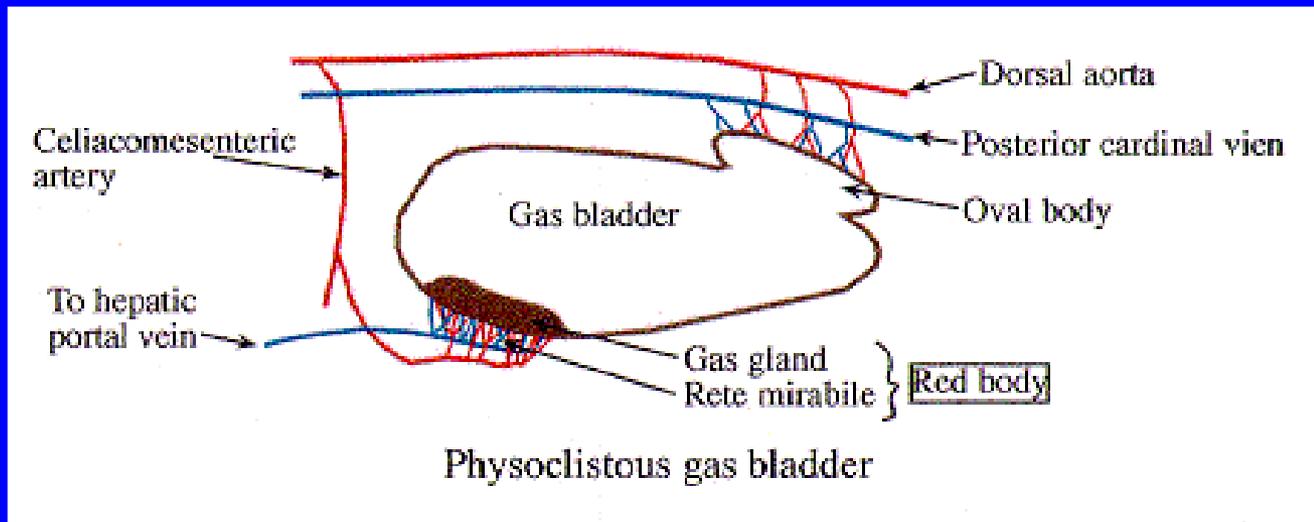


Bexiga natatória

- Muitos peixes têm órgãos respiratórios acessórios derivados do trato digestório. A estrutura mais comum e filogeneticamente mais antiga é a bexiga natatória.
- É um órgão hidrostático, usado para controlar a flutuabilidade. Alguns peixes utilizam a bexiga natatória como um órgão de respiração aérea acessória e na produção de sons, servindo como ressonador dos sons produzidos pelo ranger dos dentes faríngeos ou atritando certos ossos.
- Outra função é a recepção dos sons e de pressão.

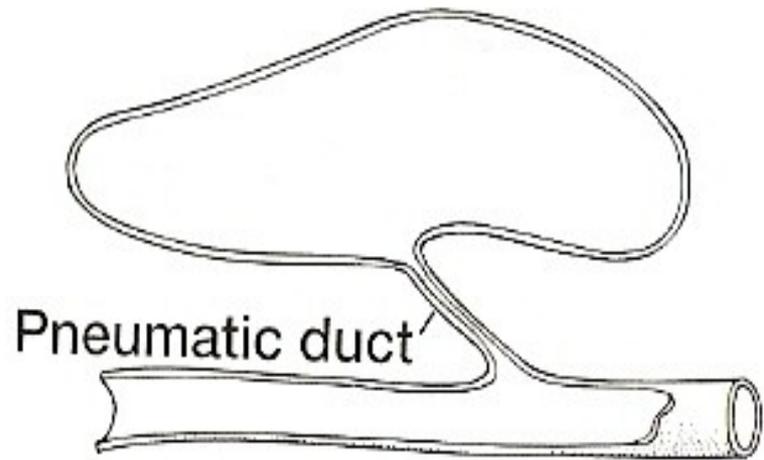
Bexiga natatória

- Pode ou não estar ligado ao esôfago por meio de uma conexão dorsal - ducto pneumático.
 - 1) fisóstomos (physa = vesícula, stomo = boca) - peixes com o ducto pneumático (pirarucus, sardinhas, carpas).
 - 2) Fisóclistos (clyst = fechado) - peixes que não apresentam o ducto pneumático.

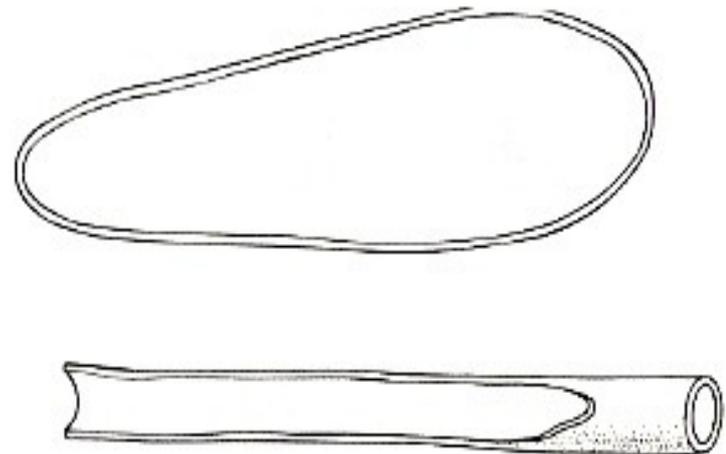


Bexiga natatória

- 1) fisóstomos (physa = vesícula, stomo = boca) - peixes com o ducto pneumático (pirarucus, sardinhas, carpas).
- 2) Fisóclistos (clyst = fechado) - peixes que não apresentam o ducto pneumático.

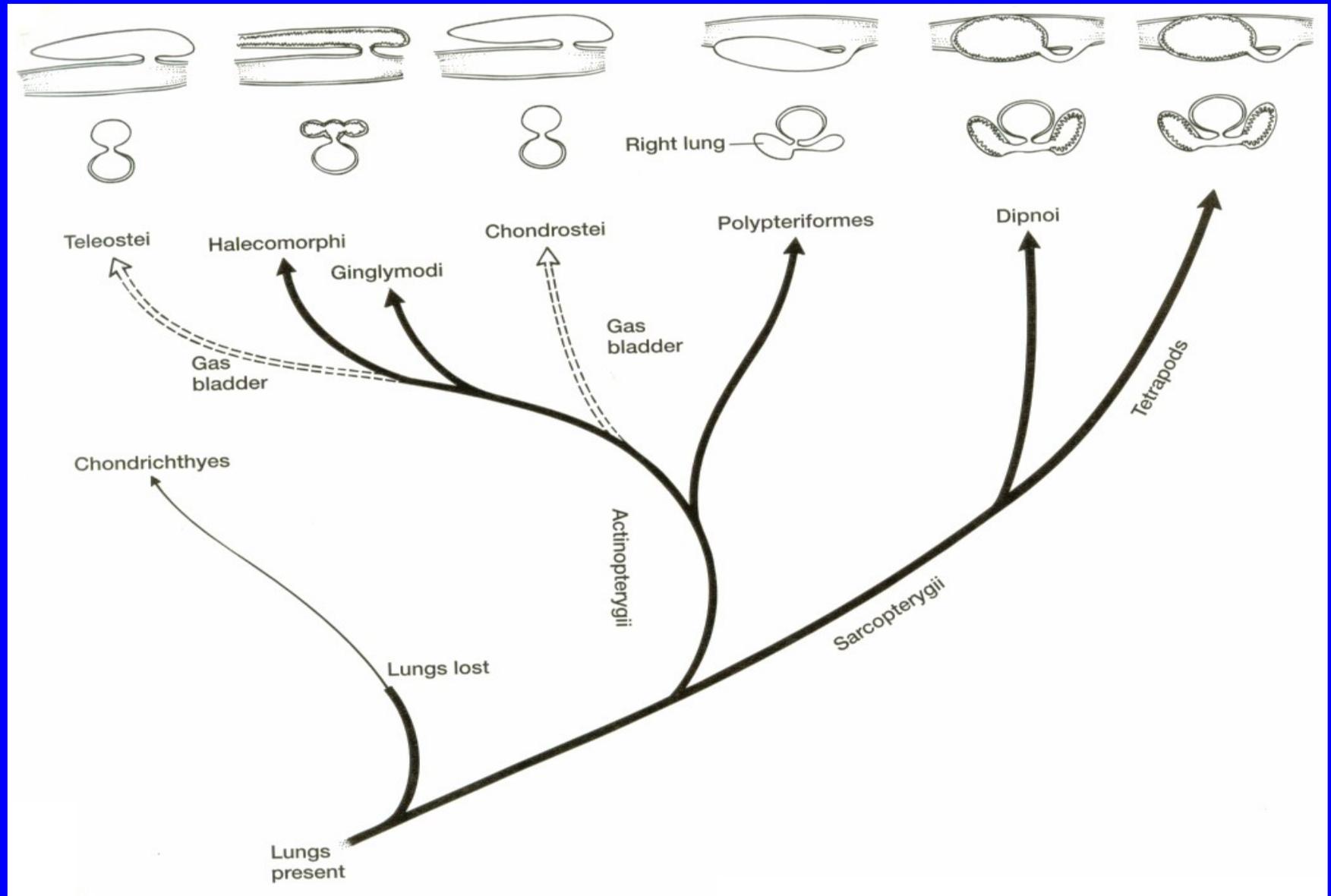


(a) Physostomous



(b) Physocleistic

Bexiga natatória



Pulmões

- A respiração no ar atmosférico: movimentos **recíprocos** de ar para dentro e fora do pulmão;
- São os órgãos designados para **respiração aérea**. O pulmão dos vertebrados desenvolve-se a partir de um divertículo da parte superior do aparelho digestivo e consiste de uma rede intrincada de tubos e sacos, e a estrutura definitiva varia entre as espécies.

