

# *Morfologie živočichů - MB170P46*

---



Pavel Němec

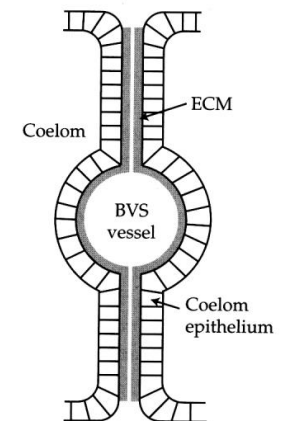
## **IV. CÉVNÍ SYSTÉM**

---

# Mnohobuněční živočichové (Metazoa) -přehled

**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.

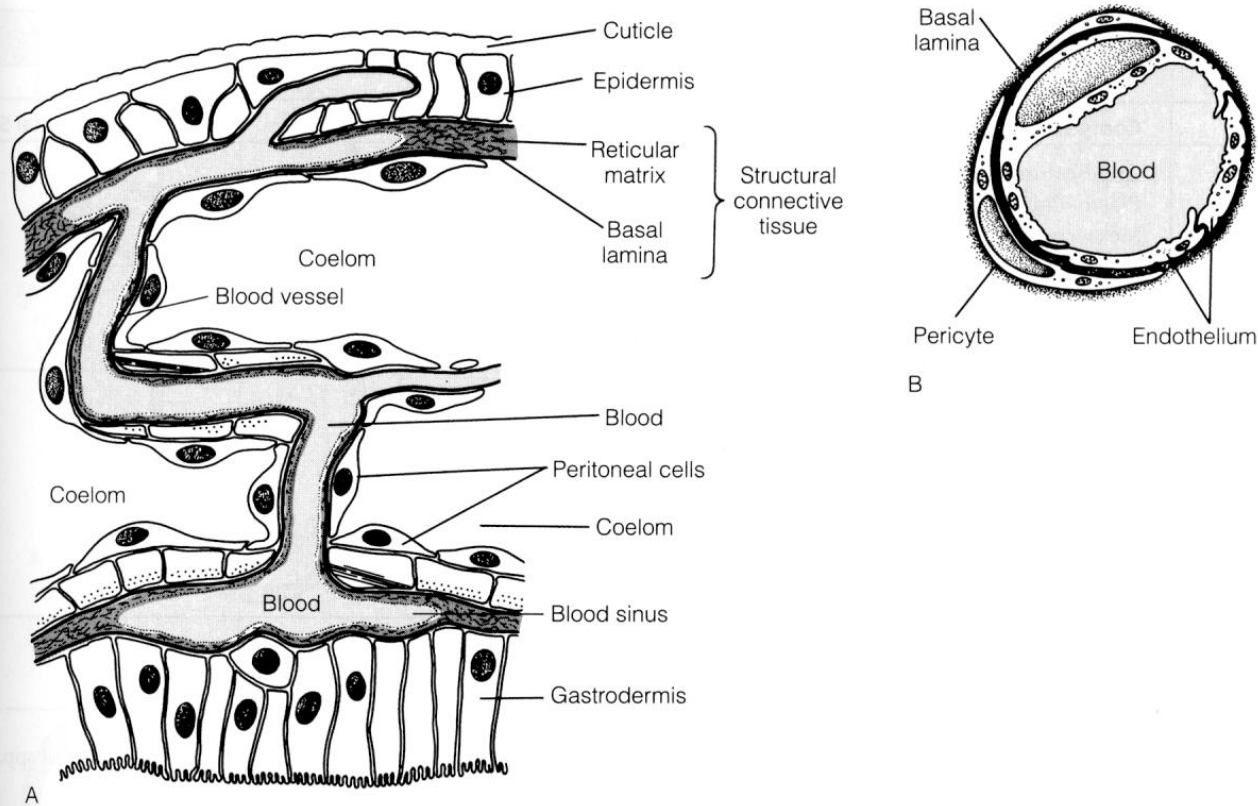
	Nature of circulatory system	Open or closed system
Acanthocephala	Epidermal and subepidermal lacunar system, fine structure is not clear	—
Nemertini	CCS	Closed
Mollusca	BVS (epithelialized vessels present in Cephalopoda and <i>Helix</i> )	Open
Kamptozoa	BVS	Open
Sipunculida	No extended circulatory system, but coeloms, especially tentacular coelom, act as circulatory systems	(Closed)
Echiurida	BVS	Almost closed
Annelida	BVS	Almost closed
Onychophora	BVS	Open
Euarthropoda	BVS	Open
Chaetognatha	BVS	Spatially restricted to hemal sinus around central intestine
Bryozoa	BVS (funiculus)	Spatially restricted to funiculus
Phoronida	BVS	Intermediate
Brachiopoda	BVS	Intermediate
Hemichordata	BVS	Intermediate
Echinodermata	BVS	Intermediate
Tunicata	BVS	Open
Acrania	BVS	Closed
Craniota	CCS	Closed



**Fig. 10.1.** Schematic representation of the relationship between blood vascular system (BVS) and coelom. The BVS forms as primary body cavity between ECM bordering the coelom epithelium.

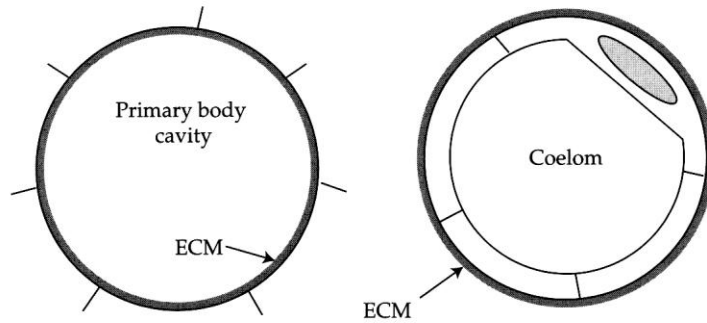
CCS – uvnitř coelomu, endotel  
 pásnice (Nemertini), hlavonožci (Cephalopoda), pijavice  
 (Hirudinea), obratlovci (Craniata)

# Mnohobuněční živočichové (Metazoa) -přehled

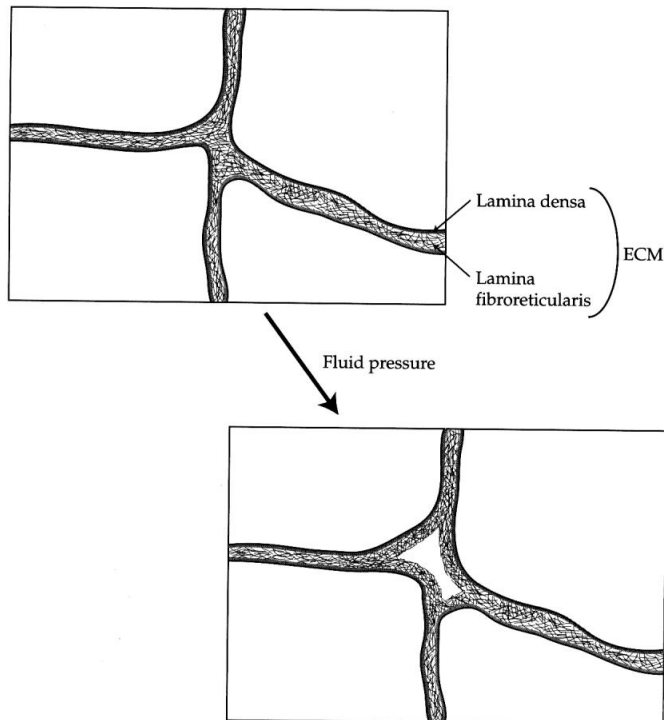


**FIGURE 9-13** Bilateria: hemal system and blood vessel histology. Invertebrate and vertebrate blood vessels are both fluid-filled channels in the connective-tissue compartment. **A**, The blood of most invertebrates is in direct contact with structural connective tissue, especially the basal lamina of the overlying epithelial cells. **B**, The blood of vertebrates, cephalopod molluscs, and a few other taxa is separated from the basal lamina by a new endothelium that lines the vessels, controls transport across the vessel wall, and facilitates flow within the vessels. (A, Modified from Nakao, T. 1974. *An electron microscopic study of the circulatory system in Nereis japonica*. *J. Morphol.* 144:217–236; B, Modified from Welsch, U., and Storch, V. 1976. *Comparative Animal Cytology and Histology*. University of Washington Press, Seattle. 343 pp.)

# Primární vs. sekundární tělesná dutina



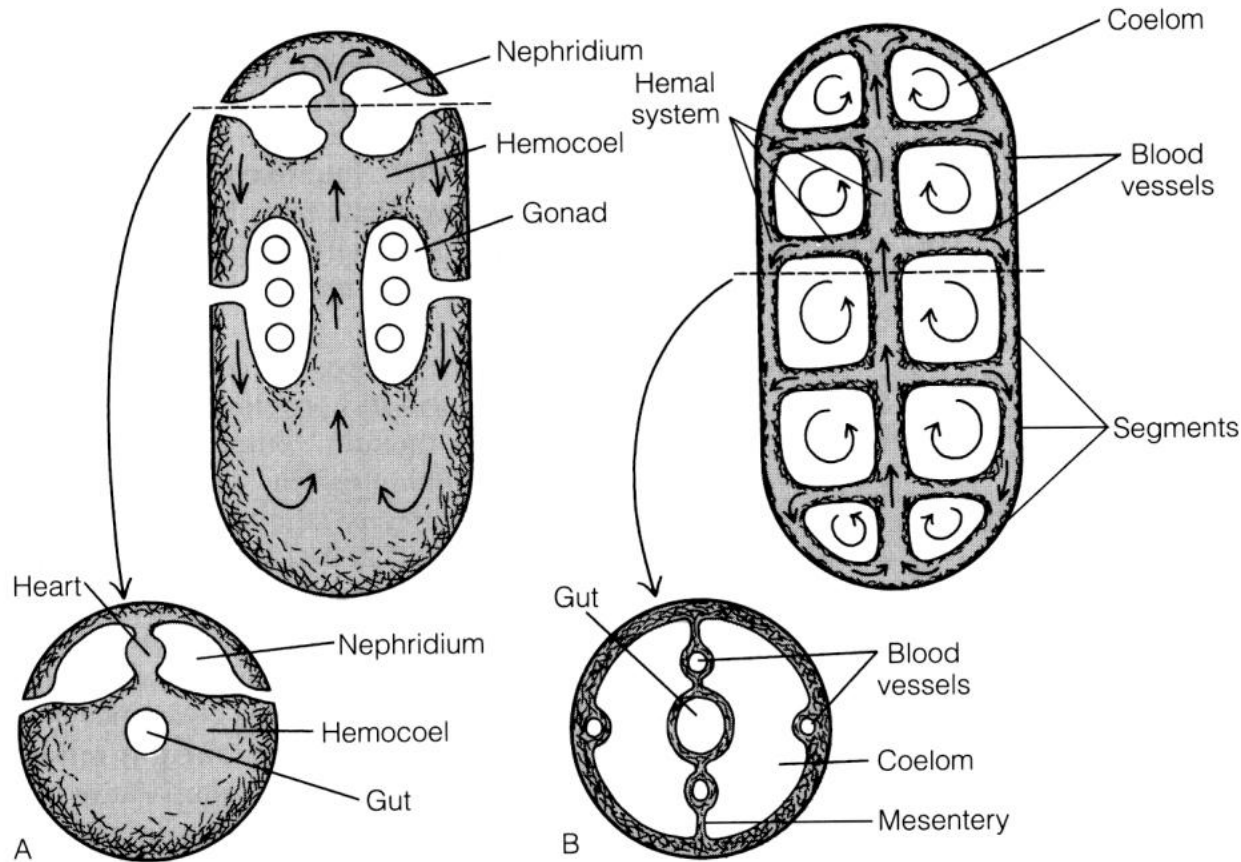
**Fig. 8.1.** Distinction between primary and secondary body cavities on the basis of the position of extracellular matrix (ECM) or an epithelium.



**Fig. 8.2.** Ontogenetic development of a primary body cavity as a cleft within the lamina fibroreticularis of the ECM by increase of fluid pressure.



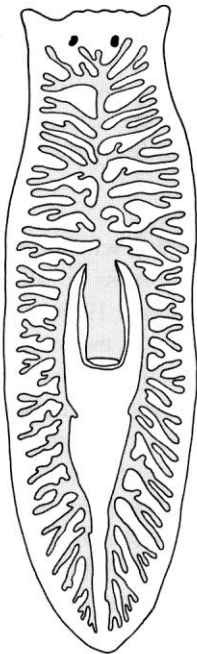
# Hemocoel



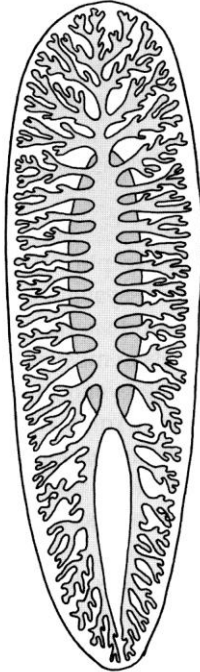
**FIGURE 9-12** Coelomate Bilateria: internal fluid-transport systems. **A**, When a hemocoel (himal system) is present, it constitutes the main body cavity and the coelomic cavities are small and specialized as gonadal or nephridal sacs. **B**, When coelomic cavities are well developed, they constitute the body cavity and the hemal system is confined to vessels and small sinuses.

# Různá alternativní řešení - např. ploštěnky

---



Tricladida

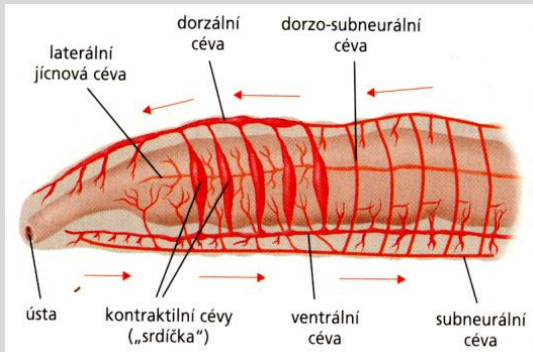


Polycladida

**Fig. 10.2.** Extension of the intestinal system by multiple branching in triclad and polyclad flatworms. Figures after Ax (1996).

✓ **rozvětvené střevo**

# Kroužkovci (Anelida)



Obr. 5.318 Schéma oběhové soustavy v přední části těla žížaly a její topografický vztah k trávicí trubici. Šípky znázorňují směr proudění krve.

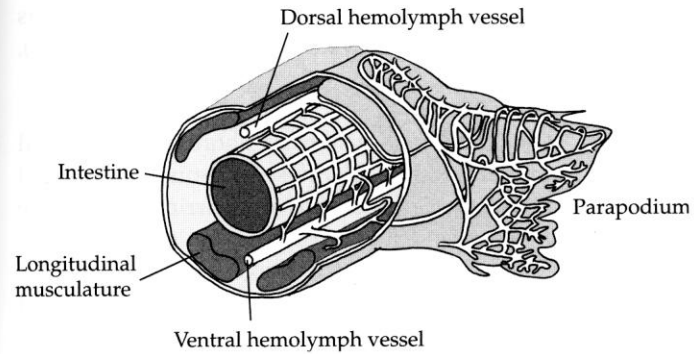
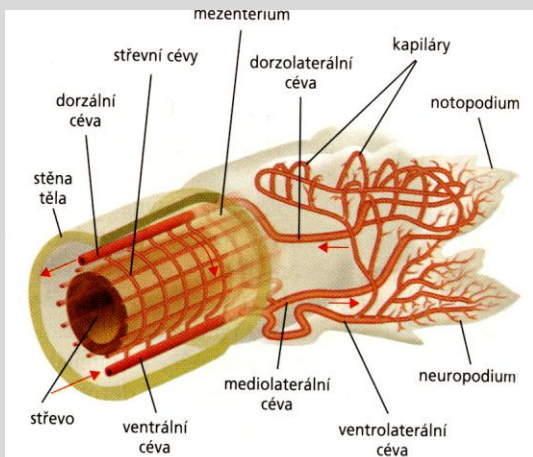
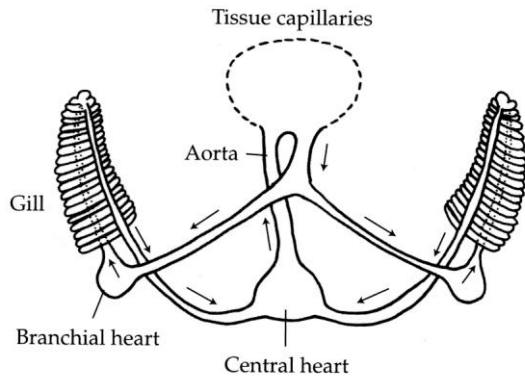


Fig. 10.5. Schematic representation of the circular system in polychaetes with well developed parapodia. After Ruppert et al. (2004).

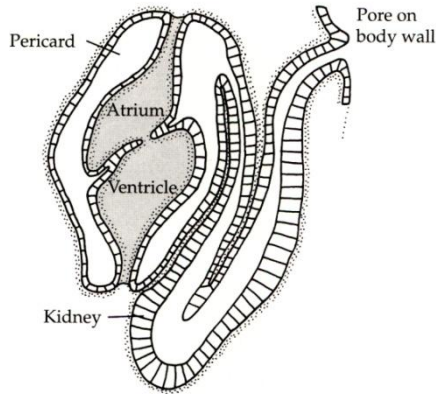


Obr. 5.319 Oběhový systém parapodia mnohoštětinatého červa a jeho vztah k hlavnímu oběhovému systému. Šípky znázorňují směr proudění krve.