Peixes que respiram ar

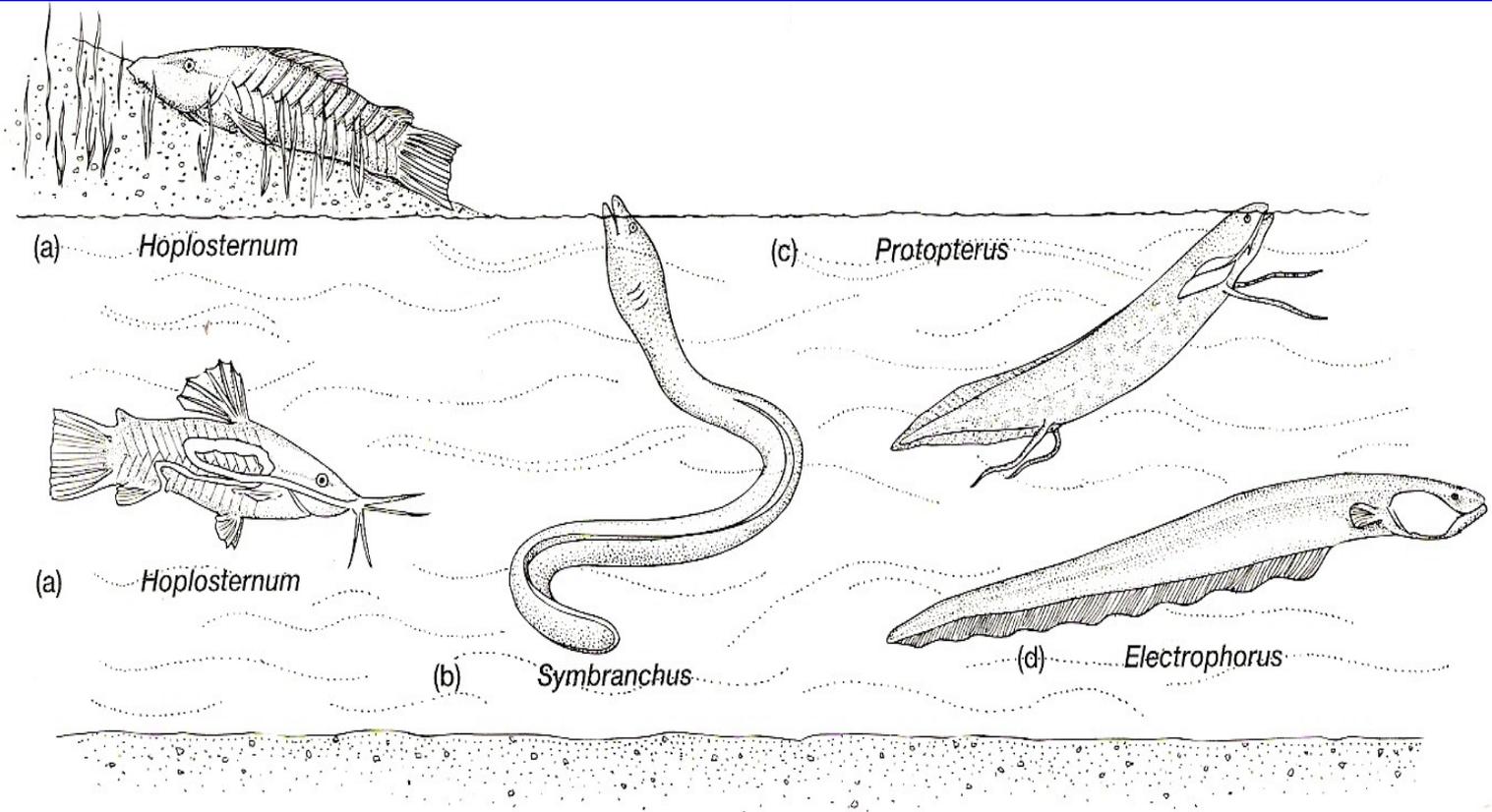
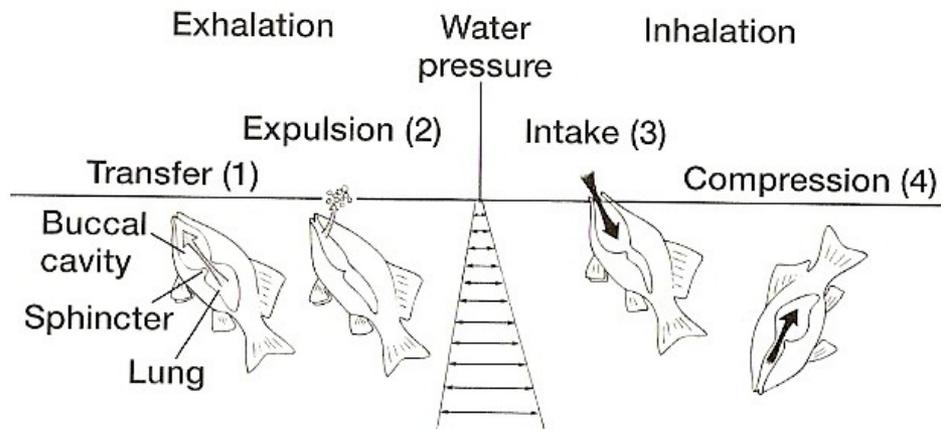


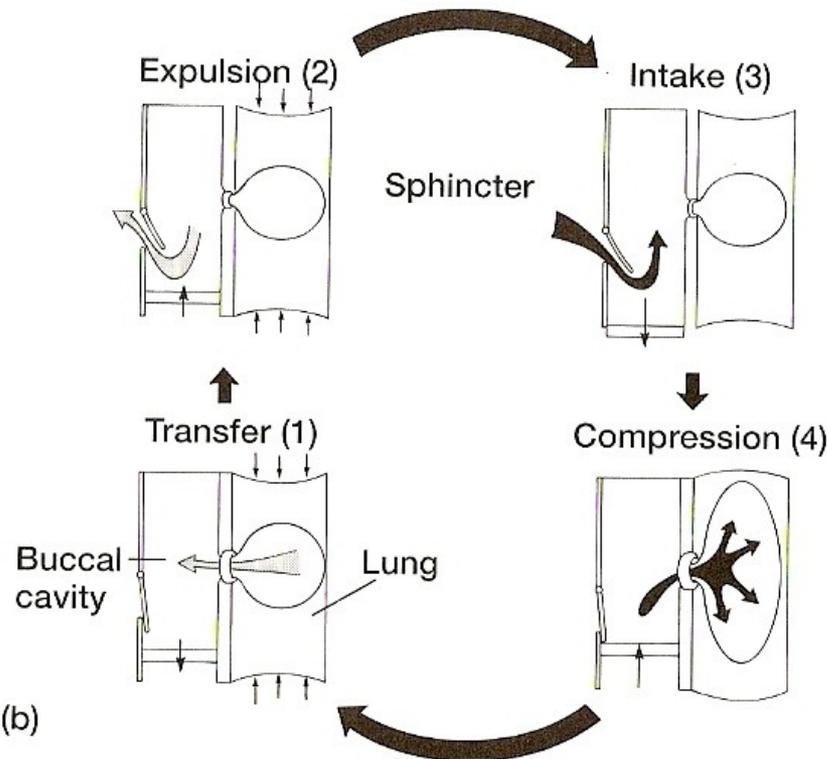
FIGURE 11.8 Air-breathing fishes. Fishes that temporarily breathe air usually live in waters where oxygen depletion occurs seasonally or frequently. Gulping air supplements depressed oxygen uptake through gills and helps a fish through short periods of hypoxia. (a) *Hoplosternum*, a carplike fish, swallows air into its intestine where extra capillary beds take up this supplemental oxygen. (b) *Symbranchus* holds a gulped air bubble against its reinforced gills to take up extra oxygen. (c) *Protopterus*, a lungfish, has well-developed lungs for breathing air. (d) *Electrophorus*, an electric eel, gulps air into its mouth and takes up oxygen through the wall of its mouth.

After Johansen.

Peixes que respiram ar



(a)



(b)

Pulmões

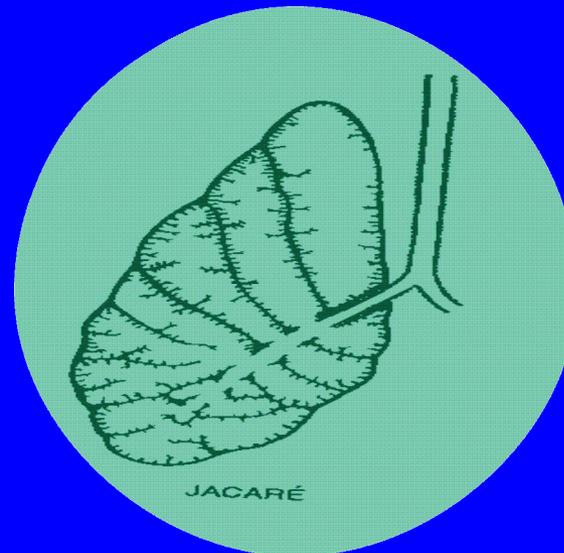
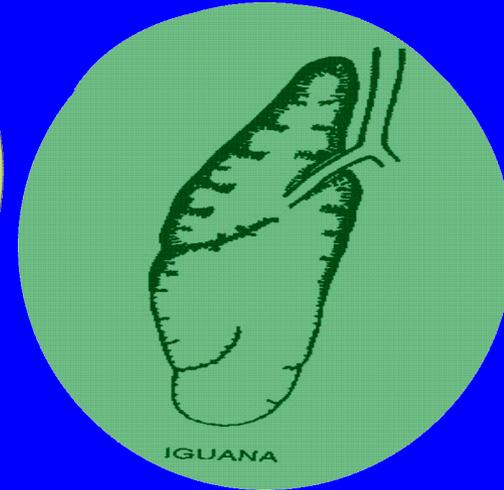
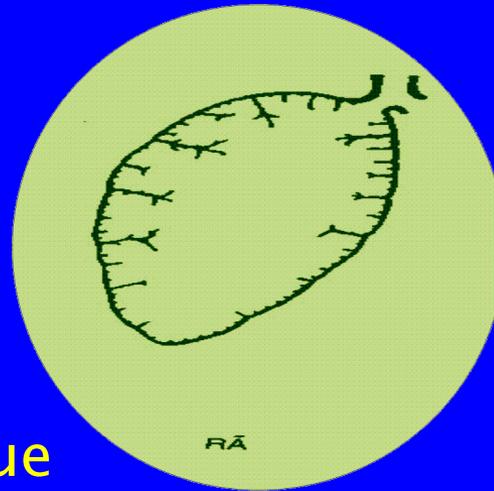
- Os pulmões dos tetrápodos diferem dos peixes por:
 - serem pares
 - terem a razão superfície x volume maior
 - comunicarem-se com a região ventral do aparelho digestivo por meio de um ducto denominado traquéia
 - recebem sangue com baixo teor de oxigênio;
 - seus vasos estarem relacionados com o desenvolvimento do sexto arco aórtico
 - sangue oxigenado retornar diretamente para o coração sem mistura prévia com o sangue dos outros órgãos.

Pulmões

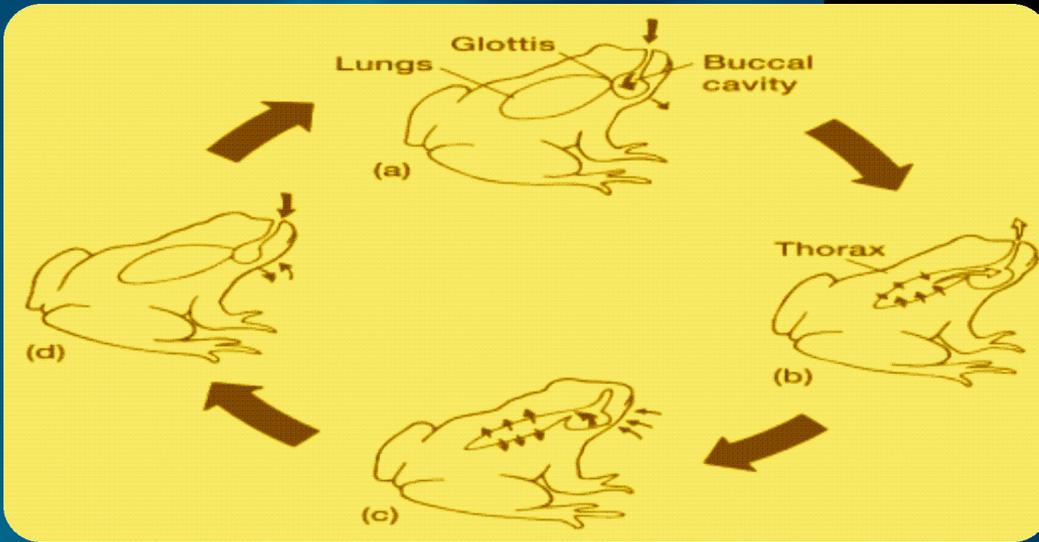
- Se compararmos os pulmões de anfíbios, répteis e mamíferos, nessa ordem, o tamanho dos espaços aéreos terminais torna-se cada vez menor, mas o número total por unidade de volume de pulmão é maior. As subdivisões dos pulmões de anfíbios e répteis são denominadas **favéolos**, de aves **parabrônquios** e de mamíferos **alvéolos**.
- A **respiração cutânea** pode complementar a **respiração pulmonar** e **branquial** em vários grupos taxonômicos, incluindo humanos.

Pulmões

- Os Amphibia apresentam um pulmão simples e saculiforme, com paredes lisas ou com dobras.
- Os caudatos possuem traquéia curta, sustentada por cartilagem, que se bifurca em 2 brônquios, que se abrem nos pulmões.
- A extremidade superior da traquéia é alargada, especialmente em sapos, para formar a laringe, onde se localizam as cordas vocais.
- O limite entre a faringe e a laringe é chamado de glote.

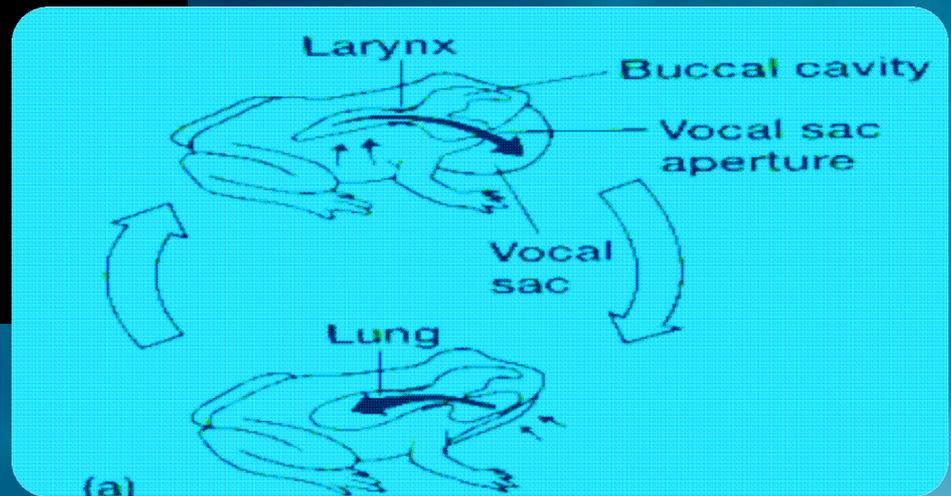


Respiração e vocalização em anuros

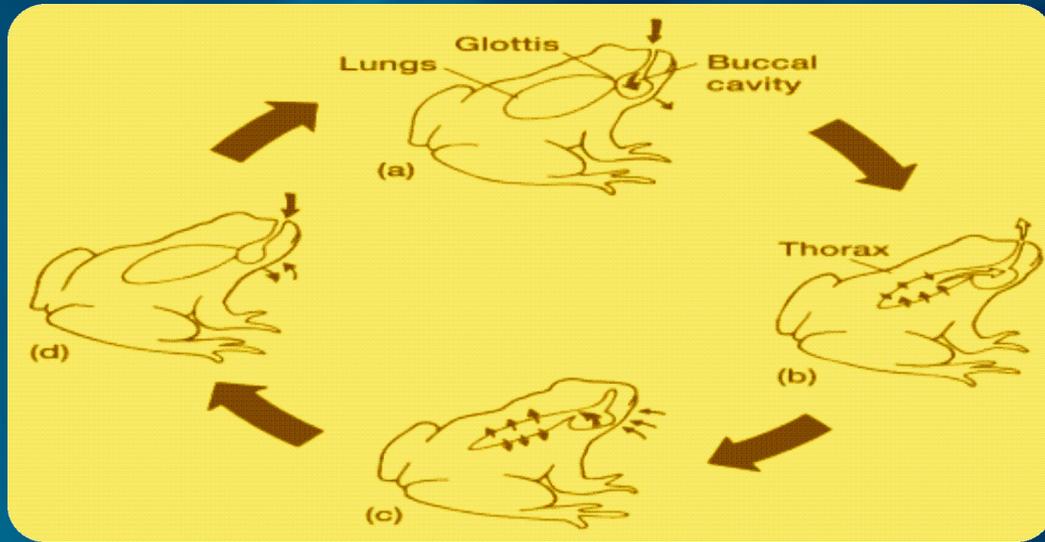


A estrutura do pulmão de anfíbios é variável, desde uma bolsa de paredes lisas em alguns Urodelos até um pulmão subdividido por septos e dobras em numerosos sacos aéreos que se intercomunicam.

A bomba pulsante da cavidade bucal é também utilizada para produção de sons e desempenha um importante papel na organização social e no sucesso reprodutivo



Respiração e vocalização em anuros

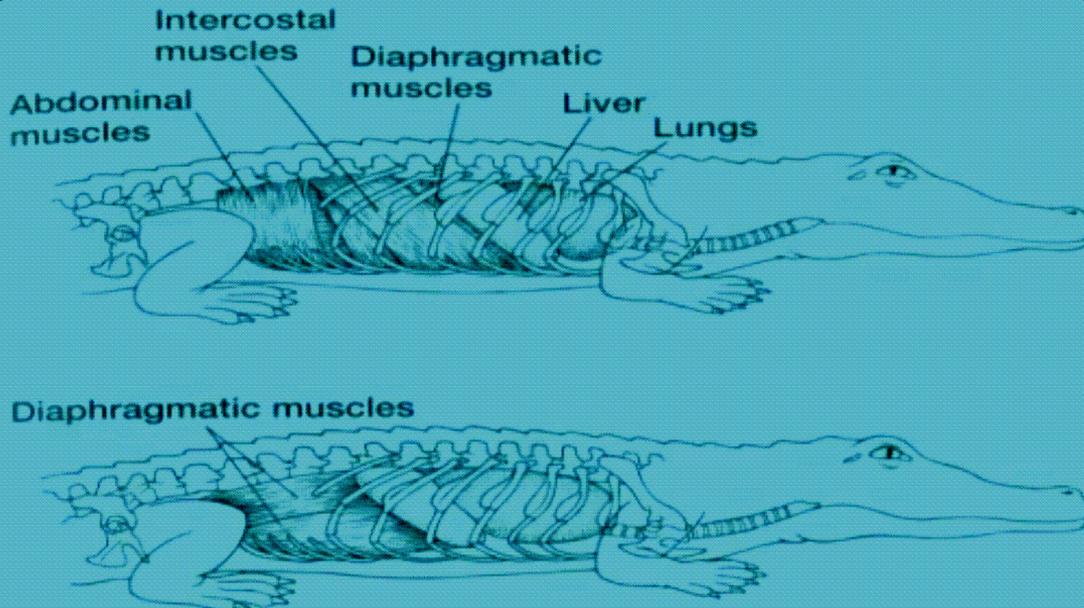
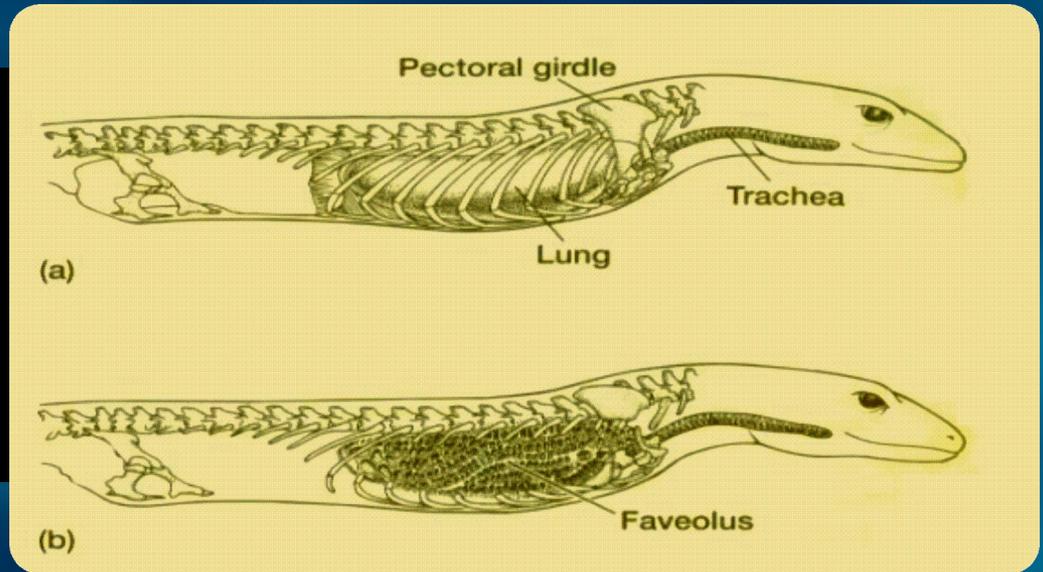


Pulmões

- Os pulmões dos Reptilia são grande e variáveis. Um deles pode estar reduzido ou ausente.
- Podem apresentar apenas uma câmara em cada pulmão, com muitos compartimentos e repartições ao longo de suas paredes.
- A traquéia e os brônquios são mais longos que nos anfíbios e são sustentados por anéis cartilagosos.
- As cordas vocais estão presentes em alguns lagartos.