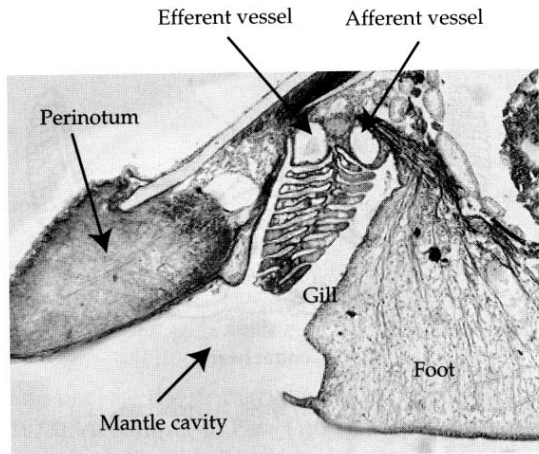
# Měkkýši (Mollusca)



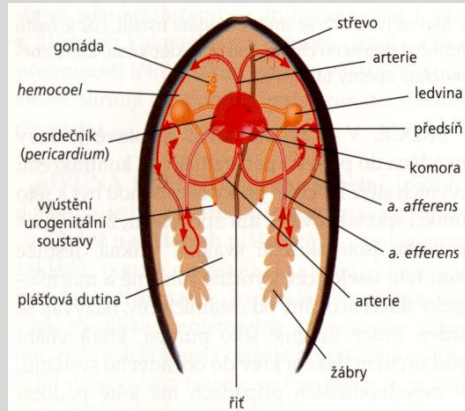
**Fig. 10.4.** Schematic circulatory system in cephalopods. After Ruppert et al. (2004).



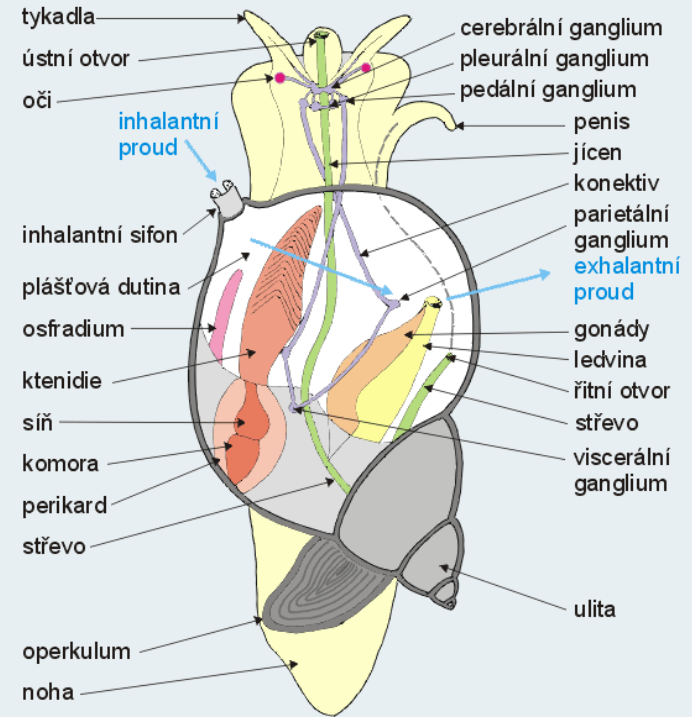
**Fig. 8.11.** Structure of the mollusc heart, as shown by a reconstruction from the gastropod *Philinoglossa helgolandica*. ECM is dotted and primary body cavity is shaded in grey. After Bartolomaeus (1996).



**Fig. 10.3.** Lateral cross section through a polyplacophore, *Lepidochitona cinereus*, showing efferent and afferent lacunar vessels above the gill.

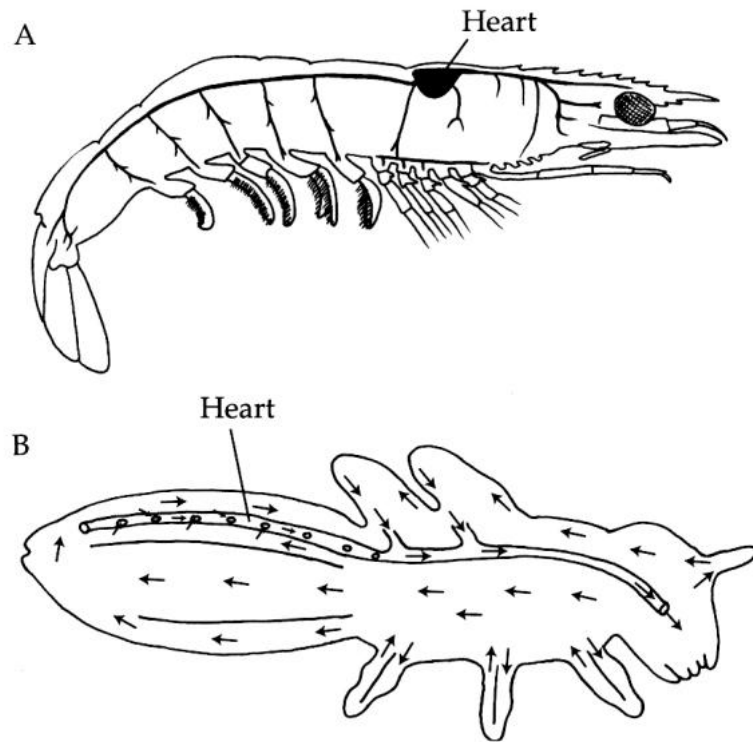


**Obr. 5.321** Schéma oběhového systému měkkýšů. Srdeční předsně se vytvořily v souvislosti s párem žaber (ktenidií).

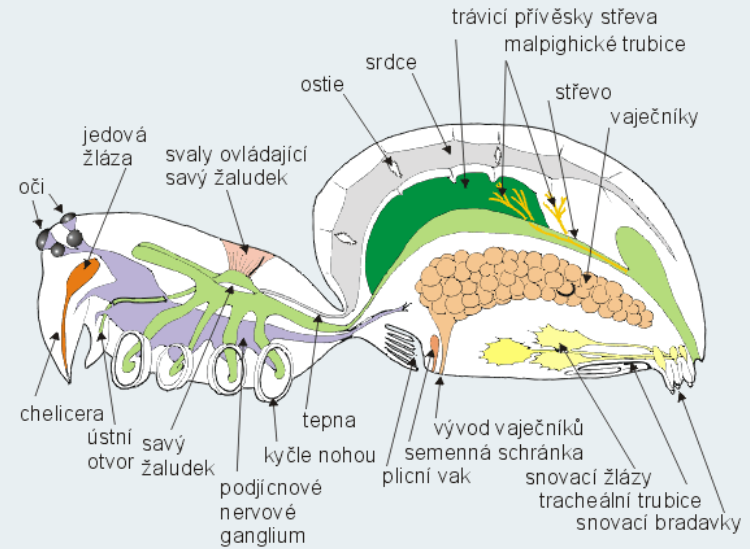


Kmen Mollusca  
schematická stavba těla předožábrého plže

# Členovci (*Arthropoda*)



**Fig. 10.6.** Schematic representation of the circulatory system in malacostracan crustaceans (A) and insects (B). A. after McLaughlin (1980), B. after Westheide and Rieger (2007).



## *Araneus*

stavba těla pavouka v podélném řezu

(podle Kunsta et al. 1954, upraveno)



# Pláštěnci (Tunicata)



- ✓ **Otevřená cévní soustava**
- ✓ **Jednoduché srdce + cévy, které vedou krev k orgánům a do pláště**
- ✓ **Dýchací funkce žaberního vaku (kapiláry ve stěnách mezi žaberními štěrbinami)**
- ✓ **Krevní buňky (améboocyty podobné lymfocytům, u některých krevní barviva (např. Phallusia – hemovanadin))**

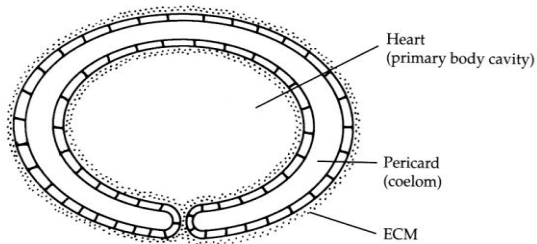
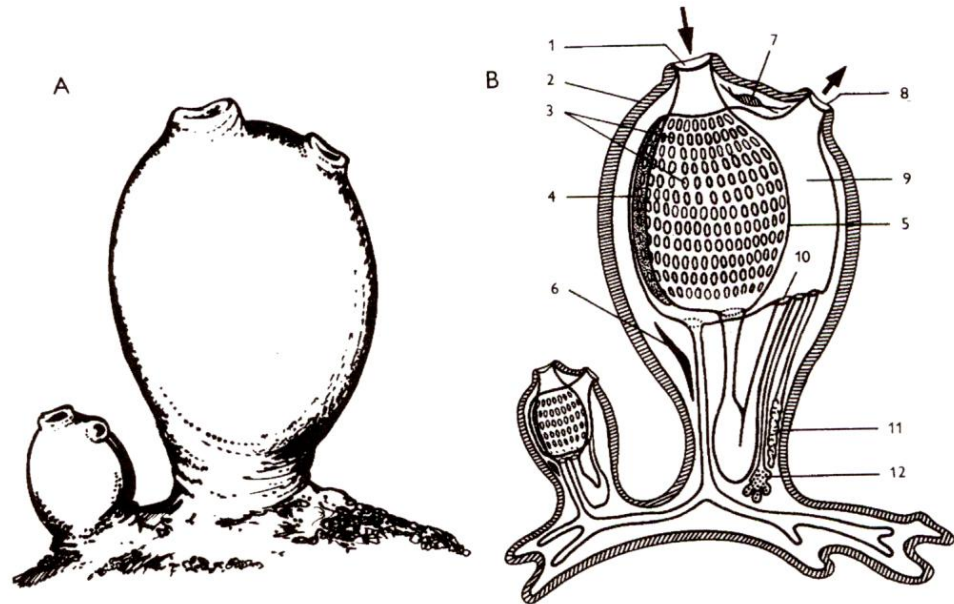


Fig. 10.9. Schematic cross section through the heart in tunicates. Modified after Oliphant and Cloney (1972).

- ✓ **srdce = primární tělní obklopená osrdečníkem vzniklým z coelomu (dutina vzniká schizocélně a posléze invaginací)**

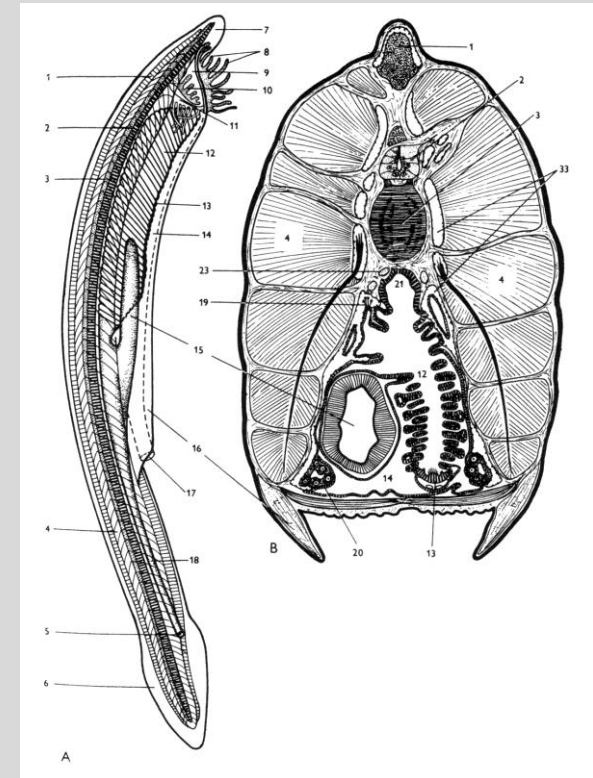
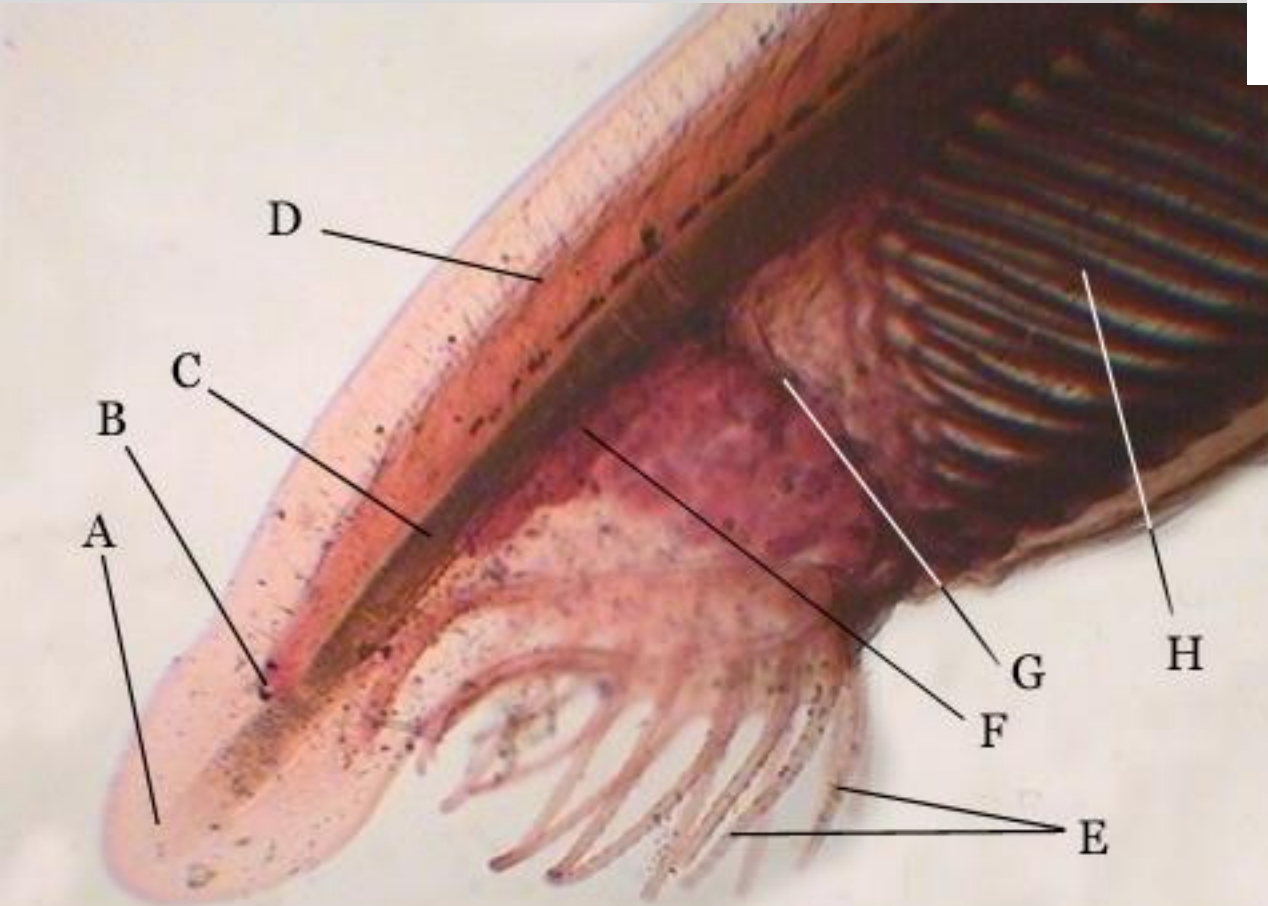
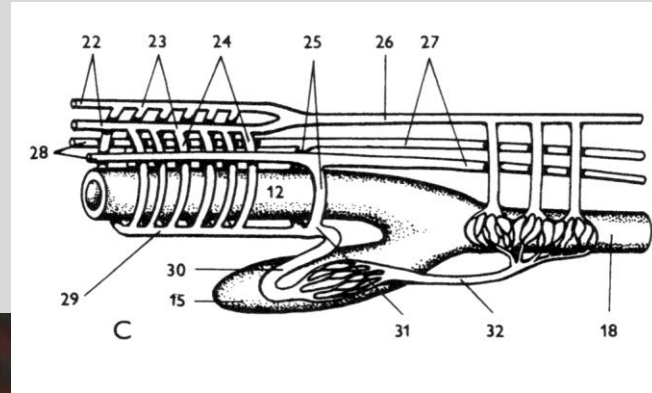


Obr. 12 Vzhled a morfologie dospělých sumek. A – dva jedinci rodu *Halocynthia*, B – schéma jejich anatomie. 1 – přijímací otvor, 2 – tělní stěna a plášť, 3 – žaberní štěrbin, 4 – endostyl, 5 – hltan, 6 – srdce, 7 – cerebrální ganglion, 8 – vyvrhovací otvor (kloakální sífon), 9 – kloakální dutina obžaberního prostoru, 10 – vyústění střeva (řitní otvor), 11 – varle, 12 – vaječník.