Respiração em répteis

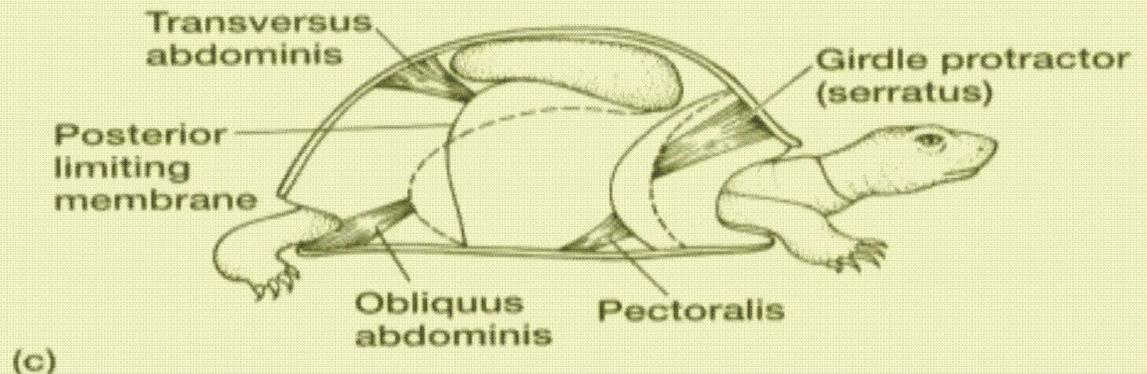
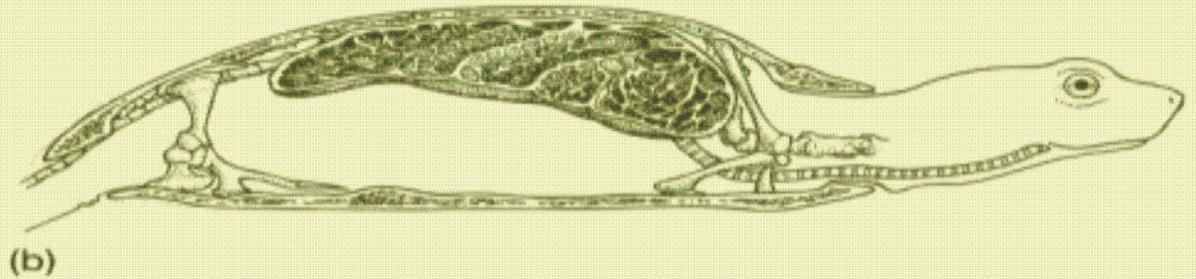
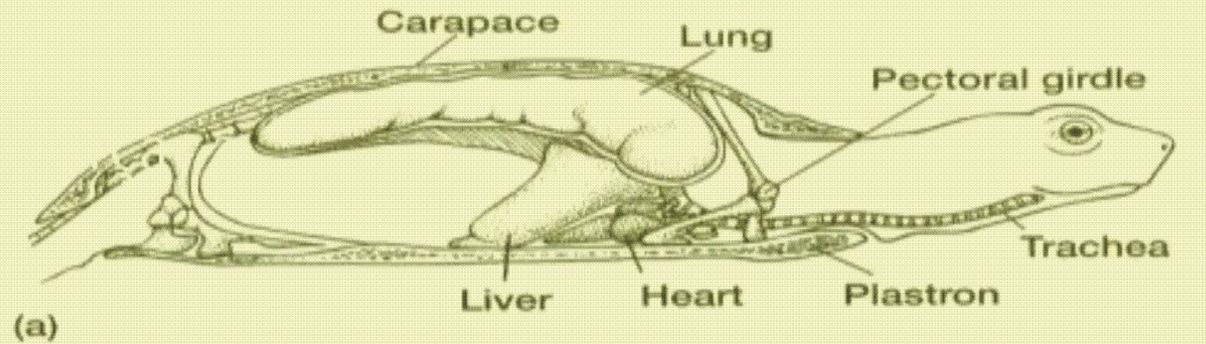
A ventilação pulmonar nos lagartos ocorre com a compressão e expansão da caixa torácica através do fluxo de ar dos pulmões



Nos crocodilos, tem o complemento do movimento para trás e para frente do fígado que age sobre os pulmões

Respiração em répteis

Com uma caixa torácica rígida, a tartaruga resolve seu problema com músculos ao redor da carapaça que contraem e relaxam para forçar a saída de ar dos pulmões



Pulmões

- Os pulmões das **Aves** são pequenos e compactos, fixos a parede dorsal do corpo.
- Os grande **sacos aéreos** unem-se aos pulmões e servem para ventilá-los. O maior volume de ar nos pulmões não é inalado e exalado ciclicamente, em vez disso movem-se numa só direção.
- Estão presentes os sacos aéreos torácicos anteriores e posteriores, cervicais e interclaviculares. Estão ausentes nas aves as corda vocais, os sons são produzidos por uma siringe localizada próxima à bifurcação da traquéia.

Pulmões

- A circulação do sangue e do ar é **corrente cruzada**. A traquéia é longa. Cada brônquio primário dá origem a 4 secundários ou ventrais. 7 a 10 brônquios dorsais unem-se ao brônquio primário. Os ventrais e dorsais são conectados por milhares de parabrônquios. Os primários terminam num grande par de sacos aéreos abdominais.

Pulmões das aves

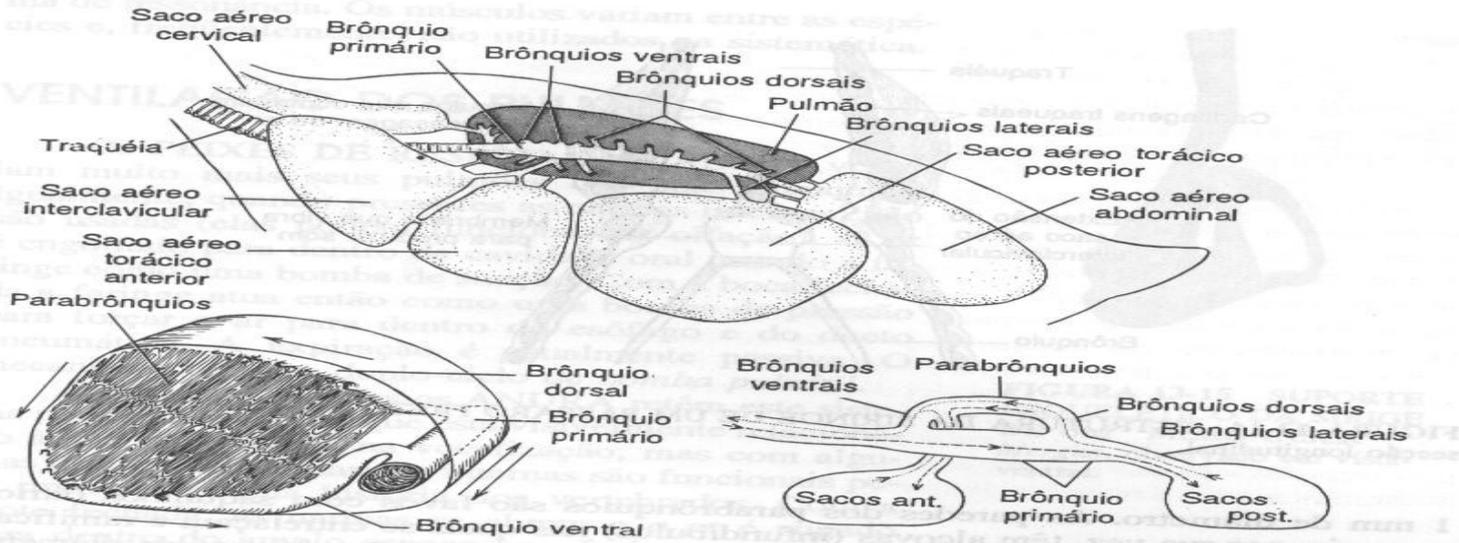


FIGURA 13-12 SISTEMA RESPIRATÓRIO DAS AVES. À esquerda esquema em vista lateral do sistema inteiro, vista do pulmão esquerdo em secção transversal e esquema do fluxo de ar. Os trajetos do ar do neopulmão não estão mostrados.

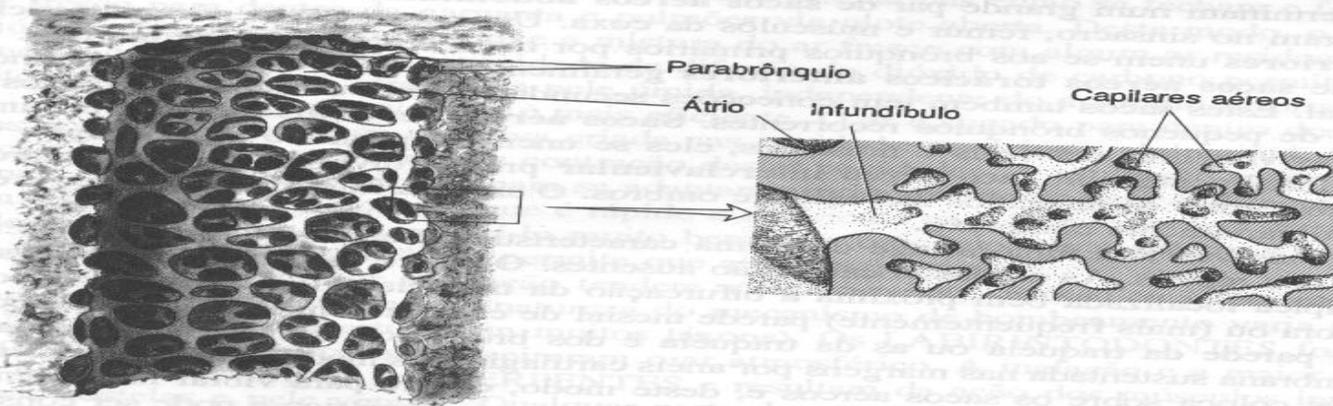
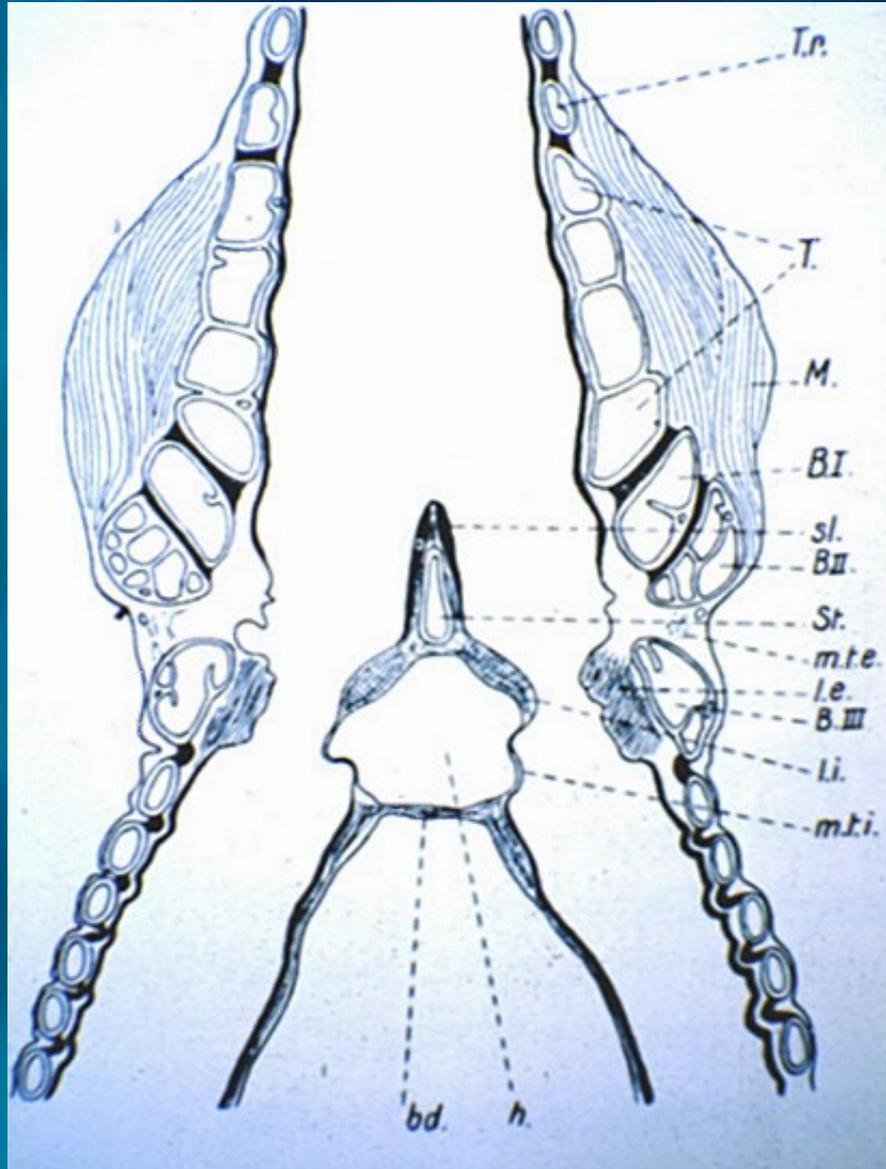
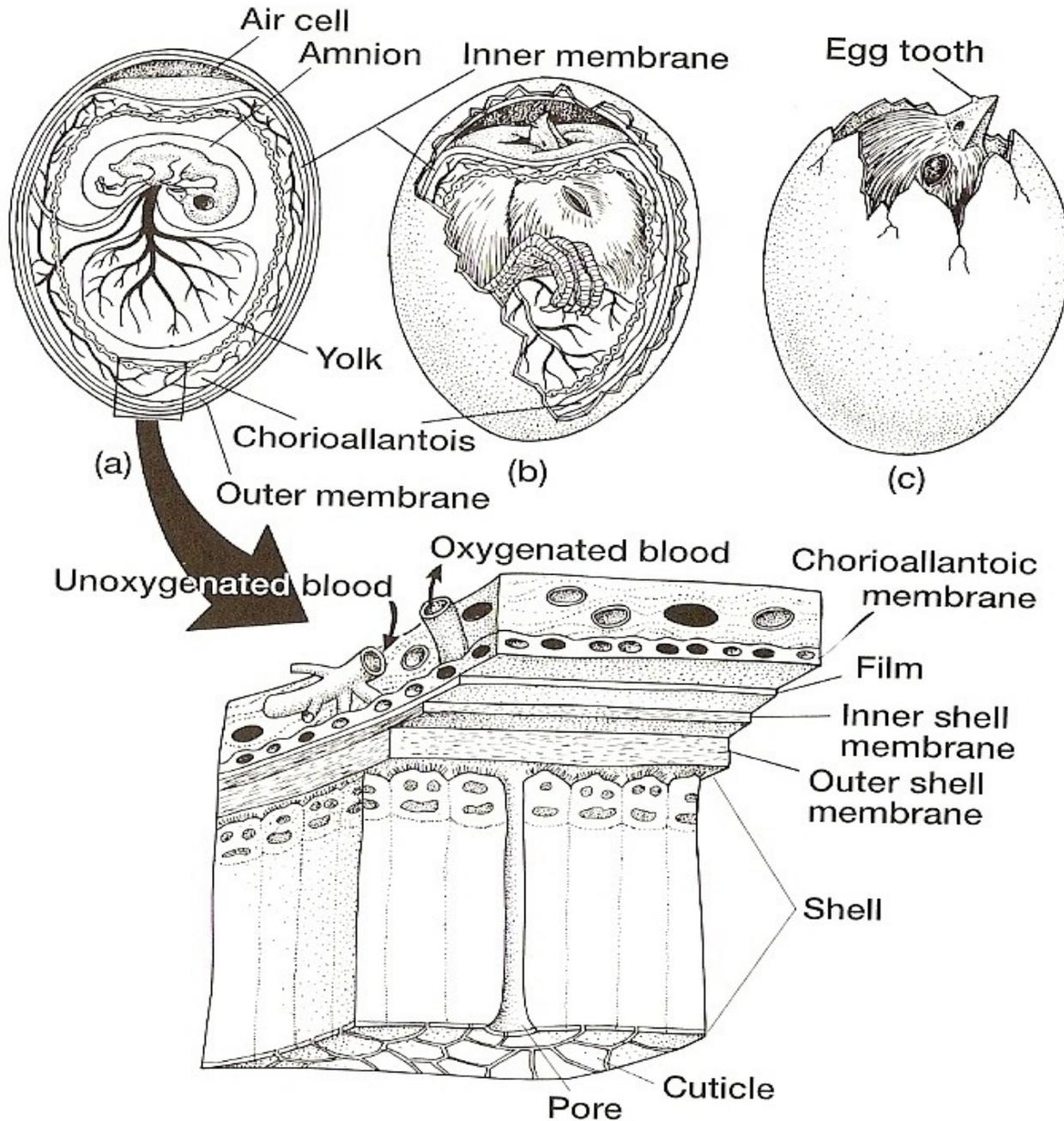


FIGURA 13-13 PARABRÔNQUIOS E CAPILARES AÉREOS SECCIONADOS.