# Kopinátec (Branchiostoma)

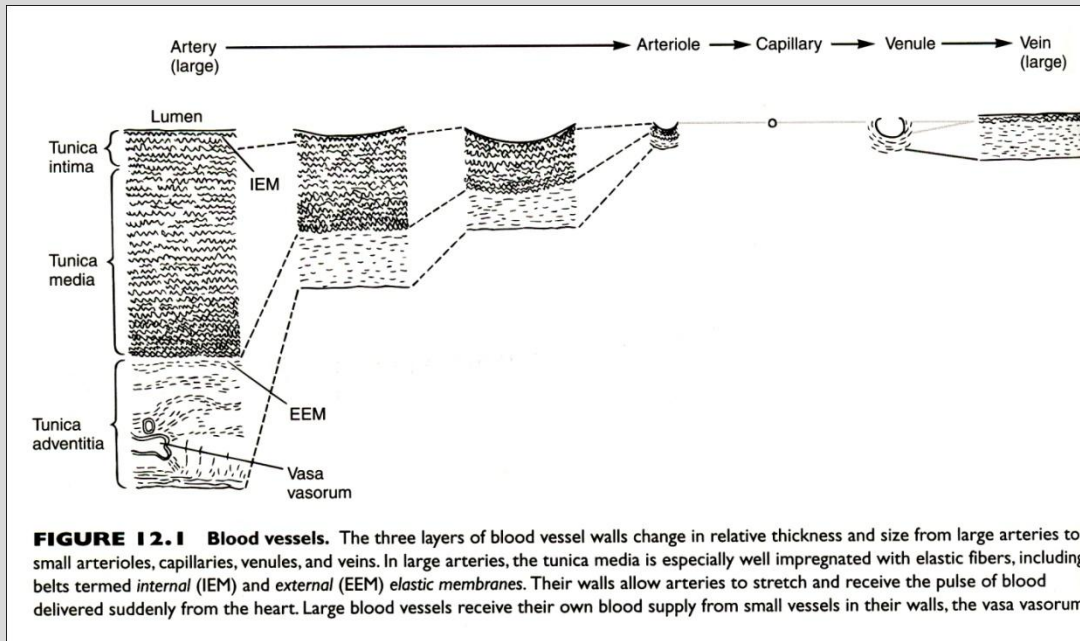
✓ Téměř uzavřená nervová soustava; chybí srdce, jeho funkci plní pulzující cévy

✓ Krevní plazma neobsahuje respirační pigmenty





# Stavba a hemodynamika cév

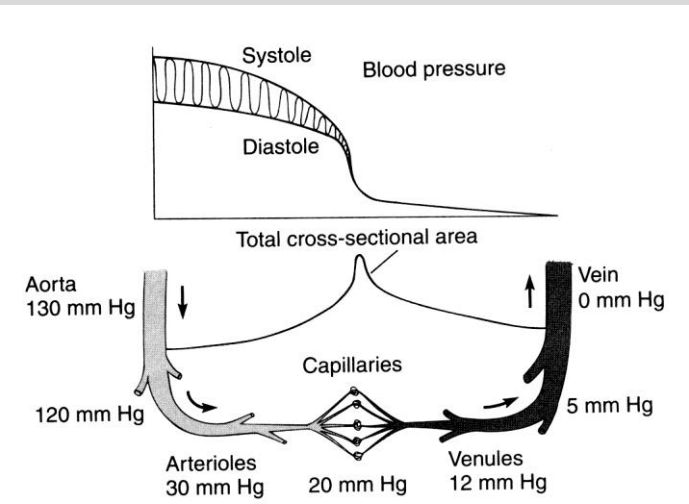


**Aorta: rychlost krevního proudu 40-50 cm/s**

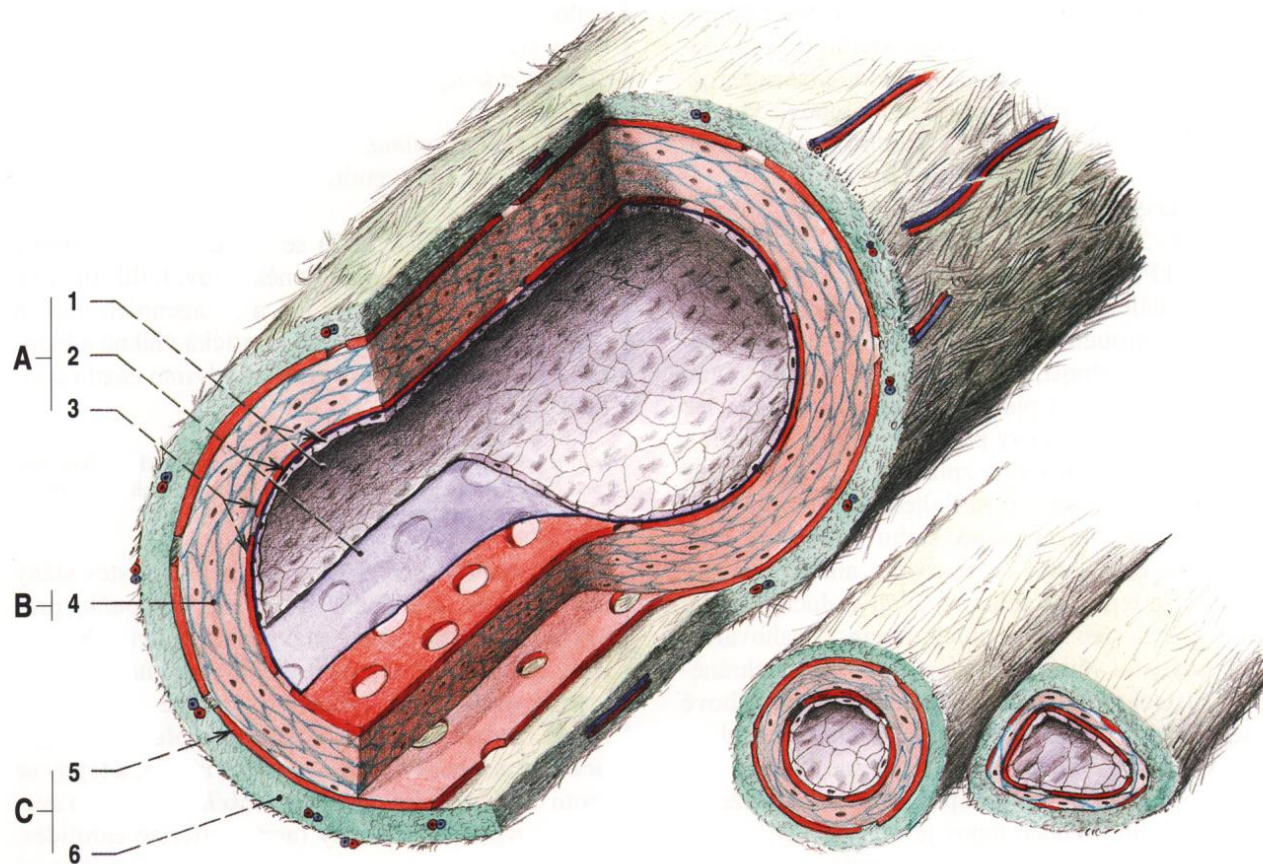
**Vlásečnice: 0,4 mm/s, u člověka součet průřezů kapilár odhadnut na více než 6000 m<sup>2</sup>**

**Řečiště žilné cca 3x větší objem než řečiště tepenné**

**Vlásečnice – průměr cca 7 - 15 μm**







Obr. 57. SCHEMA OBEČNÉ STAVBY CÉVNÍ STĚNY u arterie střední velikosti, svalového typu; znázorněny vrstvy cévní stěny; vpravo ukázány proporce jednotlivých vrstev stěny u tepny (silnější stěna) a u přibližně stejně silné žíly (tenčí stěna)

A tunica intima

1 endothel

2 lamina basalis endothelii a subendothelová vrstvička vaziva

3 membrana elastica interna

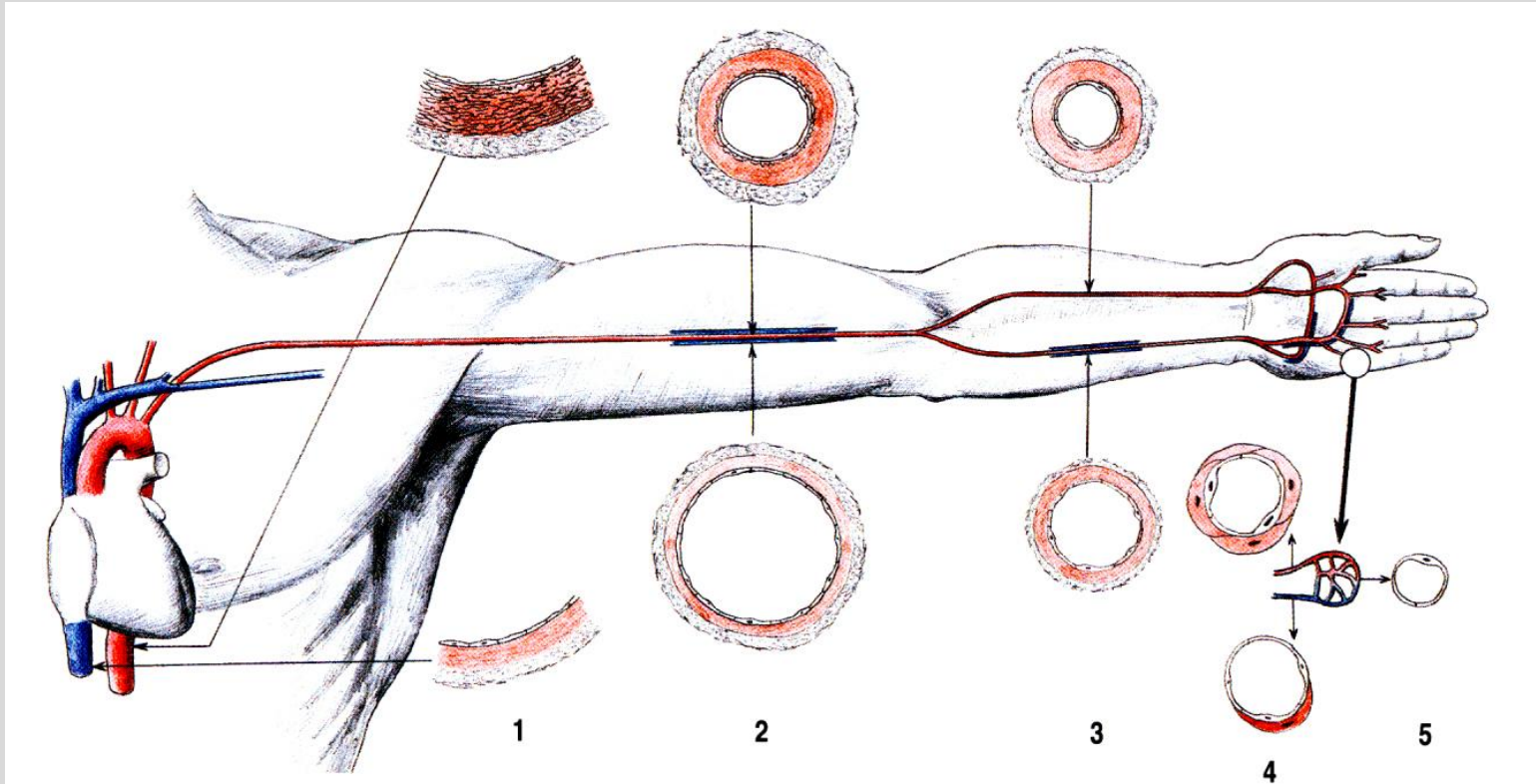
B tunica media

4 buňky hladké svaloviny v tunica media

C tunica externa

5 membrana elastica externa

6 vazivo adventicie, v něm vasa vasorum

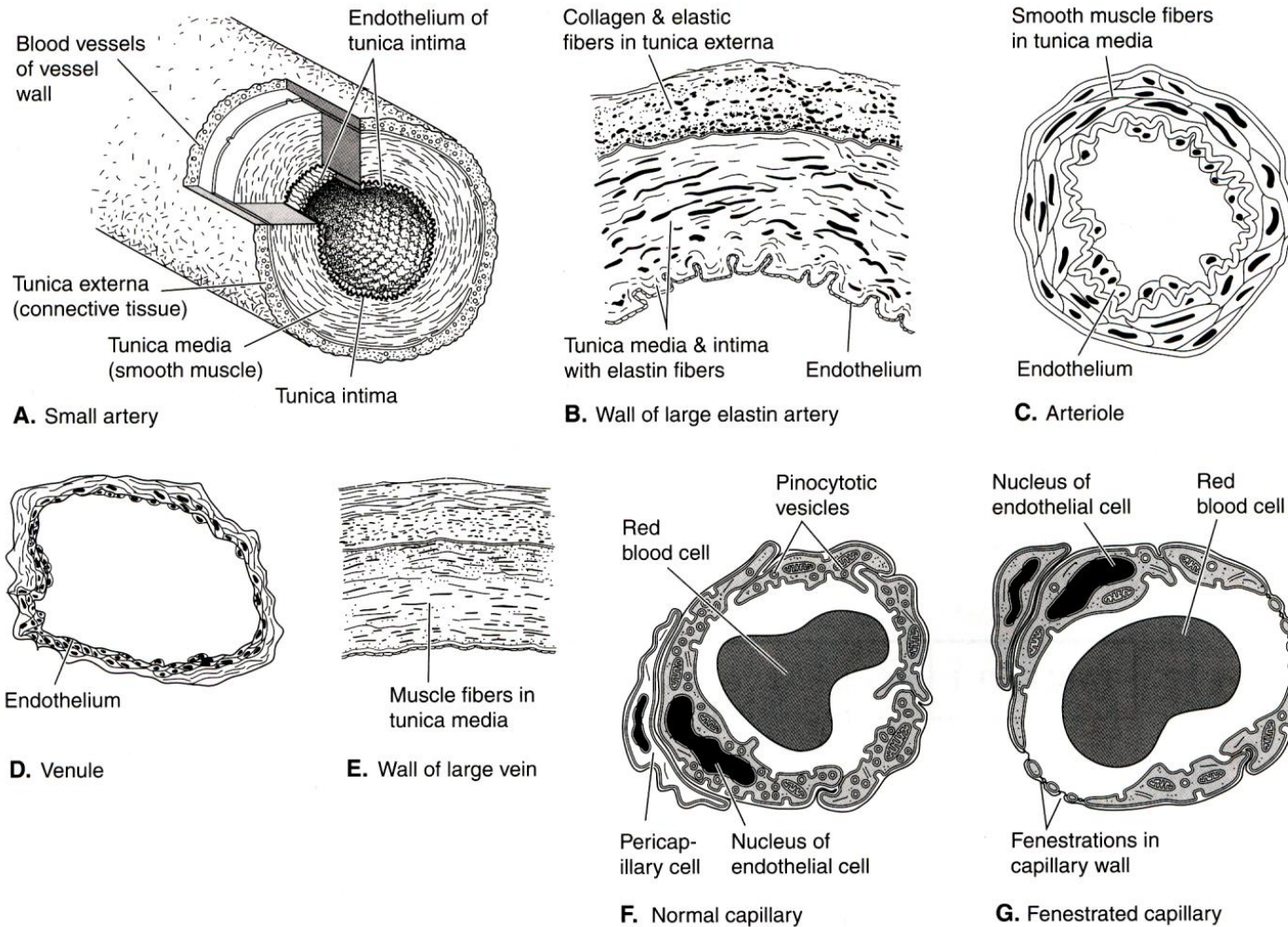


Obr. 58. SCHÉMA STAVBY STĚN TEPEN A ŽIL, podle jejich typů, v systému větvení cév

- 1 aorta a vena cava – tepna elastického typu a velká žíla s převahou vaziva v medii
- 2 tepna a žíla středního kalibru – tepna svalového typu s dobře patrnými všemi vrstvami stěny, žíla se svalovinou a s vazivem v relativně tenké medii

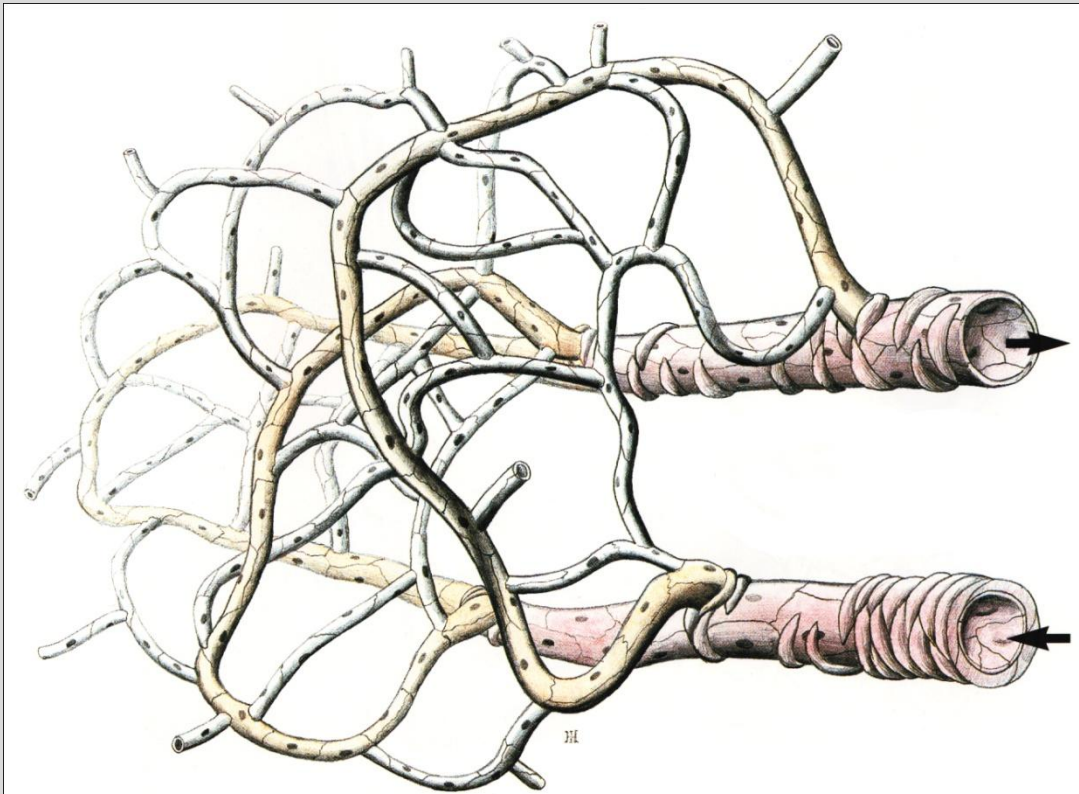
- 3 tepna a žíla menšího kalibru – tepna svalového typu, žíla s dobře utvářenou medii, složenou ze svalových buněk a z vaziva
- 4 arteriola a venula s redukcí adventicie, venula i s redukcí počtu svalových buněk
- 5 kapilára složená prakticky jen z endothelu a z jeho lamina basalis





**FIGURE 19-3**

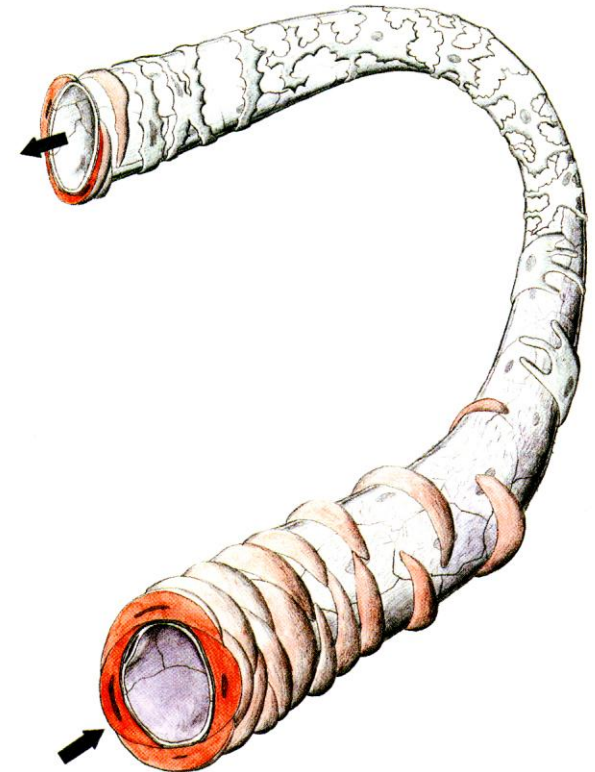
A–G, The structure of representative blood vessels. The structure of the capillaries is based on electron micrographs, and capillaries are drawn to a much larger scale than are the other vessels. Capillaries have a diameter not much larger than that of the erythrocytes within them. (Modified from Williams et al.)