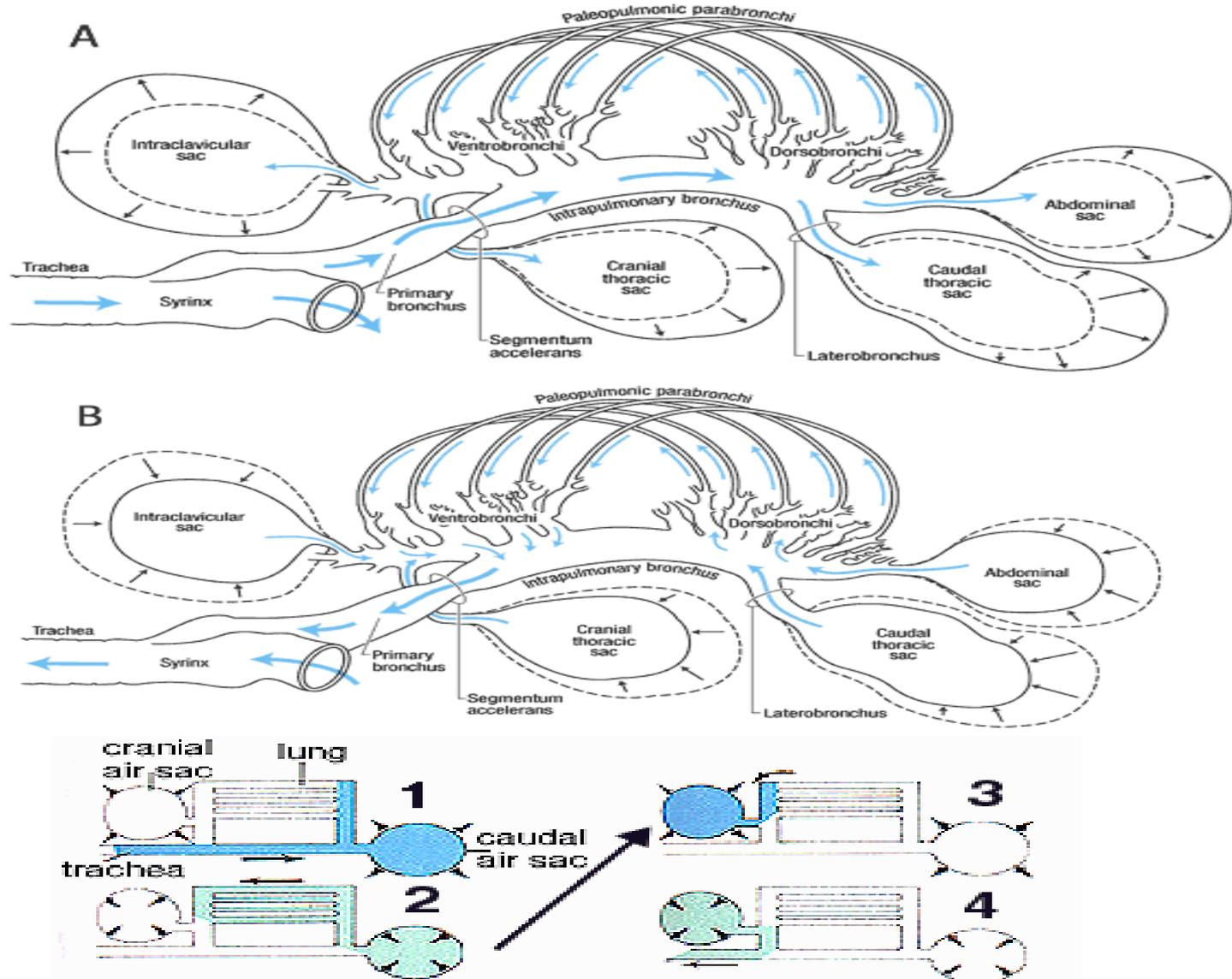
Syringe



Respiração embrião de aves

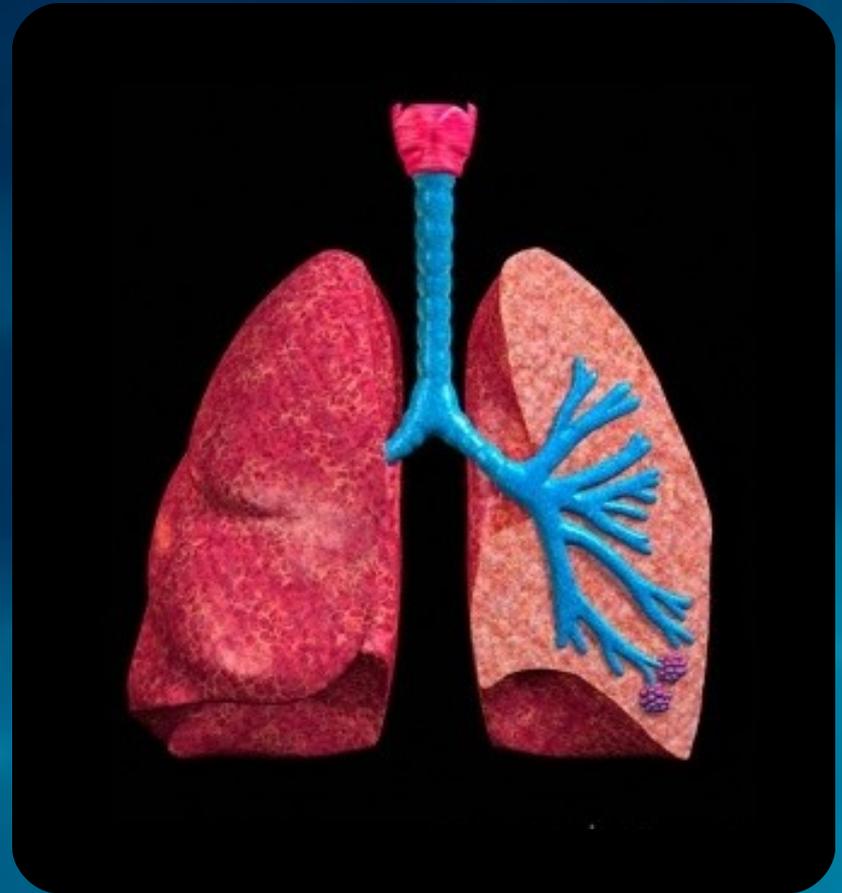


Respiração em aves

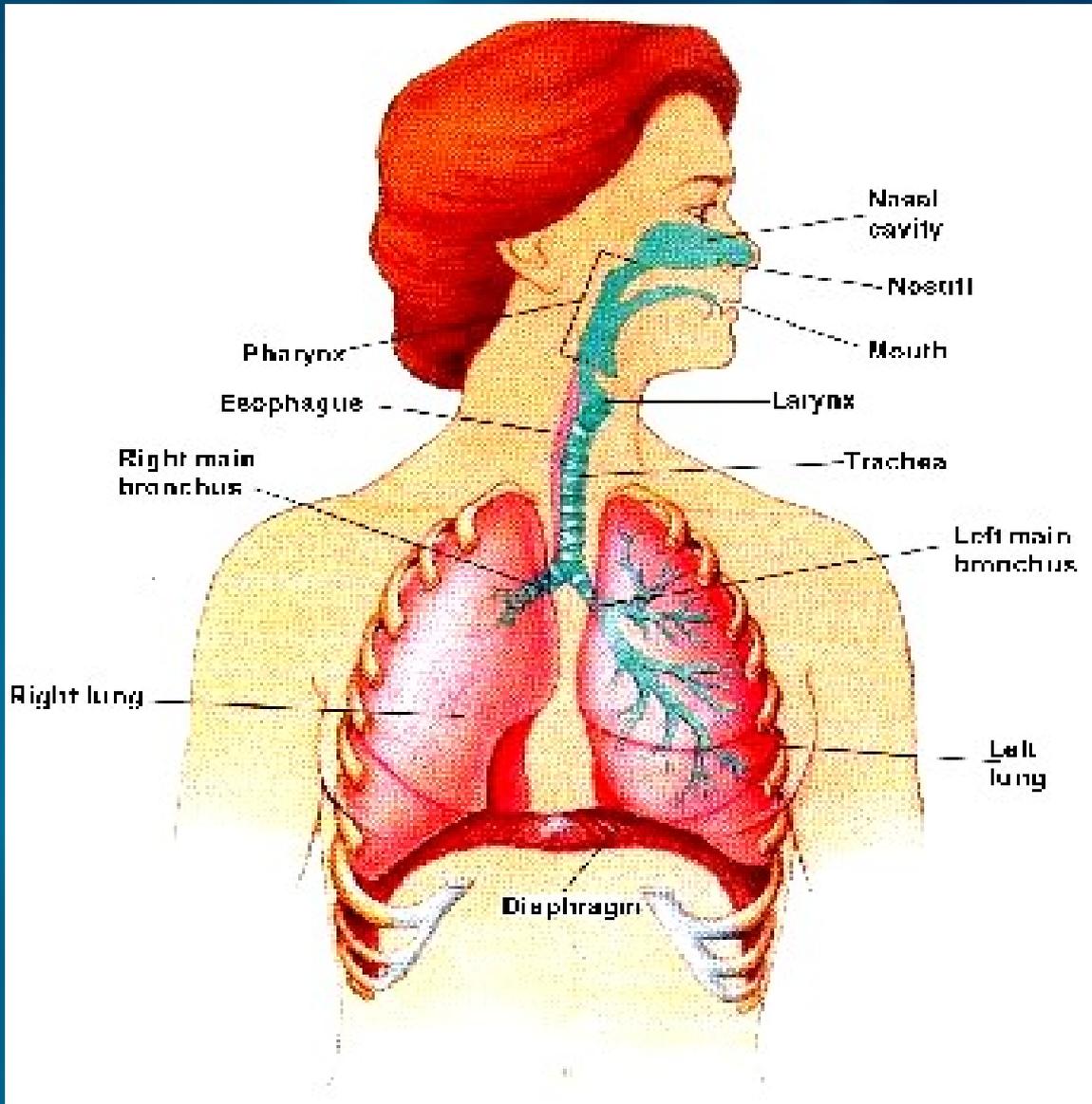


Pulmões

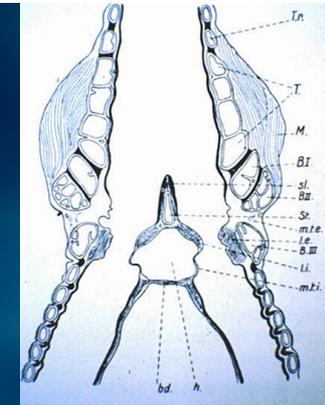
- O pulmão dos Mammalia consiste de milhões de sacos aéreos em fundo cego que se encontram interligados, denominados **alvéolos**. A traquéia se subdivide para formar **brônquios**, os quais se ramificam repetidamente, levando, eventualmente a bronquíolos terminais e finalmente a bronquíolos respiratórios, cada um dos quais é ligado a um conjunto terminal de dutos e sacos alveolares.
- A área total da seção transversal das vias aéreas aumenta rapidamente como resultado da extensa ramificação, embora o diâmetro dos dutos aéreos individuais diminua da traquéia até os bronquíolos terminais. Os gases são transferidos através das paredes delgadas dos alvéolos por toda porção do pulmão, distalmente aos bronquíolos terminais.