Obr. 60. SCHÉMA MIKROCIRKULACE

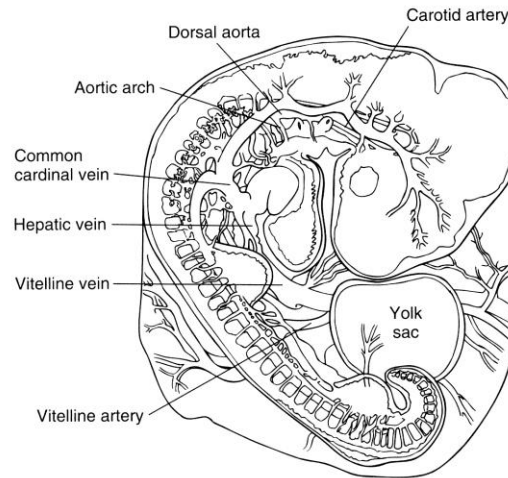
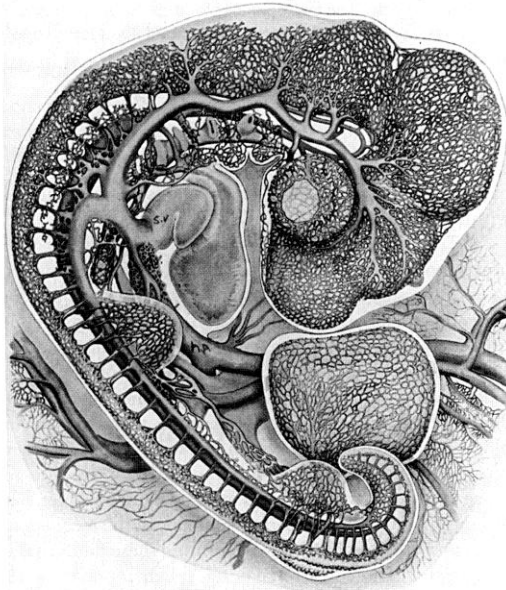
Arteriovenosními můstky charakteru větších kapilár (označenými barevně) protéká krev z prekapiláry do postkapiláry (prevenuly);

na můstky jsou připojeny vlastní kapiláry (šedé), dovnitř můstků i k sousedním můstkům; kapiláry se otevírají a zavírají, a vstupují tak do funkce podle nároků zásobované tkáně.



Obr. 59. ARTERIOLA – KAPILÁRA – VENULA (podle Benninghoffa, modifikováno); základní schéma průtoku z arterioly s hustými prstenci svalových buněk přes prekapiláru s řídnoucími svalovými buňkami a s pericyty do kapiláry s pericyty a odtud do širší prevenuly a z ní do venuly, kde opět začínají prstence svalových buněk





**FIGURE 12.10 Cardiovascular system of a four-day-old chick.** Venous circulation shows anterior and posterior cardinal veins draining into the common cardinal vein that enters the sinus venosus. Vitelline veins return through the forming postcava and travel through the liver sinusoids to enter the heart via the hepatic vein. Arterial circulation is also well established. Aortic arches pass around the pharynx to join above in the dorsal aorta, which supplies blood to the head via the carotid arteries. The dorsal aorta continues posteriorly, eventually forming the vitelline arteries to the yolk.

*After Patten.*

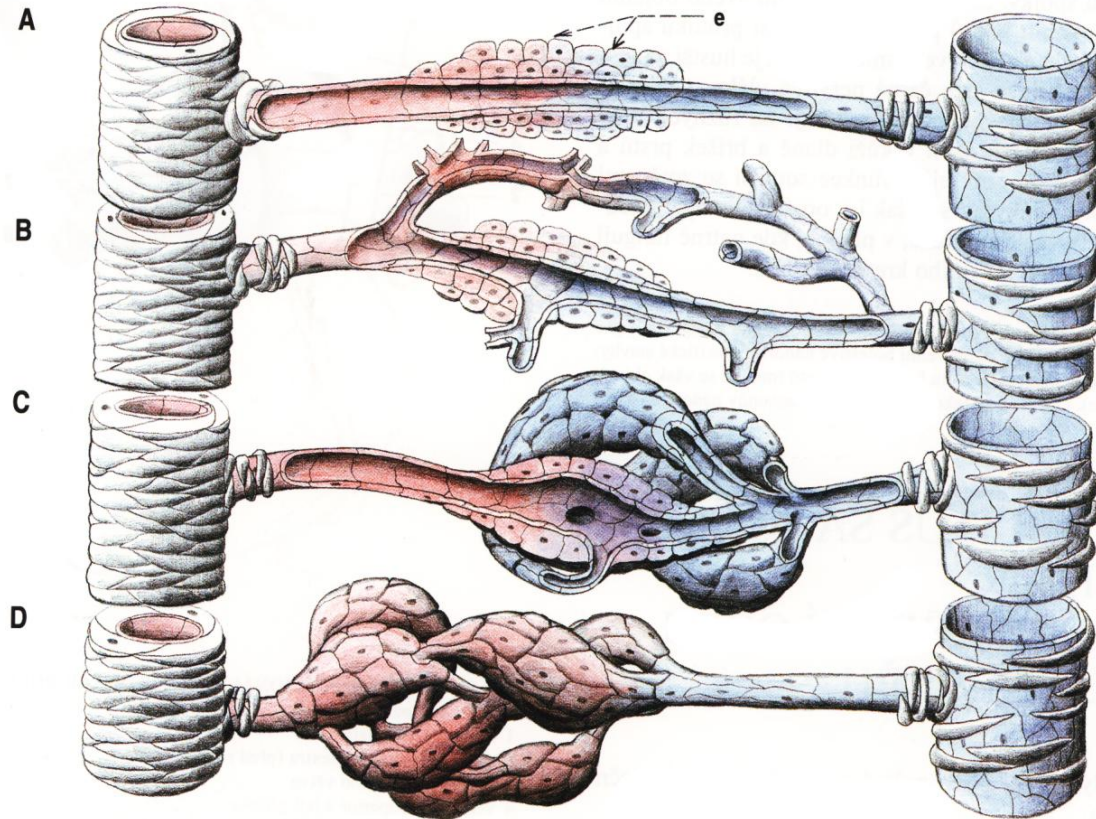


# Cévní řečiště





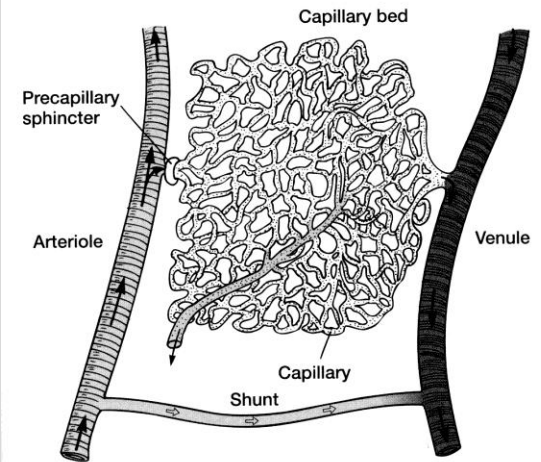
# Arteriovenosní anastomozy



Obr. 63. TYPY ARTERIOVENOSNÍCH ANASTOMOS

A jednoduchá anastomosa typu arteriovenosního můstku, se svalovými a epitheloidními buňkami regulujícími průtok  
 B arteriovenosní anastomosa typu klubička s postranními kapilárami

C anastomosa glomusového typu mezi arterií a venou  
 D anastomosa glomusového typu zařazená v prekapilární části spojení  
 e epitheloidní buňky

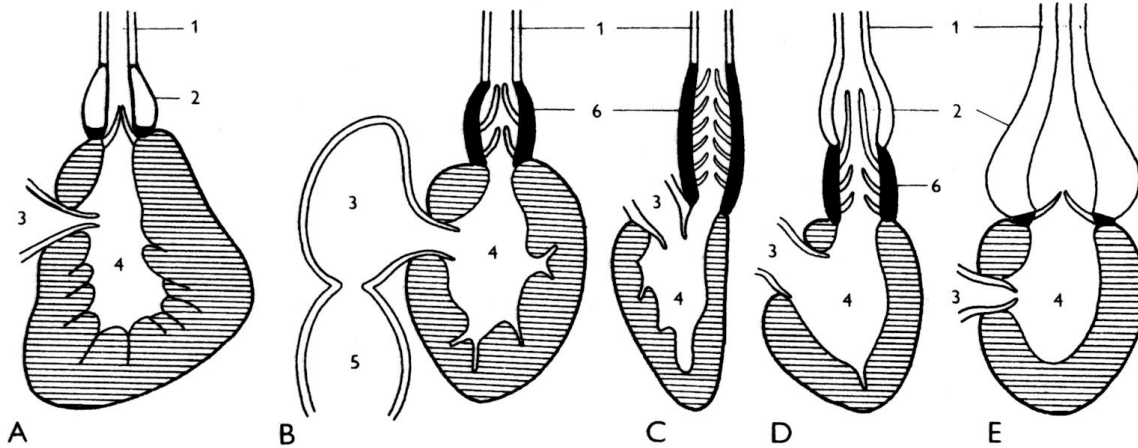


**FIGURE 12.4 Microcirculation.** The microcirculation includes the capillary beds as well as the arterioles supplying and venules draining them. The usual flow of blood to, through, and from a capillary bed is diagrammed (solid arrows). Smooth muscles of the walls of the arterioles form small bands, the precapillary sphincters, that control blood flow to the capillary bed. A direct shunt running from the arterial to the venous side of circulation allows for major diversions of blood (open arrows).

**sítnice, ledvina, slezina –  
 tzv. konečné tepny (chybí  
 anastomozy)**

**srdce a mozek – funkčně  
 nedostatečné anastomozy**

# Srdce (cor)



**Žilný splav (sinus venosus) – tenkostěný, hladká svalovina**

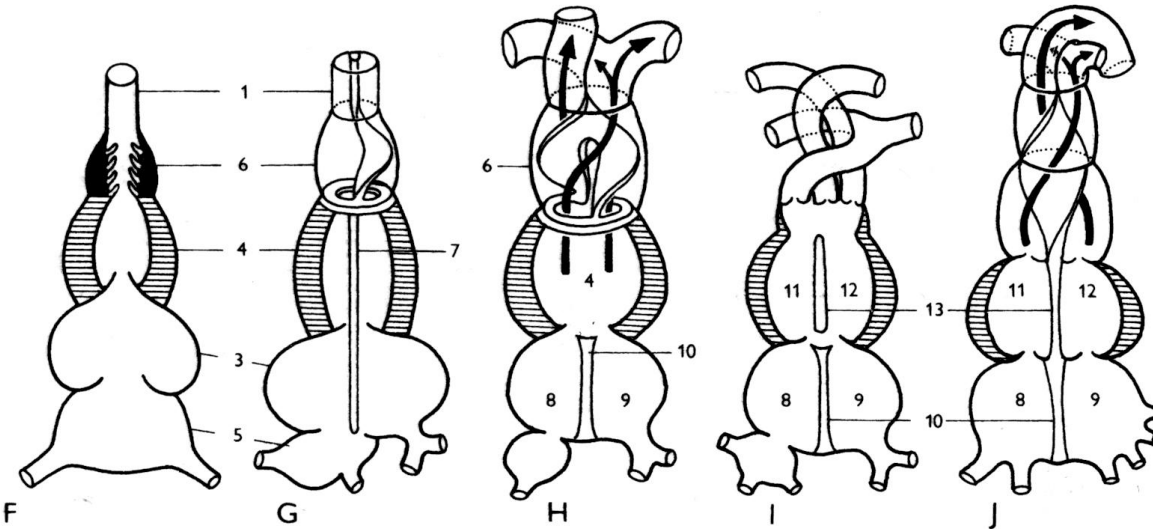
**Předsíň (atrium cordis)**

**Komora (ventriculus cordis)**

**Srdeční násadec (conus arteriosus), srdeční svalovina, má chlopně a tepe**

**Tepenný násadec (bulbus arteriosus), hladká svalovina, nemá chlopně a netepe, elastické vlastnosti**

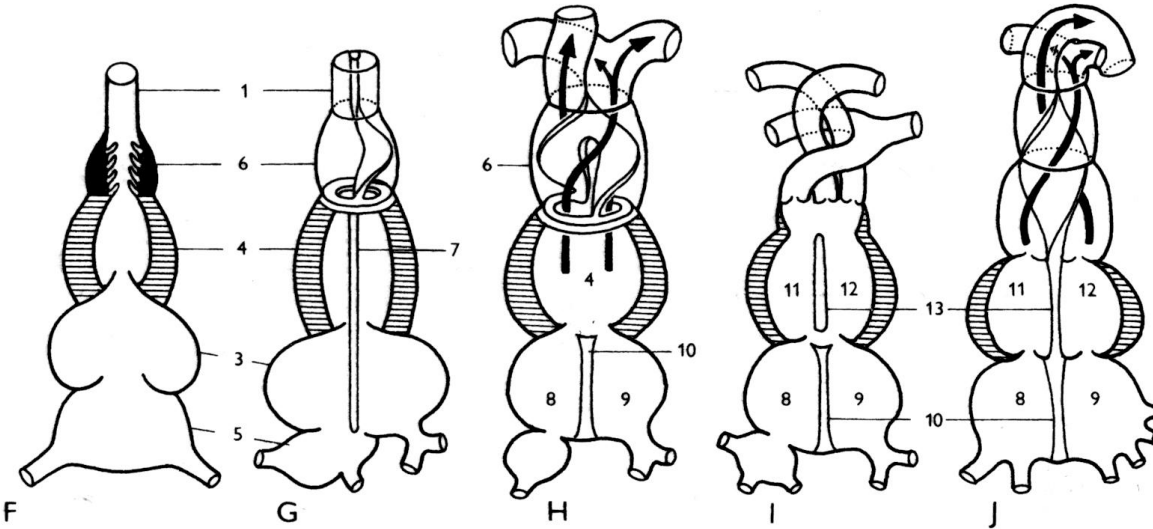
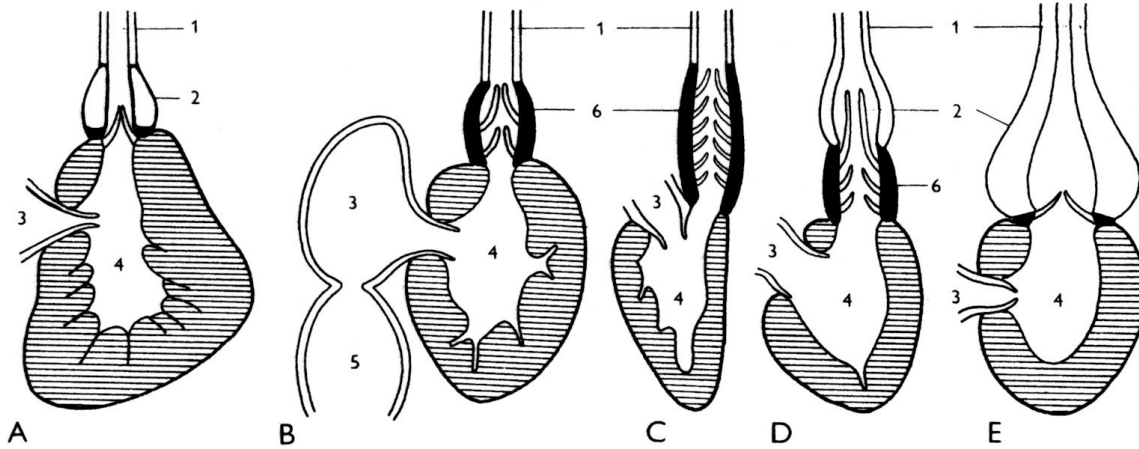
**Tepenný kmen (truncus arteriosus, počáteční úsek aorty, hladká svalovina, netepe)**



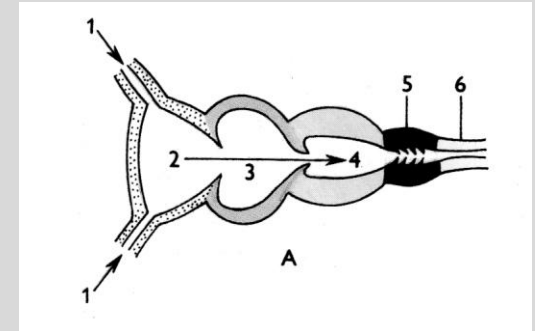
**Obr. 43** Schéma hlavních typů srdce obratlovců. V horní řadě srdce obratlovců dýchajících žábami; žilný splav a předsíň jsou u typů A, C, D, E vypuštěny. V dolní řadě vývoj přepážek v souvislosti s plicním dýcháním a torze tepen (aort a plicních tepen, srv. obr. 45 a 46) vystupujících ze srdce. Jednotlivé srdeční oddíly jsou bez ohledu na skutečnou polohu sestaveny za sebou, stěny komory jsou vždy šrafovány, srdeční násadec nebo jeho zbytky jsou vyznačeny černě. A – mihule (rod *Petromyzon*), B – pařby (*Scyliorhinus*), C – kostlín (*Lepisosteus*), D – kaprouni (*Amia*), E – kostnaté ryby (Teleostei), F – paprskoploutvé ryby (hypotetický výchozí stav), G – dvojdyšní (Dipnoi), H – obojživelníci (Amphibia), I – plazi (Reptilia), J – savci (Mammalia). 1 – *truncus arteriosus*, 2 – *bulbus arteriosus*, 3 – předsíň (*atrium cordis*), 4 – komora (*ventriculus cordis*), 5 – *sinus venosus*, 6 – *conus arteriosus*, 7 – podélná srdeční řasa, 8 – pravá a 9 – levá předsíň, 10 – předsíňová přepážka, 11 – pravá a 12 – levá komora, 13 – komorová přepážka (u savců a ptáků 10 + 13 = srdeční přepážka).



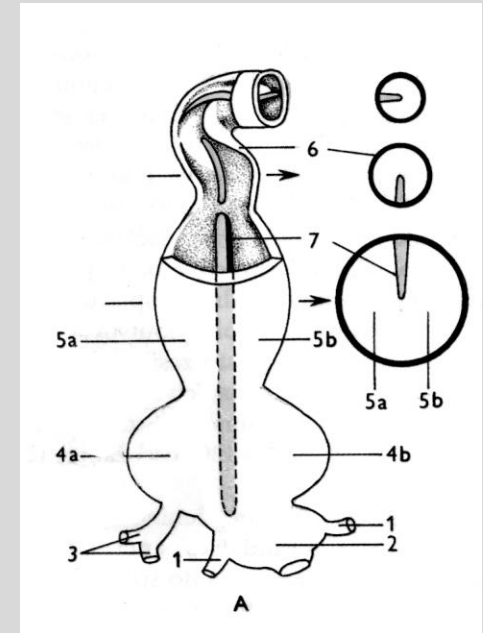
# Srdce (cor)



**Obr. 43** Schéma hlavních typů srdce obratlovců. V horní řadě srdce obratlovců dýchajících žabrami; žilný splav a předsíň jsou u typů A, C, D, E vypuštěny. V dolní řadě vývoj přepážek v souvislosti s plicním dýcháním a torze tepen (aort a plicních tepen, srv. obr. 45 a 46) vystupujících ze srdce. Jednotlivé srdeční oddíly jsou bez ohledu na skutečnou polohu sestaveny za sebou, stěny komory jsou vždy šrafovány, srdeční násadec nebo jeho zbytky jsou vyznačeny černě. A – mihule (rod *Petromyzon*), B – pařasy (*Scyliorhinus*), C – kostlín (*Lepisosteus*), D – kaprouni (*Amia*), E – kostnaté ryby (Teleostei), F – paprskoploutvé ryby (hypotetický výchozí stav), G – dvojdyšní (Dipnoi), H – obojživelníci (Amphibia), I – plazi (Reptilia), J – savci (Mammalia). 1 – *truncus arteriosus*, 2 – *bulbus arteriosus*, 3 – předsíň (*atrium cordis*), 4 – komora (*ventriculus cordis*), 5 – *sinus venosus*, 6 – *conus arteriosus*, 7 – podélná srdeční řasa, 8 – pravá a 9 – levá předsíň, 10 – předsíňová přepážka, 11 – pravá a 12 – levá komora, 13 – komorová přepážka (u savců a ptáků 10 + 13 = srdeční přepážka).

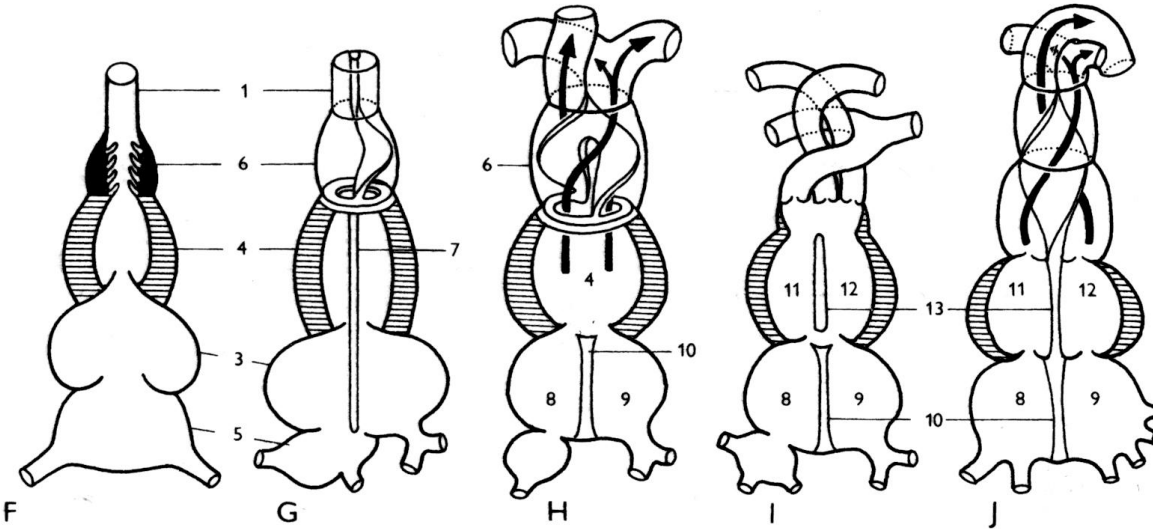
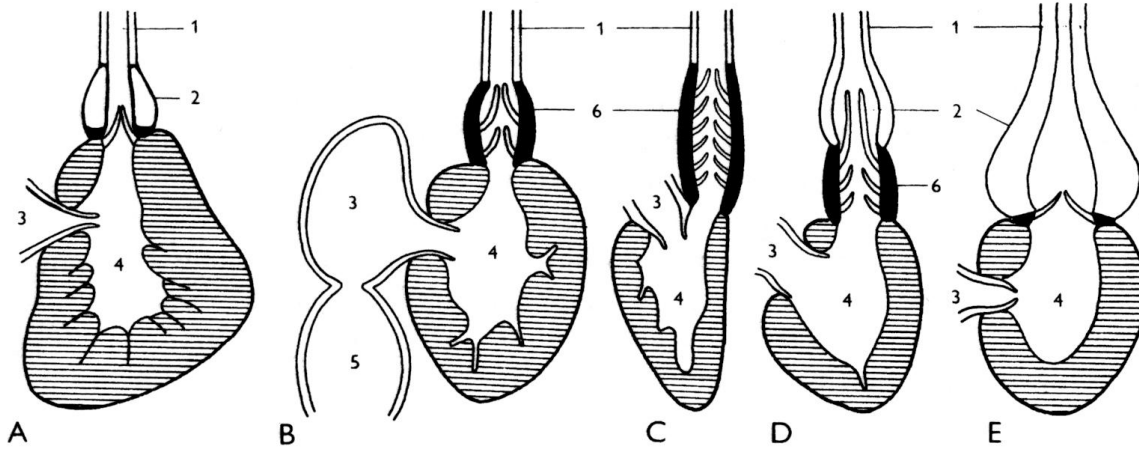


**Larva mihule**

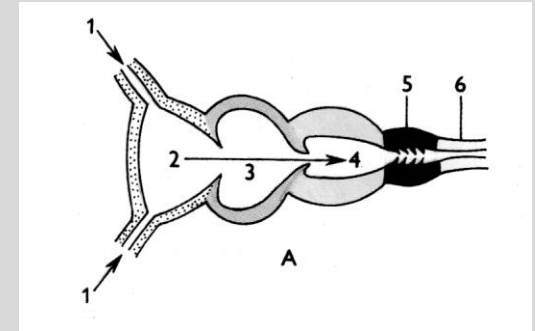


**Bahník rodu *Neoceratodus***

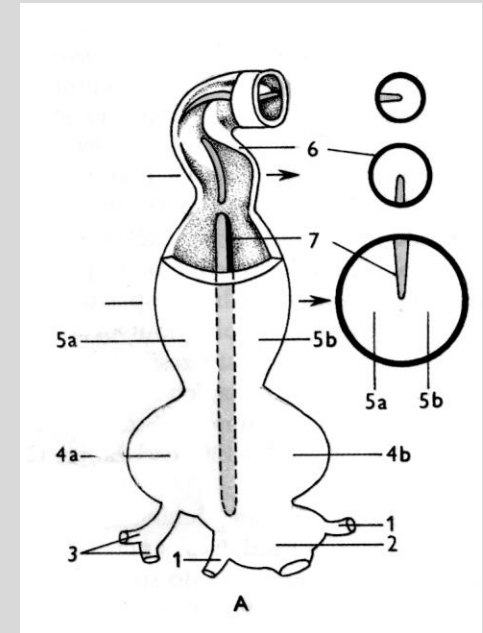
# Srdce (cor)



**Obr. 43** Schéma hlavních typů srdce obratlovců. V horní řadě srdce obratlovců dýchajících žabrami; žilný splav a předsíň jsou u typů A, C, D, E vypuštěny. V dolní řadě vývoj přepážek v souvislosti s plicním dýcháním a torze tepen (aort a plicních tepen, srv. obr. 45 a 46) vystupujících ze srdce. Jednotlivé srdeční oddíly jsou bez ohledu na skutečnou polohu sestaveny za sebou, stěny komory jsou vždy šrafovány, srdeční násadec nebo jeho zbytky jsou vyznačeny černě. A – mihule (rod *Petromyzon*), B – pařasy (*Scyliorhinus*), C – kostlín (*Lepisosteus*), D – kaprouni (*Amia*), E – kostnaté ryby (Teleostei), F – paprskoploutvé ryby (hypotetický výchozí stav), G – dvojdyšní (Dipnoi), H – obojživelníci (Amphibia), I – plazi (Reptilia), J – savci (Mammalia). 1 – *truncus arteriosus*, 2 – *bulbus arteriosus*, 3 – předsíň (*atrium cordis*), 4 – komora (*ventriculus cordis*), 5 – *sinus venosus*, 6 – *conus arteriosus*, 7 – podélná srdeční řasa, 8 – pravá a 9 – levá předsíň, 10 – předsíňová přepážka, 11 – pravá a 12 – levá komora, 13 – komorová přepážka (u savců a ptáků 10 + 13 = srdeční přepážka).

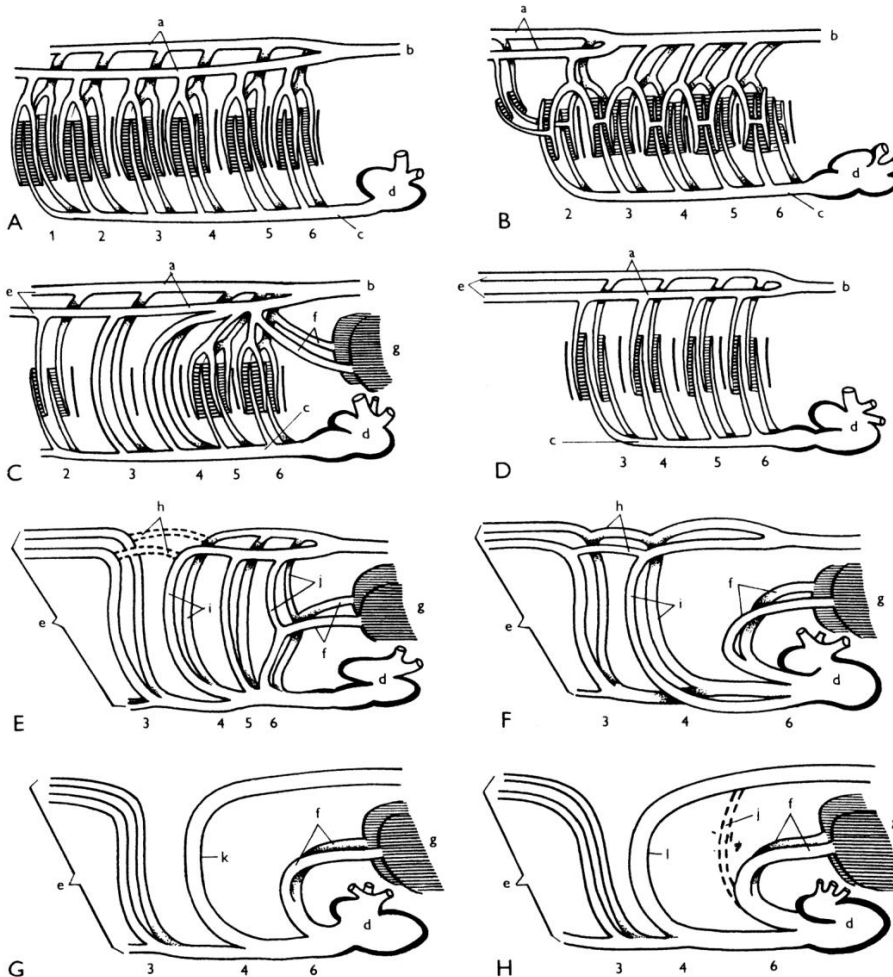


**Larva mihule**



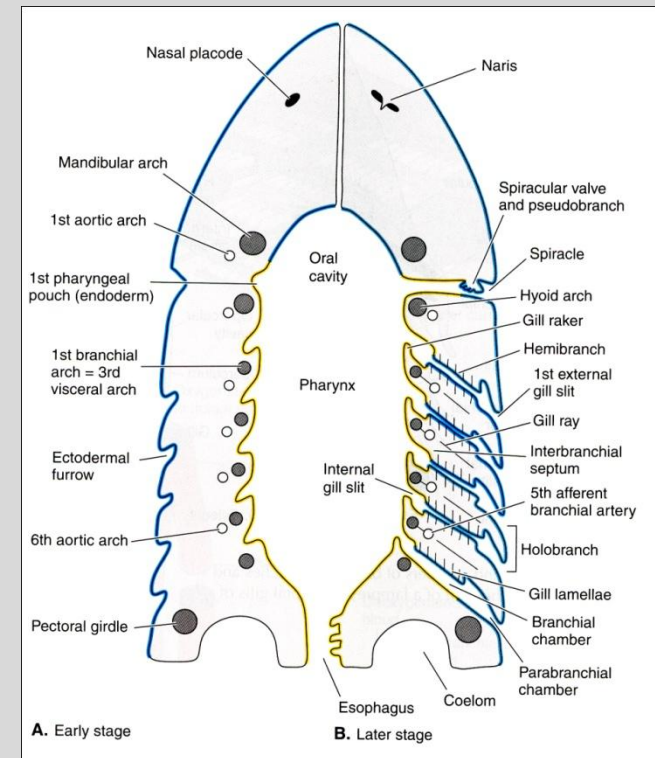
**Bahník rodu *Neoceratodus***

# Evoluce tepenného systému



**Obr. 45** Systém tepen čelistnatců (Gnathostomata) při bočním pohledu. A – hypotetický výchozí stav (doložený u embryí), B – paryby (Chondrichthyes), C – dvojdyšní (Dipnoi), D – kostnatí (Teleostei), E – ocasatí obojživelníci (Caudata), F – šupinatí plazi (Squamata, Lepidosauria), G – ptáci (Aves), H – savci (Mammalia). Žaberní tepny (oblouky aorty) a jejich deriváty jsou číslovány 1 až 6; a – kořeny hřbetní aorty, b – hřbetní a c – břišní aorta, d – srdce, e – krkavice, f – plicní tepny, g – plíce, h – *ductus caroticus*, i – dvě aorty obojživelníků a plazů, j – *ductus arteriosus*, k – pravá aorta ptáků, l – levá aorta savců. Žíly vstupující do srdce nejsou označeny.

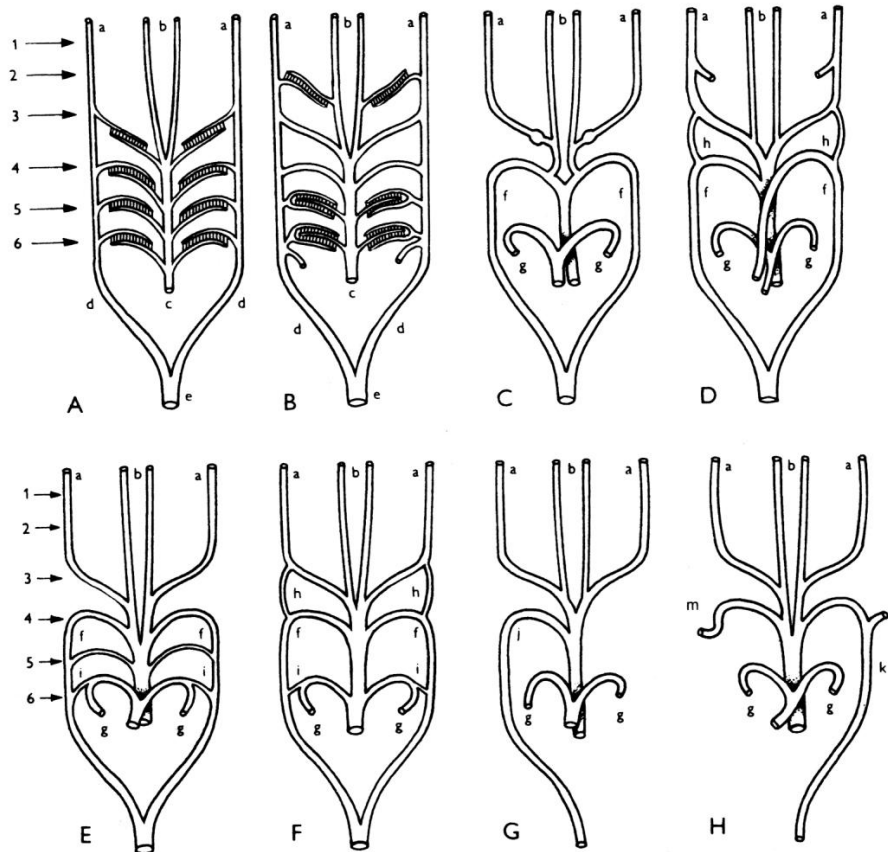
## Mihule, sliznatky – 7-15 párů žaberních tepen