Pulmões e órgãos vocais



siringe



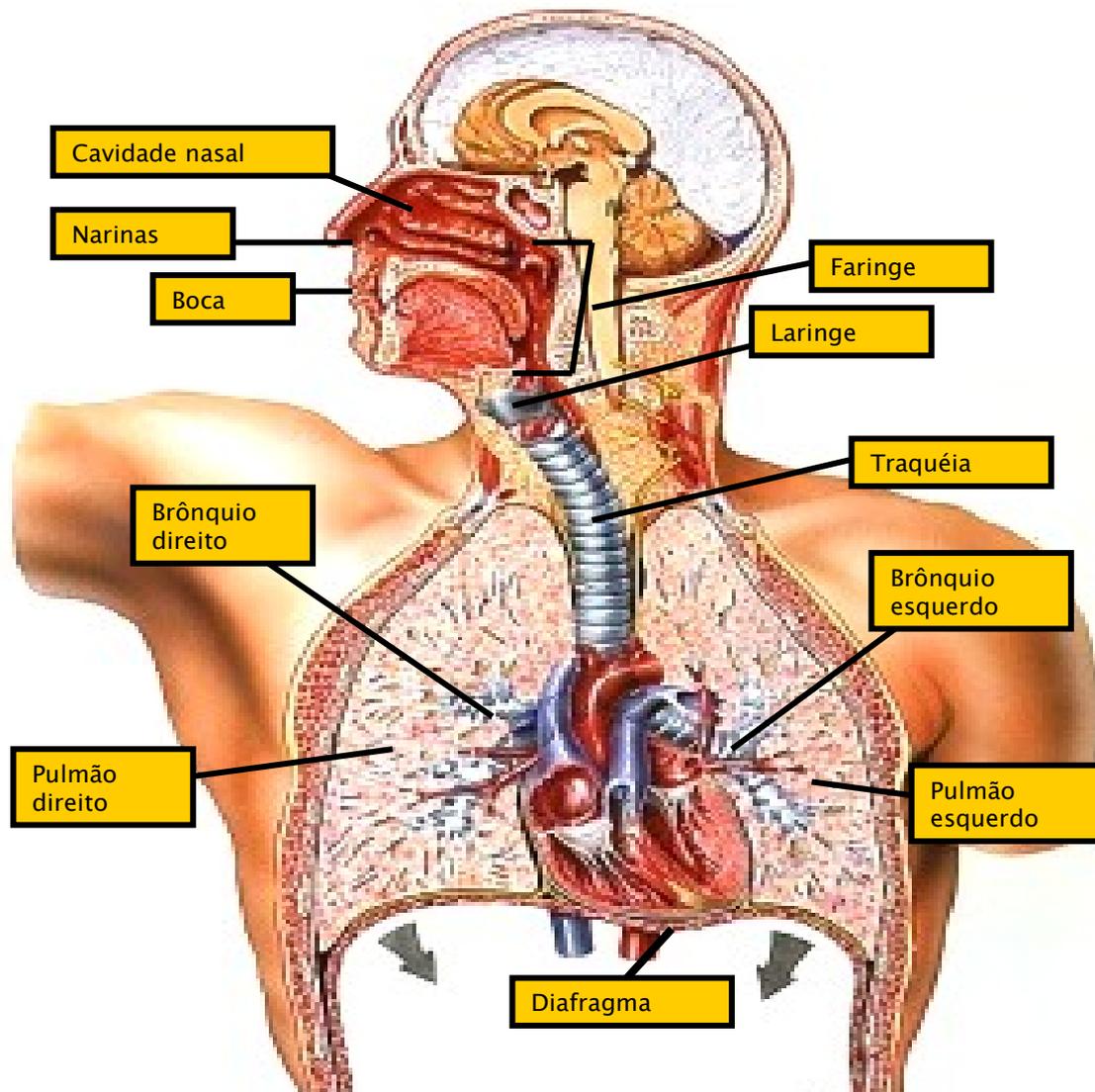
Cordas vocais



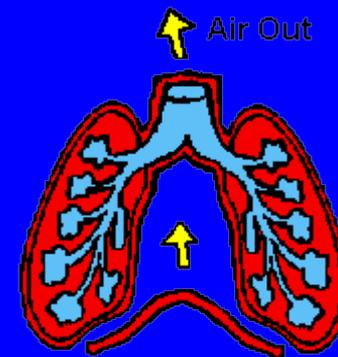
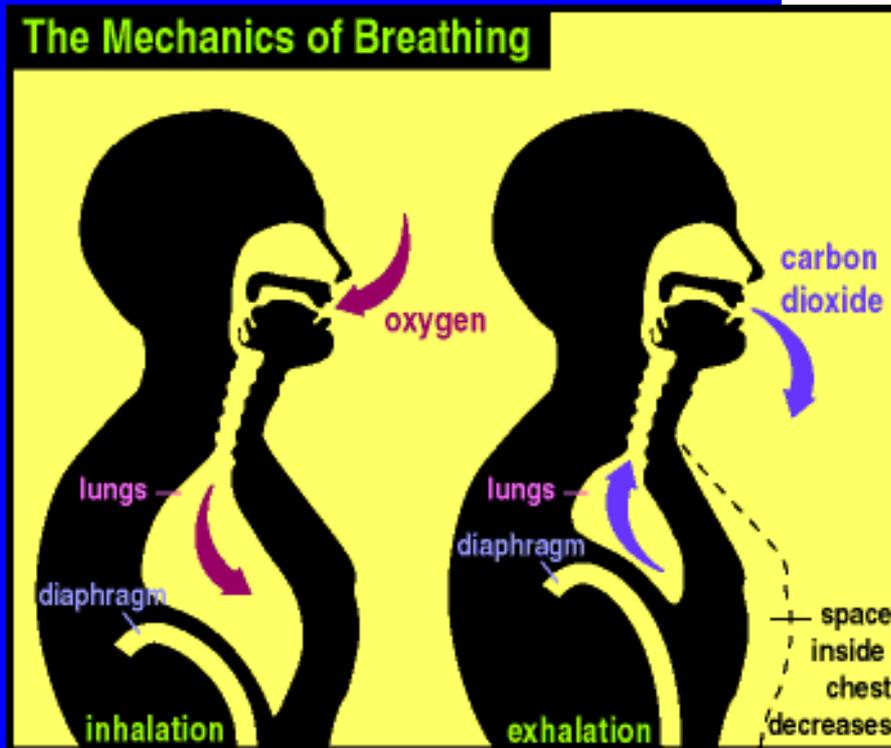
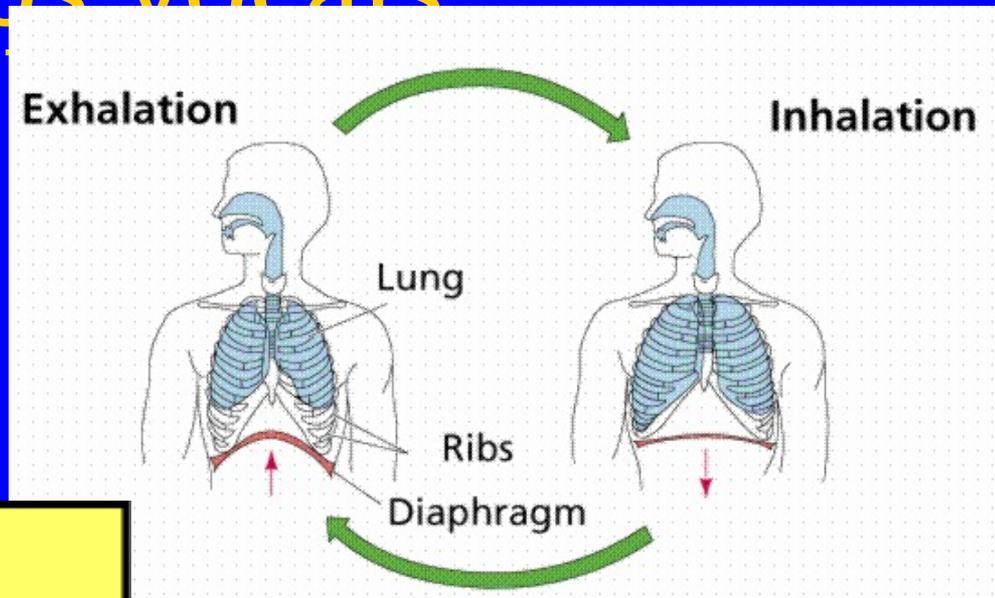
alvéolos



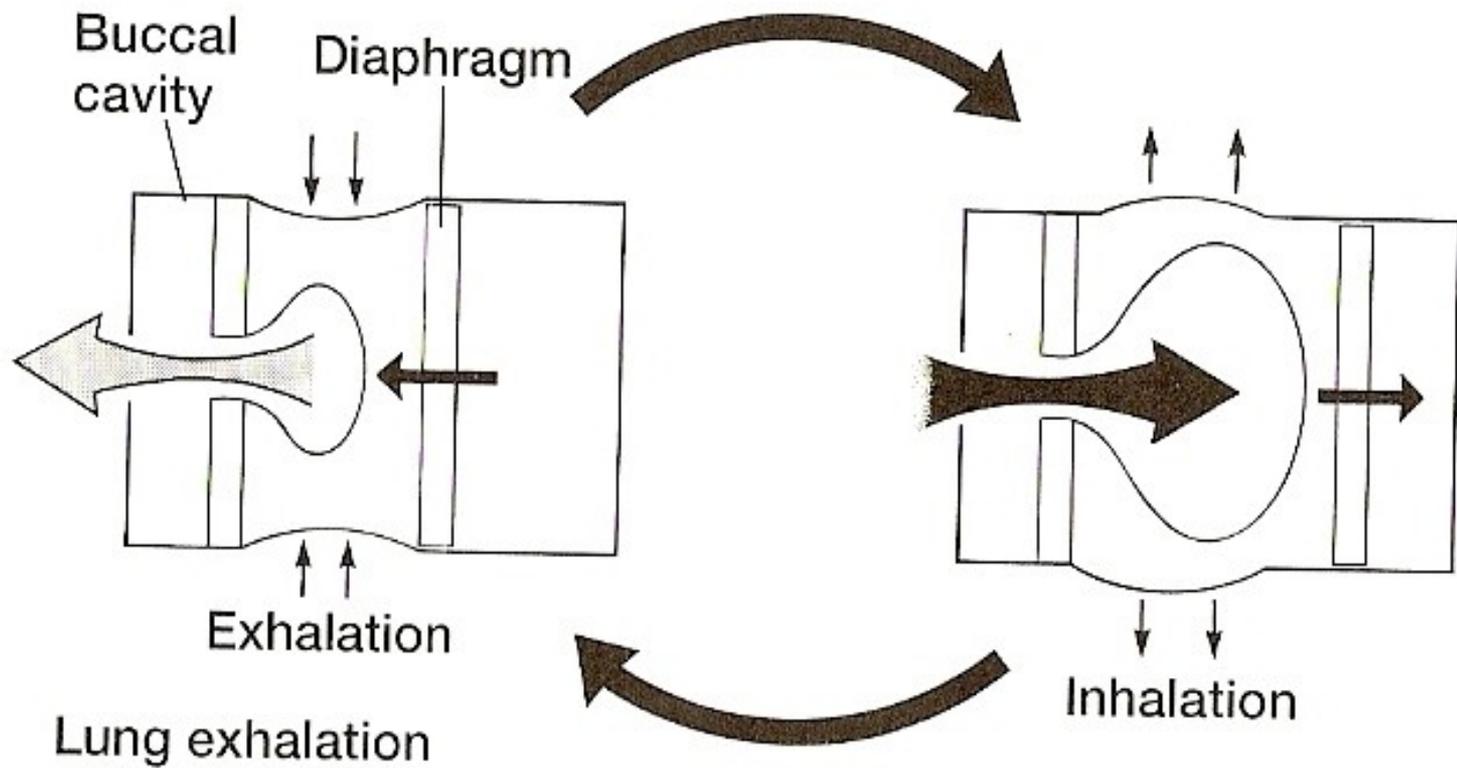
Pulmões e órgãos vocais



Pulmões e órgãos vocais



Pulmões



Respiração em mamíferos

A ventilação em mamíferos envolve expansão e contração da caixa torácica e depressão e elevação do diafragma.

Um mamífero pode utilizar alternadamente o diafragma, caixa torácica e cavidade oral conforme a atividade exercida