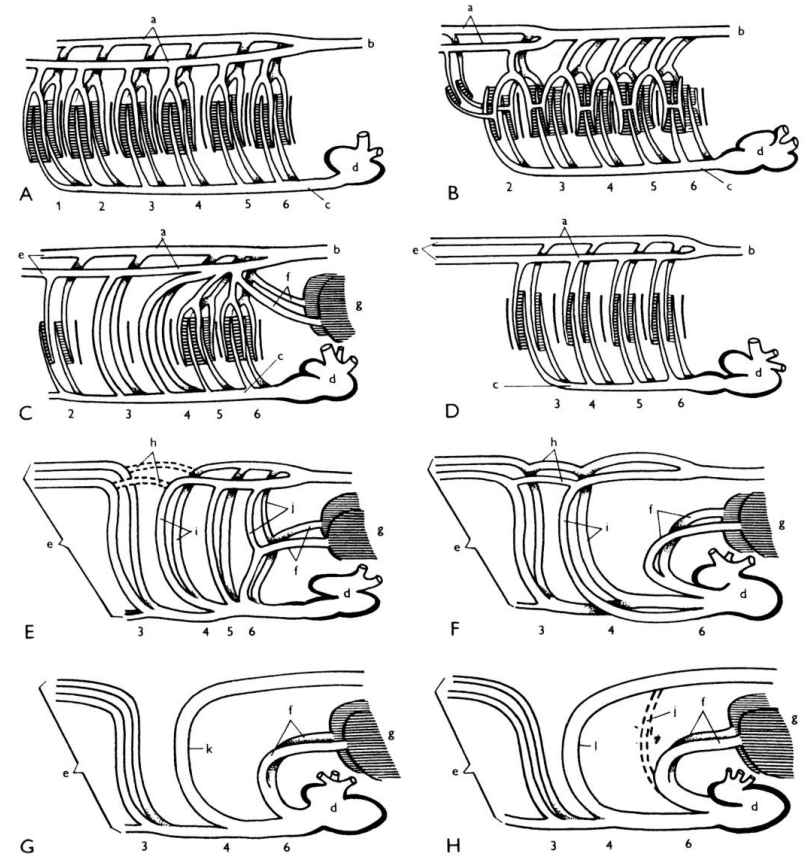
**A.** Early stage

**B.** Later stage

# Evoluce tepenného systému



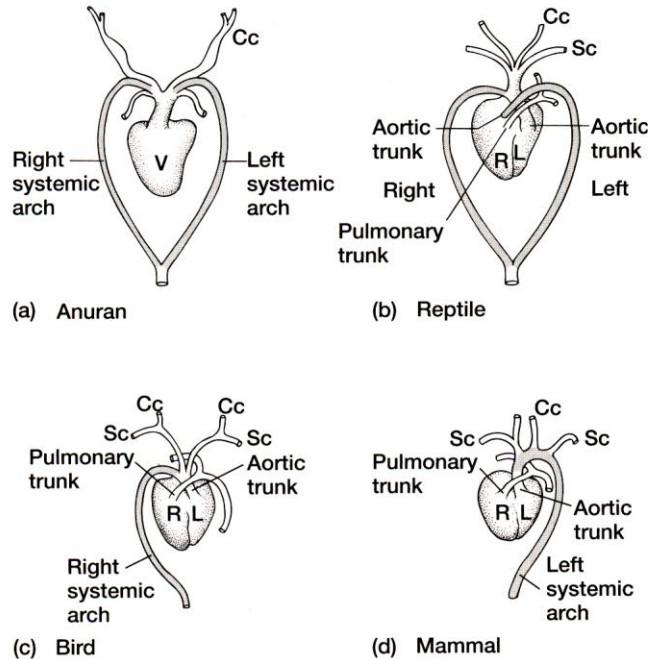
**Obr. 46** Systém tepen čelistnatců (Gnathostomata) při pohledu z břišní strany. A – kostnaté ryby (Teleostei), B – dvojdyšní (Dipnoi), C – bezocasí obojživelníci (Anura), D – šupinatí plazi (Squamata), E – mloci (rod *Salamandra*), F – čolci (*Triturus*), G – ptáci (Aves), H – savci (Mammalia). 1 až 6 – žaberní tepny (oblouky aorty) jako na obr. 45, a – vnitřní a b – vnější krkavice, c – *truncus arteriosus* a břišní aorta, d – kořeny hřbetní aorty, e – hřbetní aorta, f – dvě aorty obojživelníků a plazů, g – plicní tepny, h – *ductus caroticus*, i – *ductus arteriosus*, j – pravá aorta ptáků, k – levá aorta savců, z níž vystupuje levá podklíčková tepna (l), m – pravá podklíčková tepna.



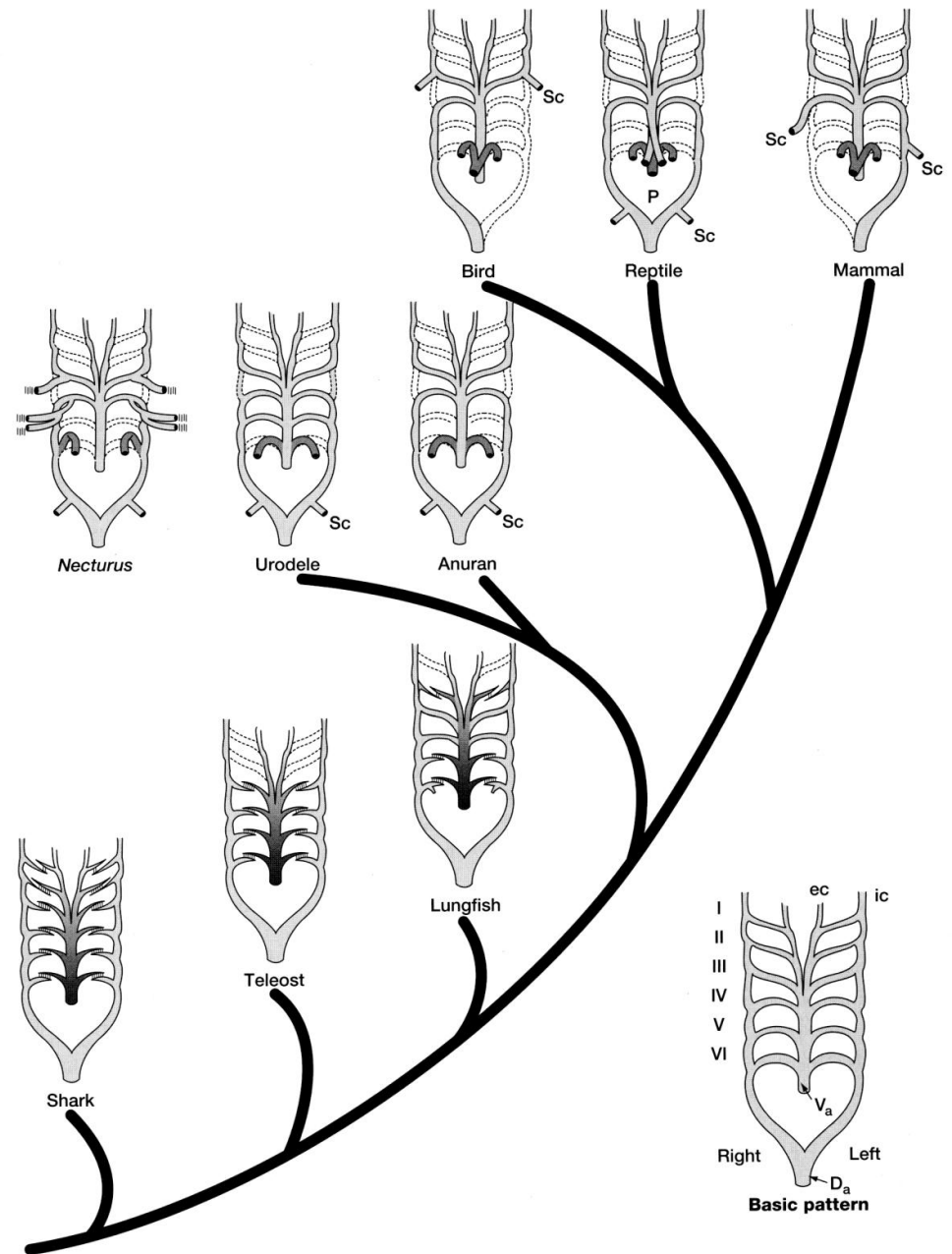
**Obr. 45** Systém tepen čelistnatců (Gnathostomata) při bočním pohledu. A – hypotetický výchozí stav (doložený u embryí), B – paryby (Chondrichthyes), C – dvojdyšní (Dipnoi), D – kostnatí (Teleostei), E – ocasatí obojživelníci (Caudata), F – šupinatí plazi (Squamata, Lepidosauria), G – ptáci (Aves), H – savci (Mammalia). Žaberní tepny (oblouky aorty) a jejich deriváty jsou číslovány 1 až 6; a – kořeny hřbetní aorty, b – hřbetní a c – břišní aorta, d – srdce, e – krkavice, f – plicní tepny, g – plíce, h – *ductus caroticus*, i – dvě aorty obojživelníků a plazů, j – *ductus arteriosus*, k – pravá aorta ptáků, l – levá aorta savců. Žíly vstupující do srdce nejsou označeny.



# Evoluce tepenného systému

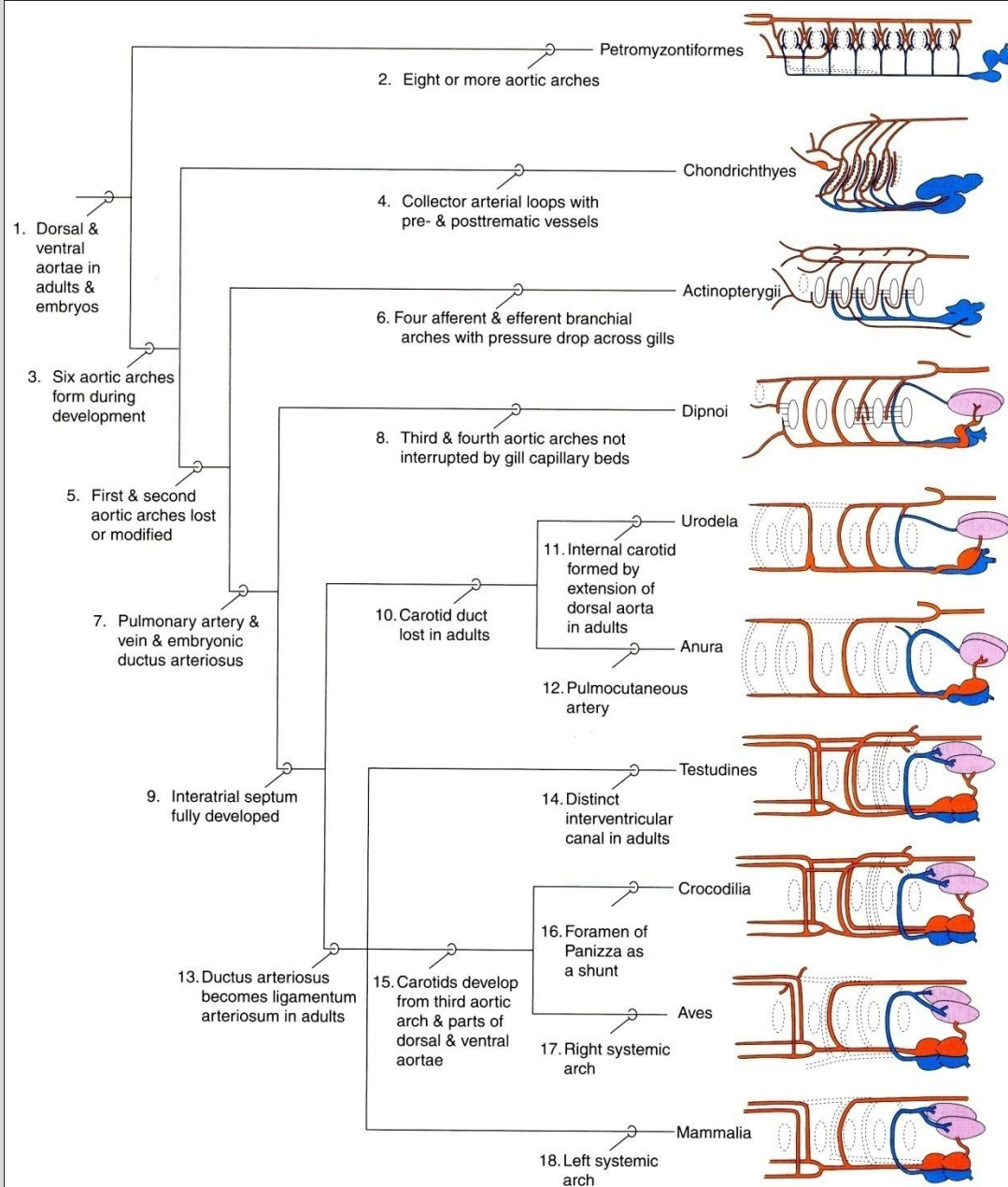


**FIGURE 12.20 Fate of the systemic arches in tetrapods (ventral views).** Systemic arches of both sides persist in the adult in anurans (a) and reptiles (b). The right systemic arch persists in birds (c), and the left in mammals (d). Abbreviations: common carotid (Cc), left ventricle (L), right ventricle (R), subclavian (Sc), ventricle (V).



**FIGURE 12.19 Evolution of aortic arches.** Viewed from the ventral surface, the basic six-arch pattern includes a ventral aorta, paired aortic arches, and paired dorsal aortae. Selective loss or modification of this underlying pattern produces the derived aortic pattern of adult vertebrates. Vertical lines on the aortic arches represent gills. Dashed vessels are lost from the basic pattern in the adult. Abbreviations: dorsal aorta (D<sub>a</sub>), external carotid (ec), internal carotid (ic), paired dorsal aorta (Pa), subclavian (Sc), ventral aorta (V<sub>a</sub>).

# Evoluce tepenného systému



**A.** The phylogenetic pattern of major evolutionary transformations of the great vessels and heart of the living vertebrates includes:

1. The presence of ventral and dorsal aortae in adults, embryos, or both
2. Eight or more aortic arches in lampreys and hagfishes
3. The presence of six aortic arches during development
4. Collector arterial loops with pretrematic and posttrematic vessels in Chondrichthyes
5. Loss or modification of first and second aortic arches
6. Four afferent and efferent branchial arches accompanied by a pressure decrease in actinopterygians
7. Differentiation of the pulmonary artery and vein and an embryonic ductus arteriosus
8. Third and fourth aortic arches not interrupted by gill capillary beds
9. Full development of interatrial septum
10. Loss of carotid duct in adult amphibians

11. Formation of internal carotid artery by forward extension of the dorsal aorta in adult urodeles

12. The pulmocutaneous artery in anurans

13. Change of the ductus arteriosus into a ligamentum arteriosum in adults

14. A distinct interventricular canal in the adult reptilian heart

15. The carotid arteries developed from the third aortic arch and from parts of the dorsal and ventral aorta in crocodiles and birds

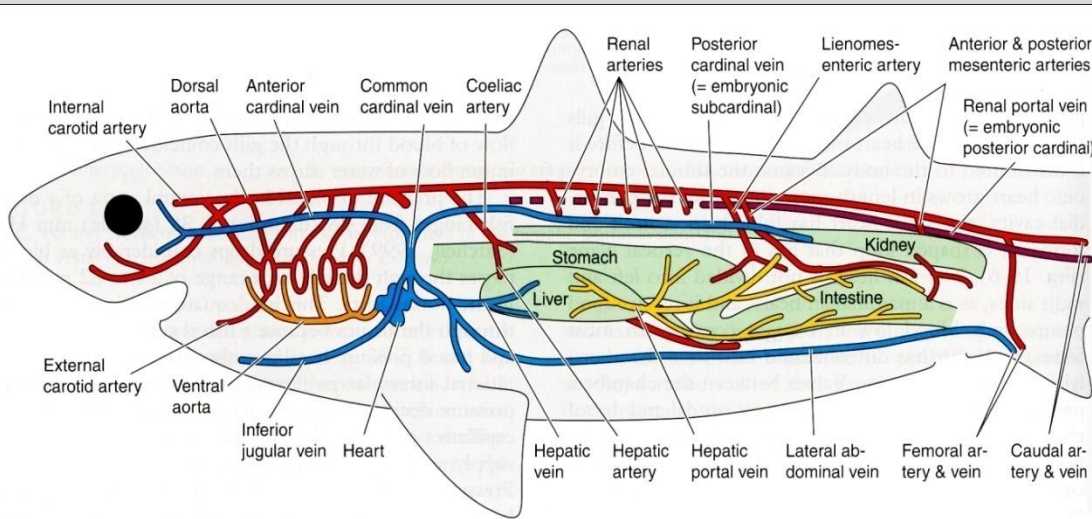
16. A foramen of Panizza as a shunt in crocodiles

17. A right systemic arch in birds

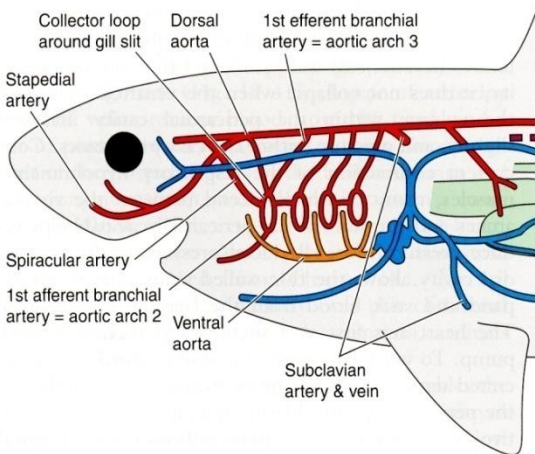
18. A left systemic arch in mammals



# Paryby



Major arteries and veins of an elasmobranch



Details of vessels in the head and pharyngeal region

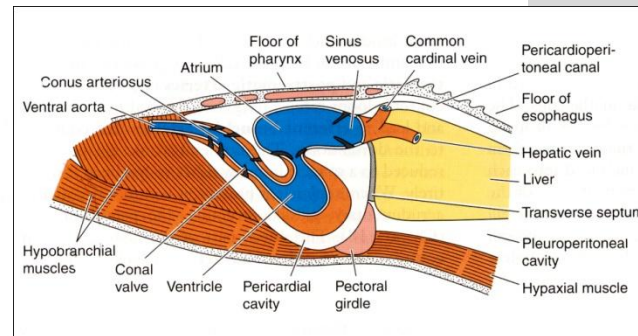
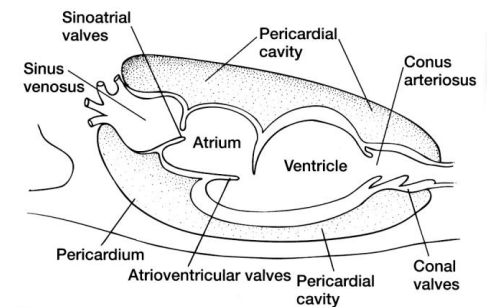


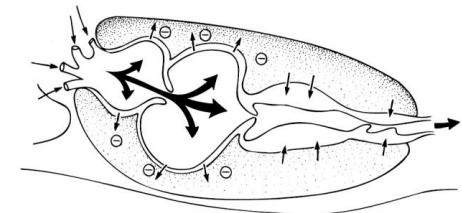
FIGURE 19-7

Lateral view of the major arteries and veins of an elasmobranch. Intersegmental vessels are not shown except for the subclavian and iliac vessels, which supply the paired fins. The dashed blue line above the kidney indicates the portion of the embryonic posterior cardinal that atrophies. This portion is replaced functionally by a subcardinal vein, located ventral to the kidney, which becomes a part of the adult posterior cardinal vein.

**Tlak krve:**  
**ventrální aorta 28-38 mm Hg**  
**dorzální aorta 24-32 mm Hg**  
**velké žíly v okolí sinus venosus 0,4-0,1 mm Hg**



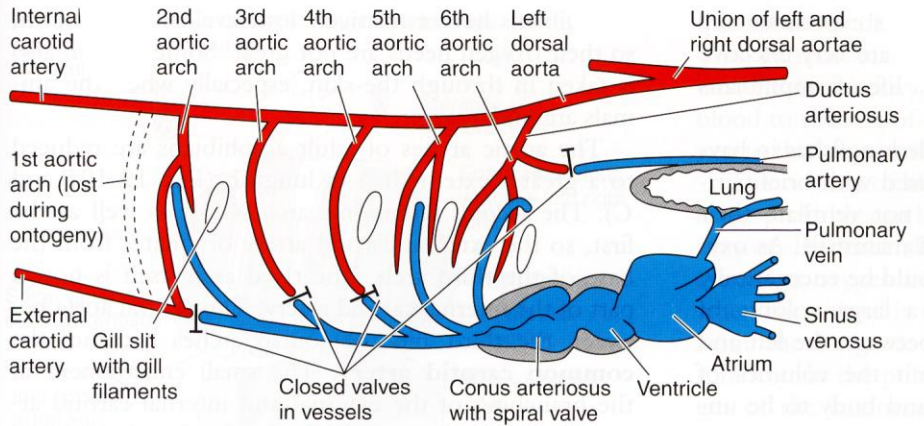
(a)



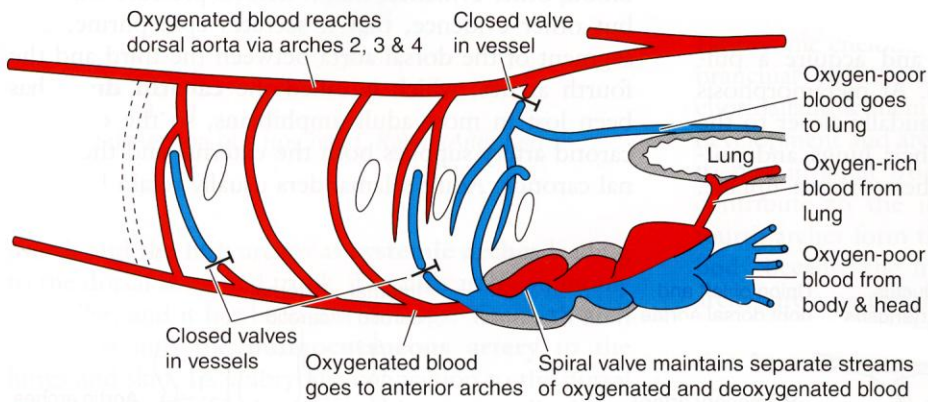
(b)

**FIGURE 12.24 Basic heart structure and aspiration filling.** (a) The four chambers of the fish heart are enclosed within the pericardial cavity. One-way valves between each chamber prevent reverse flow of blood as successive chambers contract. (b) When the ventricle contracts, the volume occupied by the ventricle within the pericardial cavity is momentarily reduced (this is exaggerated in the diagram). Reduced ventricular volume creates a negative pressure around the other chambers. Because the walls of the sinus venosus and atrium are thin, this low surrounding pressure causes them to expand, creating within their lumina a negative pressure that sucks in or aspirates blood from the returning veins.

# Dvojdyšné ryby (Dipnoi)



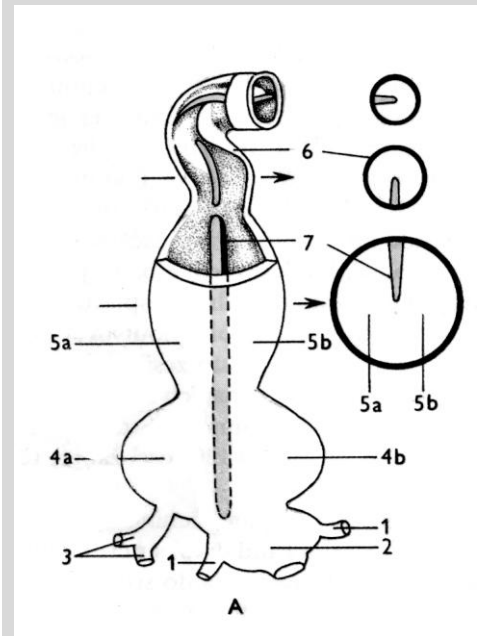
A. Aquatic breathing mode



B. Aerial breathing mode

FIGURE 19-9

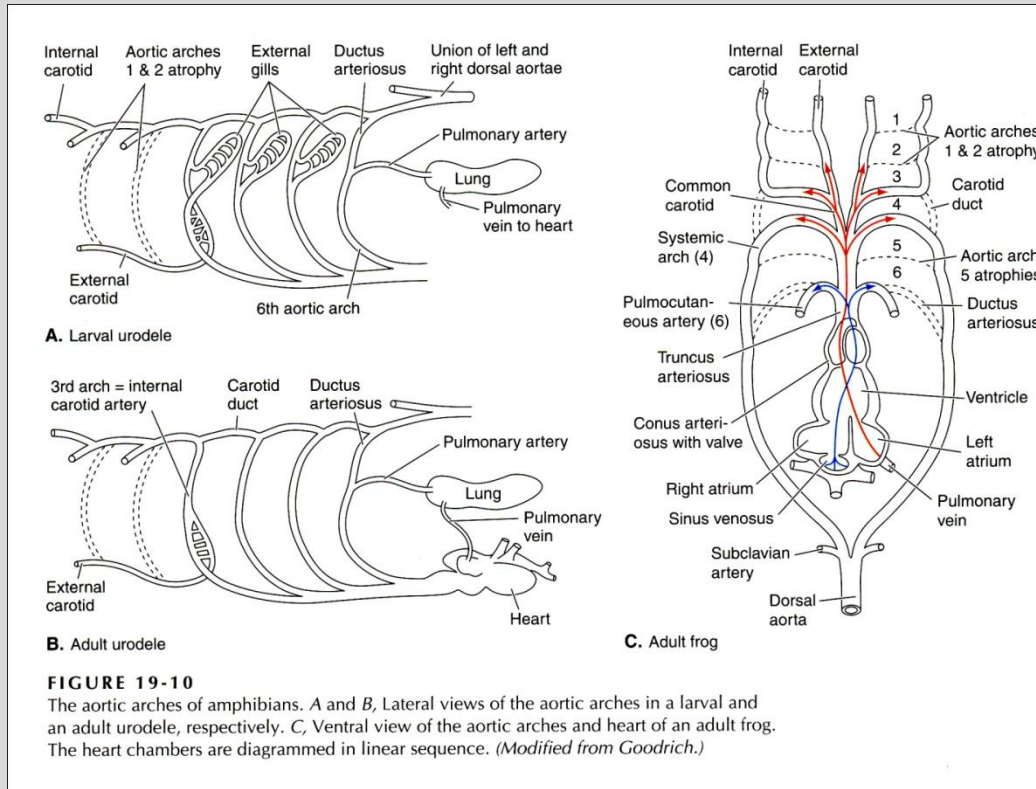
Lateral views of the aortic arches of the African lungfish, *Protopterus*. The attached heart is diagrammed in a ventral view, with its chambers shown in linear sequence. A, The pattern of circulation when the fish relies on gill irrigation in highly oxygenated water. B, The pattern when the fish uses its lungs exclusively for air breathing. Derivatives of the embryonic aortic arches are indicated by Arabic numerals.



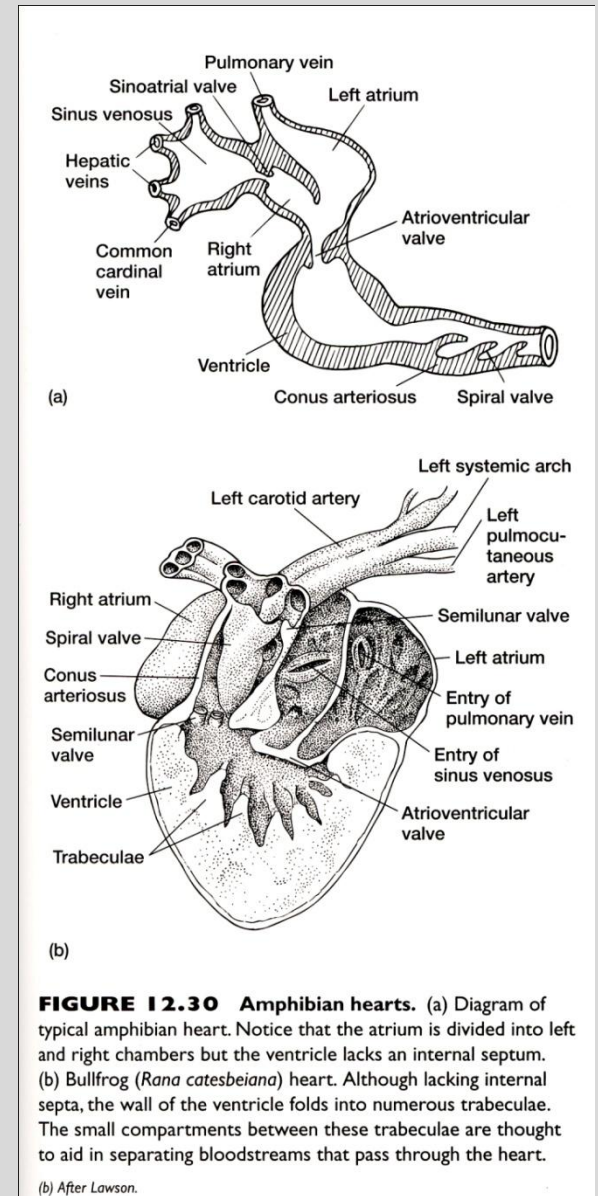
Bahník rodu *Neoceratodus*



# Oboživeľníci (Amphibia)

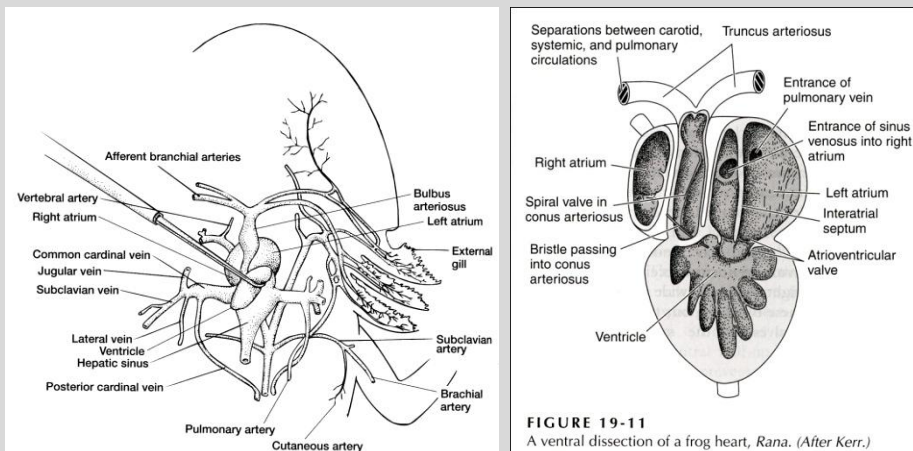


**FIGURE 19-10** The aortic arches of amphibians. A and B, Lateral views of the aortic arches in a larval and an adult urodele, respectively. C, Ventral view of the aortic arches and heart of an adult frog. The heart chambers are diagrammed in linear sequence. (Modified from Goodrich.)



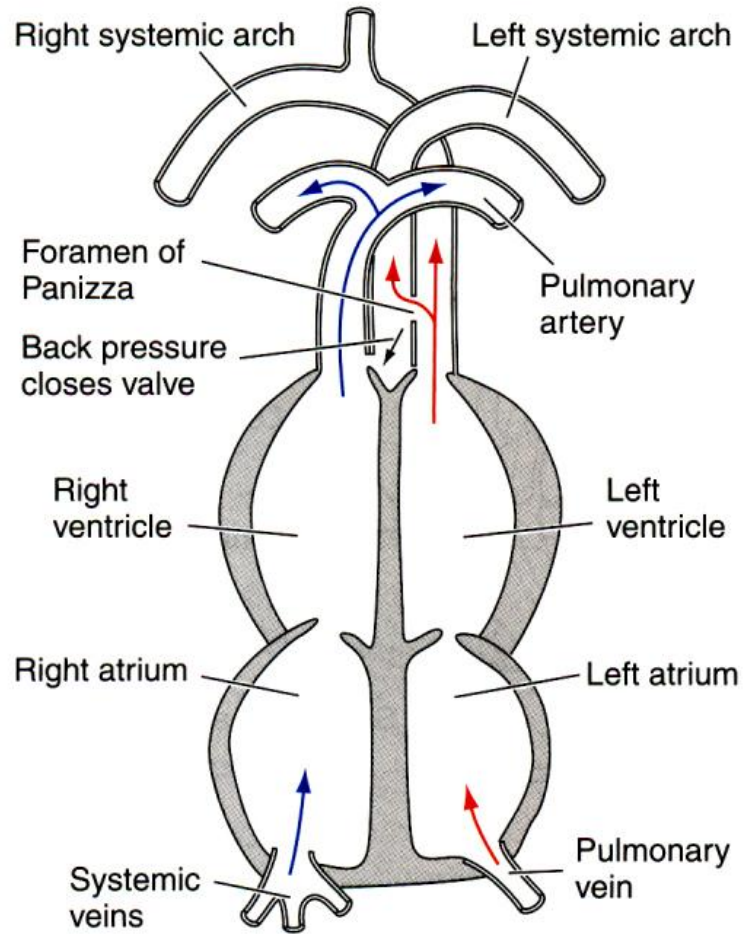
**FIGURE 12.30 Amphibian hearts.** (a) Diagram of typical amphibian heart. Notice that the atrium is divided into left and right chambers but the ventricle lacks an internal septum. (b) Bullfrog (*Rana catesbeiana*) heart. Although lacking internal septa, the wall of the ventricle folds into numerous trabeculae. The small compartments between these trabeculae are thought to aid in separating bloodstreams that pass through the heart.

(b) After Lawson.



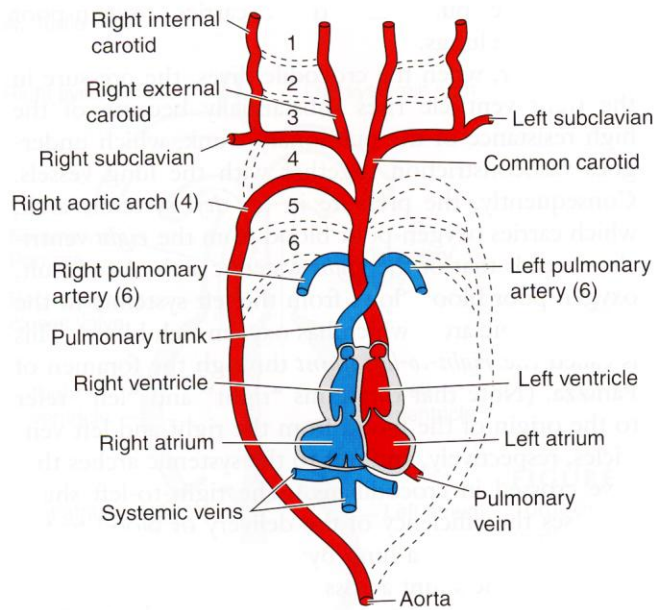
**FIGURE 19-11** A ventral dissection of a frog heart, *Rana*. (After Kerr.)