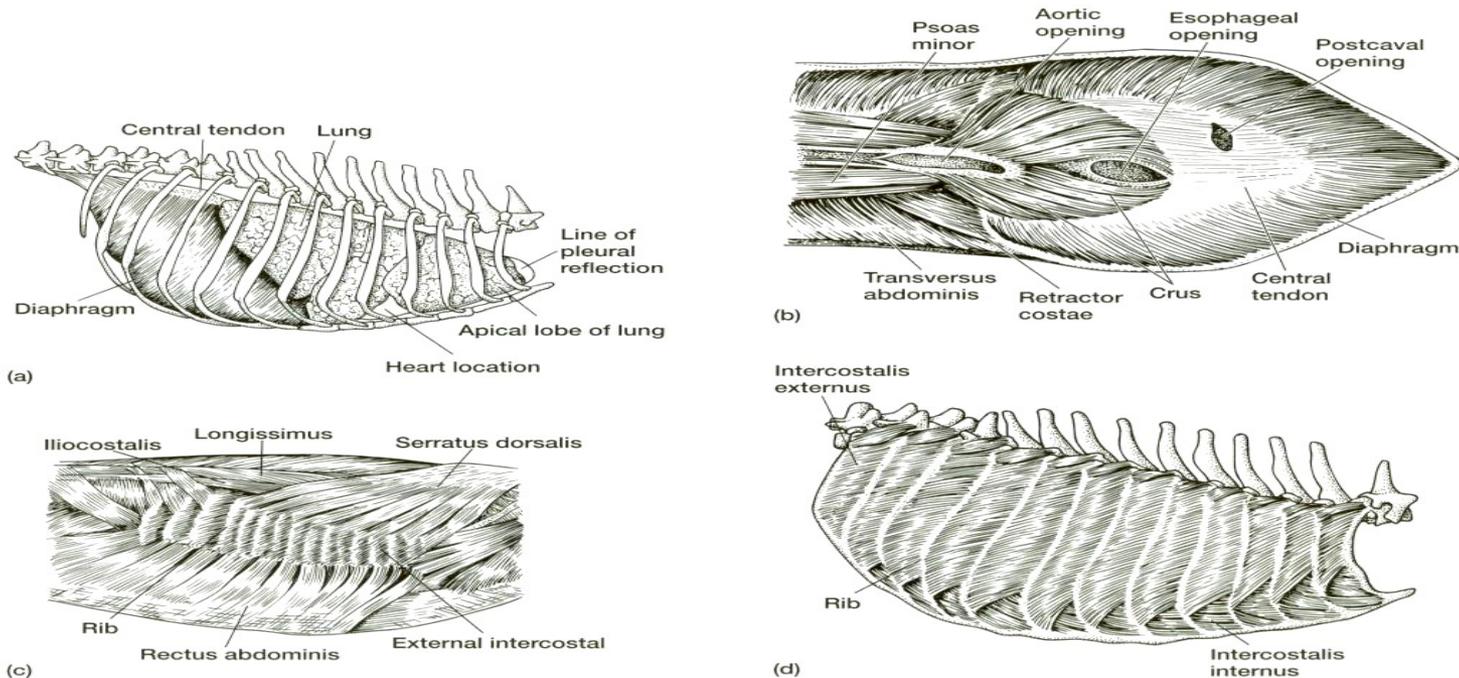


FIGURE 11.30 Ventilation in the dog. Generally, ventilation of mammalian lungs involves expansions and contractions of the rib cage along with depression and elevation of the diaphragm. The details are remarkably complex. (a) Location of lungs and diaphragm within the rib cage of the dog (lateral view). (b) Ventral view of the diaphragm, which lies behind the lungs and has a dome shape. Notice the openings that allow anterior-posterior passage of the aorta, esophagus, and postcava. Superficial (c) and deep (d) muscles of the rib cage. After Miller, Christensen, and Evans.

Respiração em mamíferos

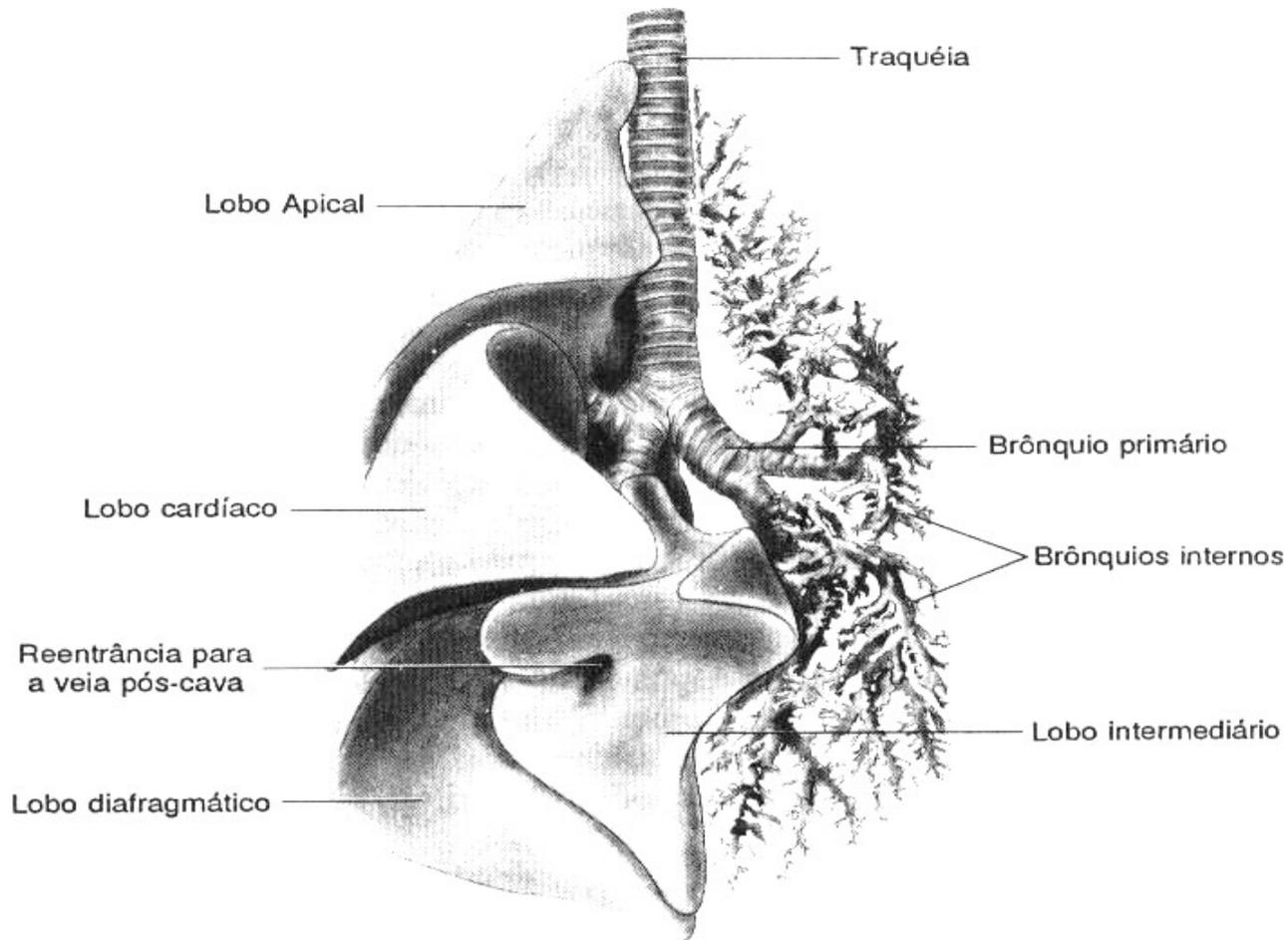
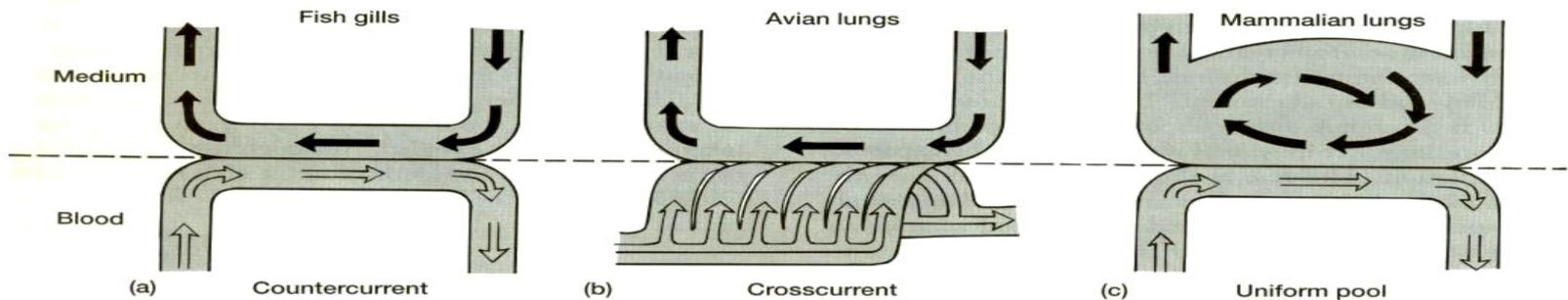
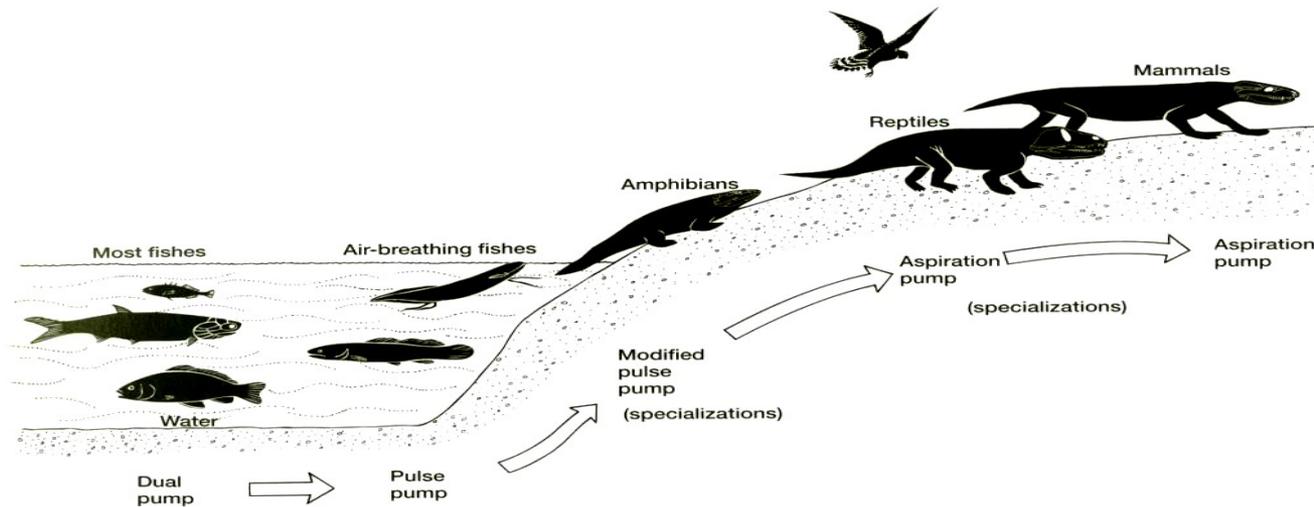


FIGURA 13-9 PULMÃO DE MAMÍFERO ilustrado por um cão. Vista ventral. Lado esquerdo está dissecado para mostrar a árvore brônquica.

Evolução do sistema respiratório



----- **Patterns of gas transfer.** Orientation of ventilation (solid arrows) to blood flow (open arrows) is established by the respiratory organ. (a) Countercurrent. (b) Crosscurrent. (c) Uniform pool.

Respiração em mamíferos aquáticos

- Muitos animais mergulhadores expiram o ar antes do mergulho.
- Durante um mergulho profundo, o aumento da pressão hidrostática provoca compressão do pulmão. Ao reduzir o volume pulmonar antes do mergulho, ar é empurrado para fora dos alvéolos.
- O **pulmão colapsa**, ficando o ar contido na traquéia e brônquios.
- Receptores localizados próximos à glote e próximos à boca e narinas (dependendo da espécie) detectam a presença de água e isso inibe a inspiração durante o mergulho