# Srdce krokodýlů

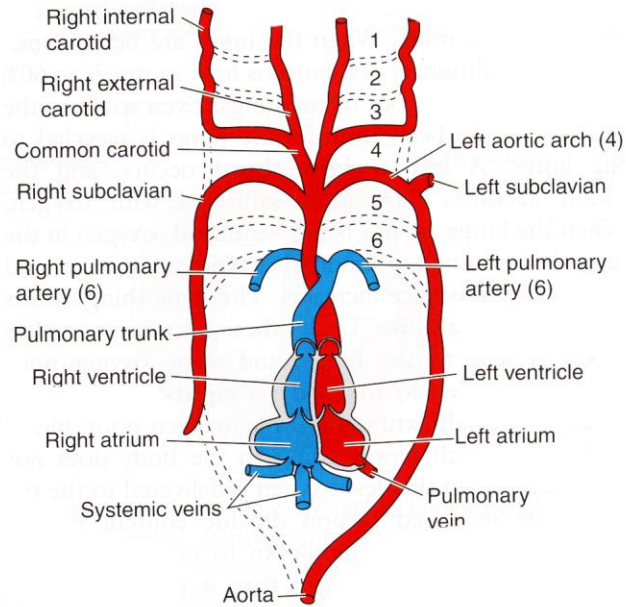


**B.** Crocodilian heart

# Ptáci a savci



A. Bird



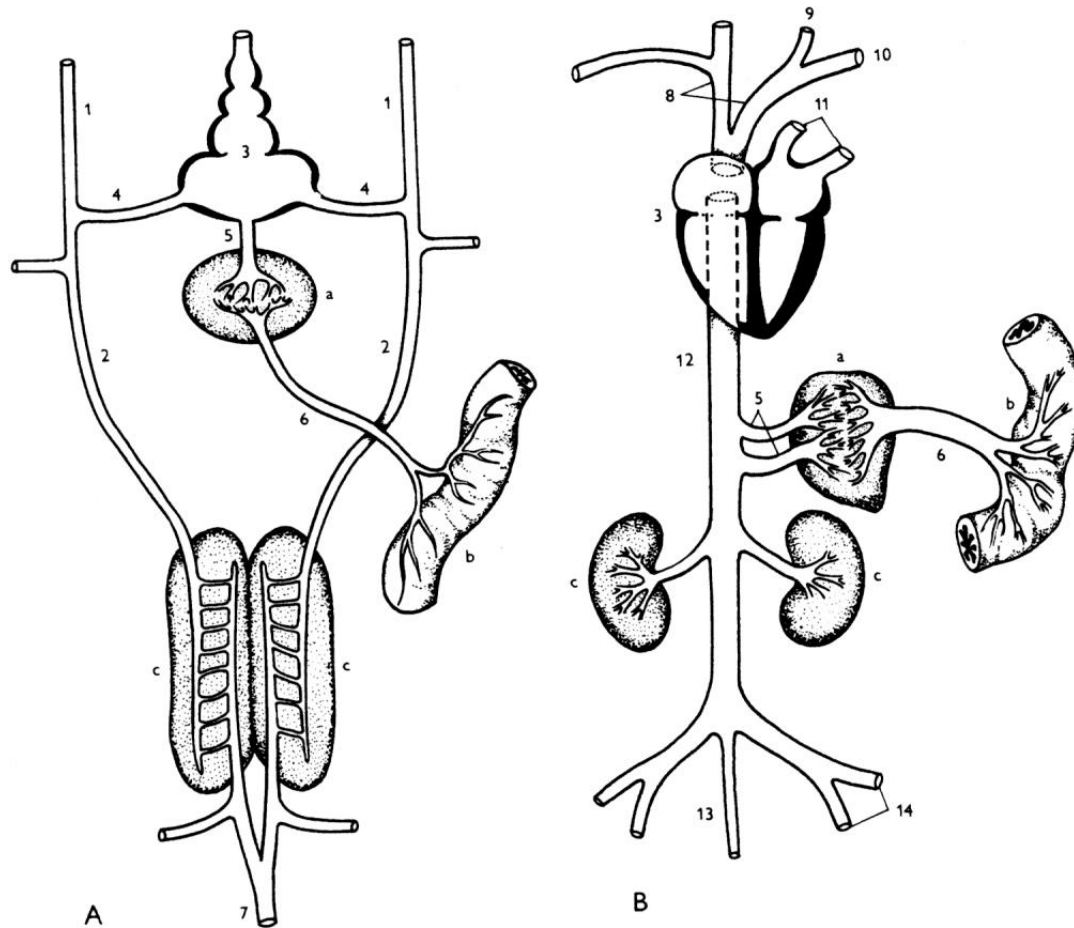
B. Mammal

**FIGURE 19-14**

A ventral view of the heart and aortic arches of a bird (A) and a mammal (B). (After Goodrich.)



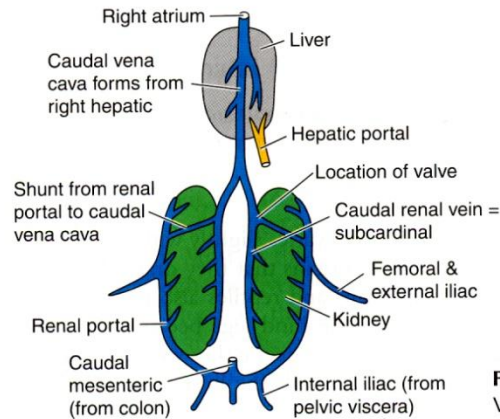
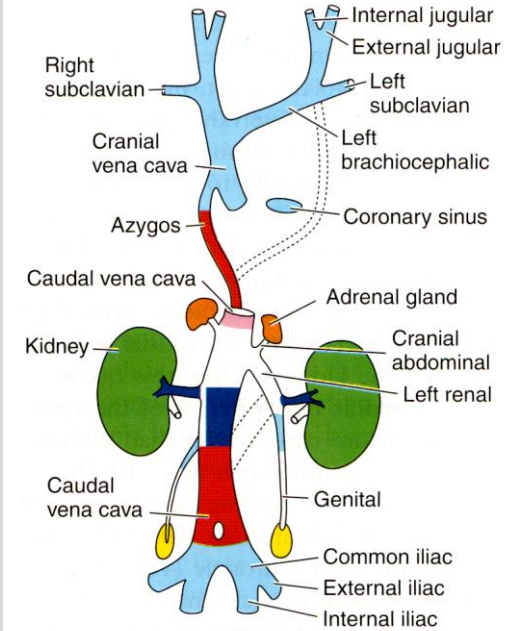
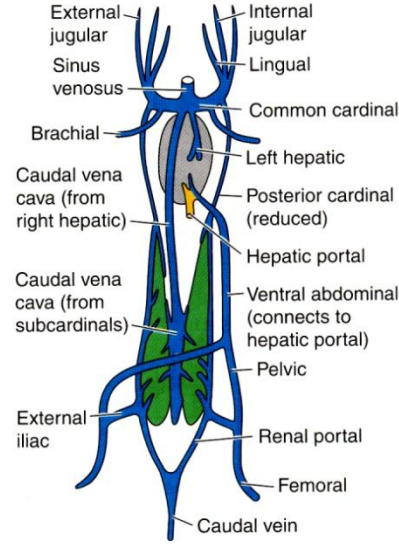
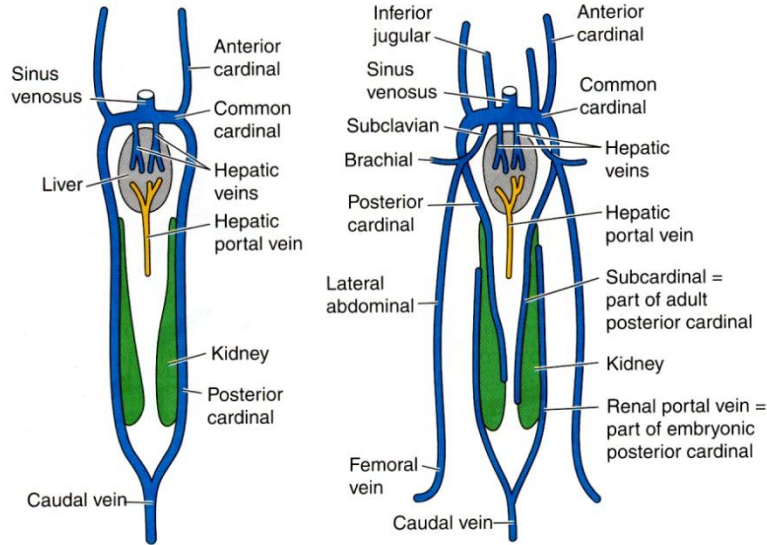
# System žil anamnia vs. amniota



**Obr. 47** Schéma systému žil. A – bezblanní, B – blanatí (Amniota, Mammalia). 1 – přední a 2 – zadní kardinální žíly, 3 – srdce, 4 – Cuvierovy žíly, 5 – jaterní žíla nebo žíly, 6 – vratnicová žíla, 7 – ocasní žíla, 8 – přední duté žíly, 9 – jařmová žíla, 10 – podklíčková žíla, 11 – plicní žíly, 12 – zadní dutá žíla, 13 – křížová žíla, 14 – kyčelní žíly; a – játra, b – střevo, c – ledviny s příslušným krevním oběhem.



# Evoluce žilného systému

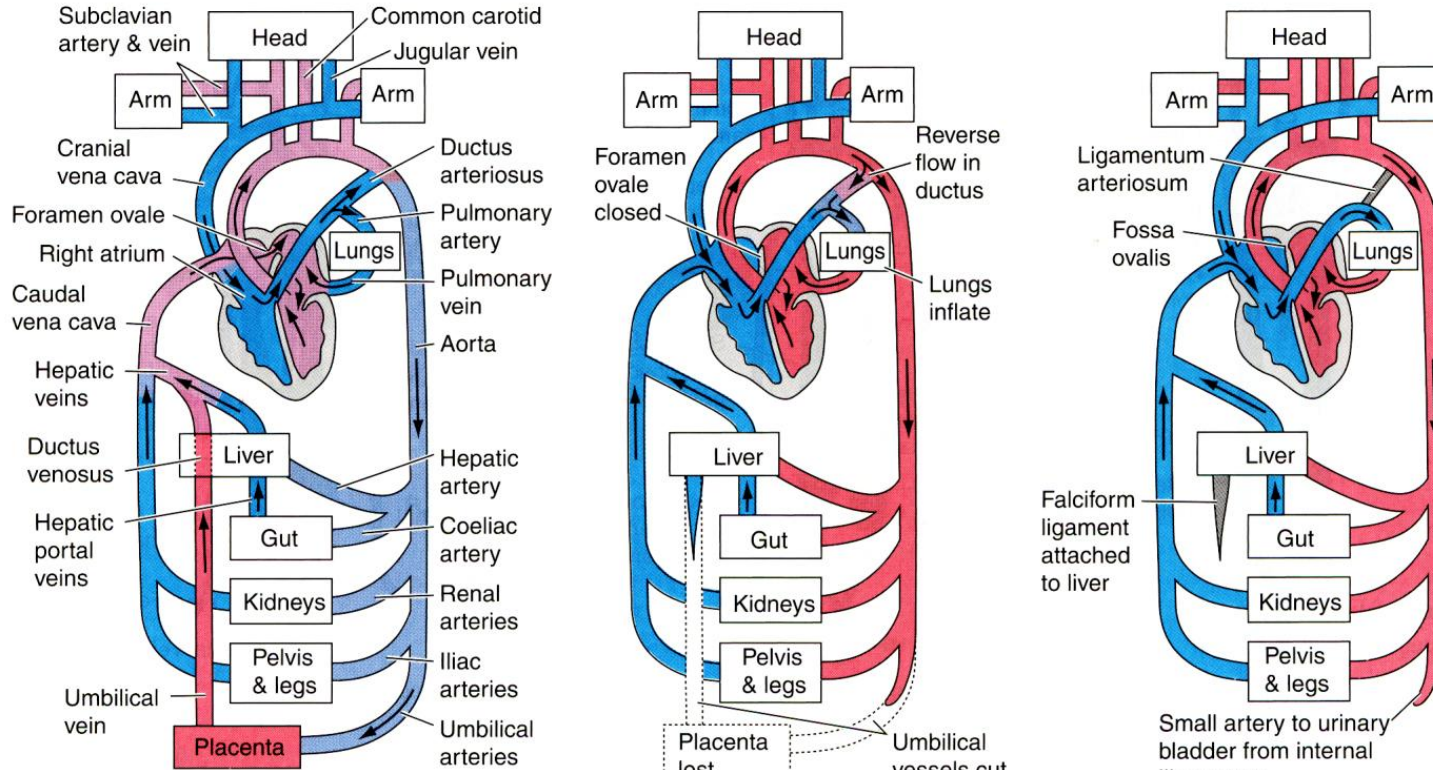


**FIGURE 19-17**

Ventral views showing important stages in the evolution of the venous system. *A*, A lamprey. *B*, An elasmobranch. *C*, A urodele. *D*, A bird. The reptile system is similar to that of a bird.

**Savec**

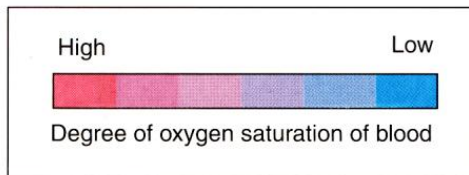
# Postnatální změny krevního oběhu savce



A. Fetal circulation

B. Neonatal circulation

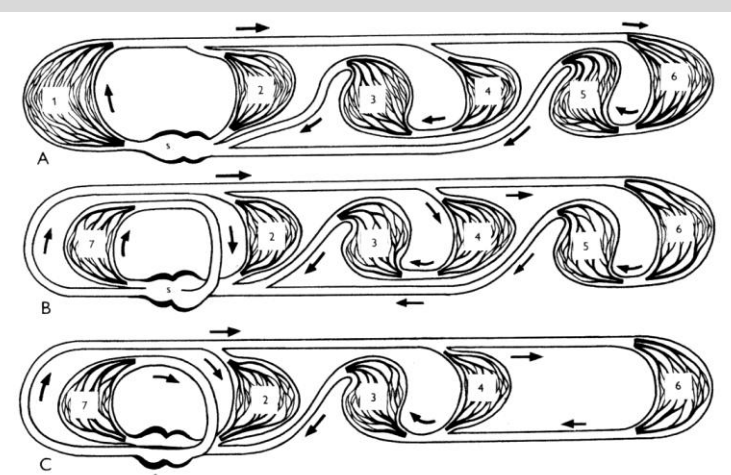
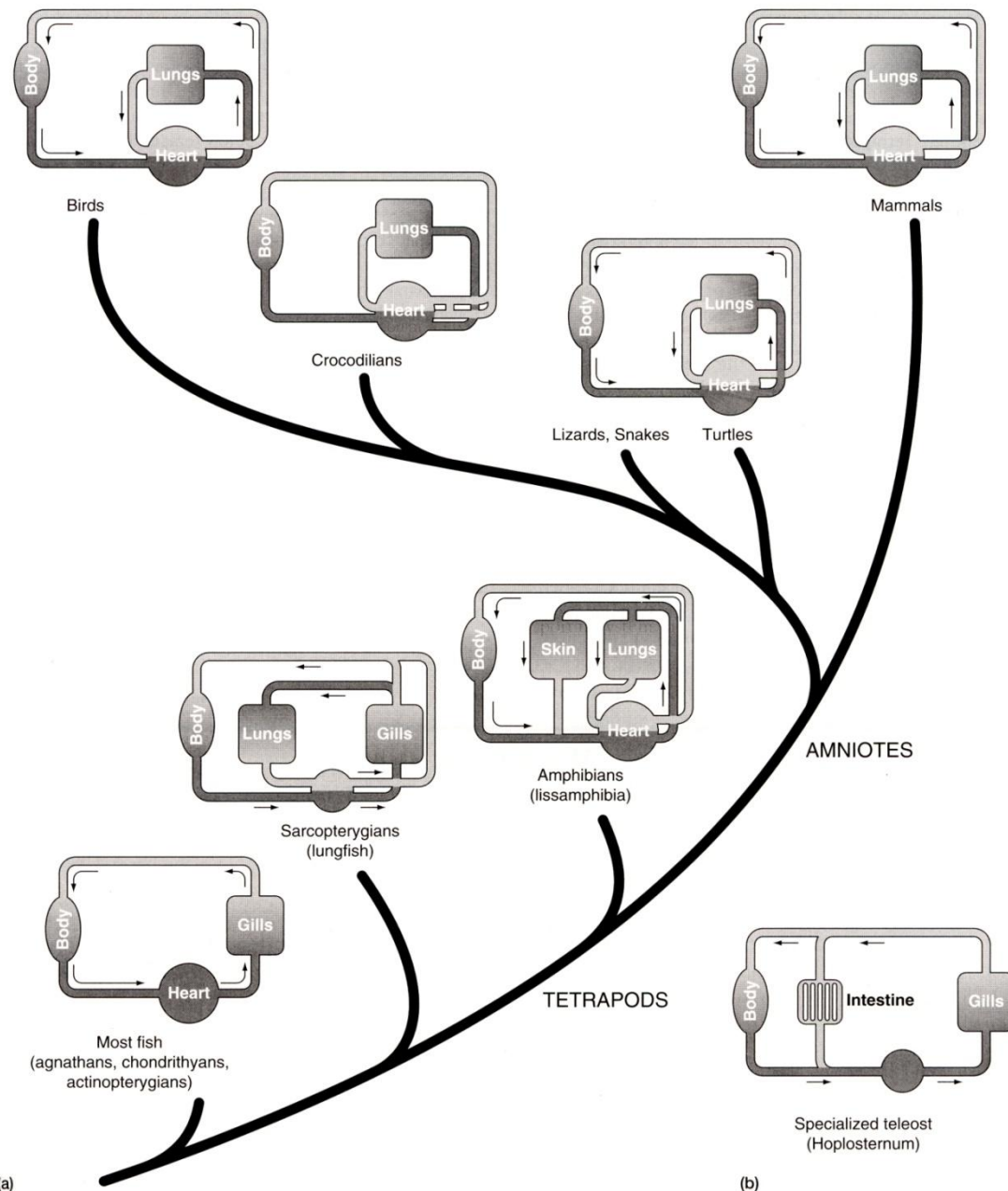
C. Adult circulation



**FIGURE 19-16**

A–C, Ventral views of the circulation in a fetal, neonatal, and adult mammal. Relative oxygen content of the blood in the vessels is shown by the color gradation. (Modified from Dorit et al.)

# Shrnutí: evoluce krevního oběhu obratlovců



**Obr. 44** Základní typy krevního oběhu obratlovců. A – vodní čelistnatci (Chondrichthyes, Osteognathostomata), B – dospělí obojživelníci (Amphibia), C – savci (Mammalia); typ C platí v podstatě pro všechny blanaté (Amniota) s tím, že u plazů a ptáků je ještě částečně zachován ledvinový vrátňkový oběh. Schematizované oddíly krevního oběhu: 1 – žaberní, 2 – v přední části těla, 3 – jaterní, 4 – střevní, 5 – ledvinový, 6 – v ocasní části těla (včetně zadních končetin u čtvernožců), 7 – plicní; s – srdce.

**FIGURE 12.52 Evolution of the circulatory system.** (a) The single circulation of most fishes gives rise independently to the double circulation in birds and mammals. (b) As a reminder, many specialized circulations have evolved, such as this intestine “breathing” fish, but without further phylogenetic diversification on such a theme.