

# System a evoluce obratlovců V.

## Evoluční morfologie lebečnatých (obratlovců)

- charakteristika
- vznik orgánů
- pokryv těla (integument)
- kostra (skelet)
- svalstvo
- nervová soustava
- smyslové orgány
- trávicí soustava
- dýchací soustava
- cévní soustava
- urogenitální soustava

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet)

1) chorda (entoblast)      2) chrupavka a kost (mezoblast, BNL)

CHORDA zachována primárně u: „Agnatha“, Placodermi, Acanthodii, Sarcopterygii  
sekundárně (pedomorfóza?) u: Acipenseriformes

CHORDA zaškrcována rozvojem těl obratlů: redukce až úplné vymizení:  
Chondrichthyes, Actinopterygii, Lissamphibia, Amniota („Reptilia“, Mammalia, Aves)

OSIFIKACE: • endesmální (desmogenní, dermální)

přeměna vaziva v kost  
(dermatoskelet z krycích kostí)

EXOSKELET

• enchondrální (chondrogenní)

náhrada chrupavky za kost  
(endoskelet z náhradních kostí)

ENDOSKELET

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet)

## EXOSKELET (kostěný):

pancíře, krunýře, rybí šupiny, krycí kosti lebky, část pásma přední končetiny (cleithrum, clavícula)

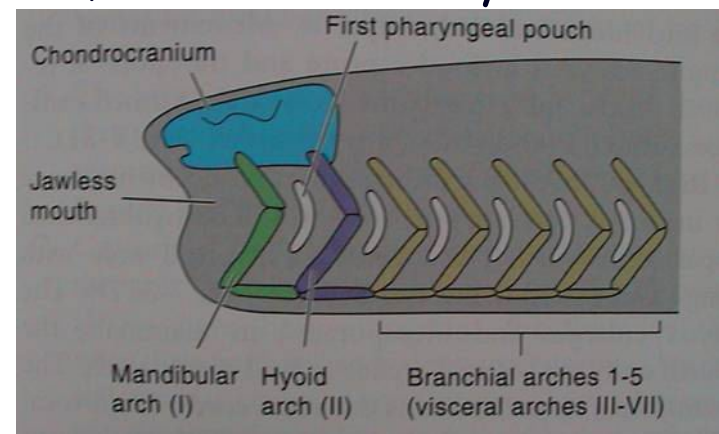
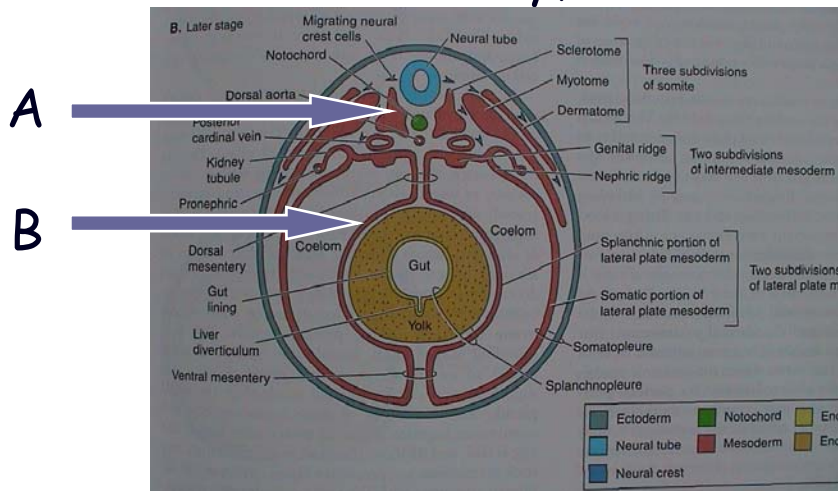
## ENDOSKELET (chrupavčitý nebo kostěný):

### A) somatický (ze sklerotomu somitů)

obratle, chrupavčité neurocranium, část kostěného neurocrania, costae, sternum, část pásma přední končetiny (scapula, procoracoid atd.), celé pásmo zadní končetiny, celá kostra volných končetin

### B) viscerální (ze splanchnopleury a BNL)

žaberní oblouky, viscerocranium, sluchové kůstky

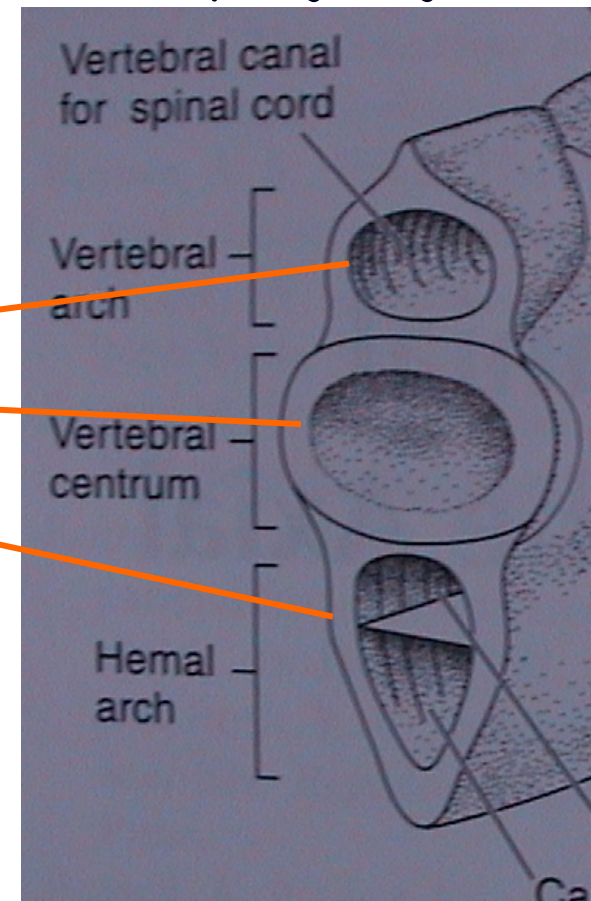


vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : osní - *vertebrae*, *costae*, *sternum*

**Obratle**: vznik kolem chordy ze sklerotomu, vývoj nejednotný

- oblouky (arcualia)
  - dorzální (neurální, neurapofýzy)
  - tělo
  - ventrální (hemální)

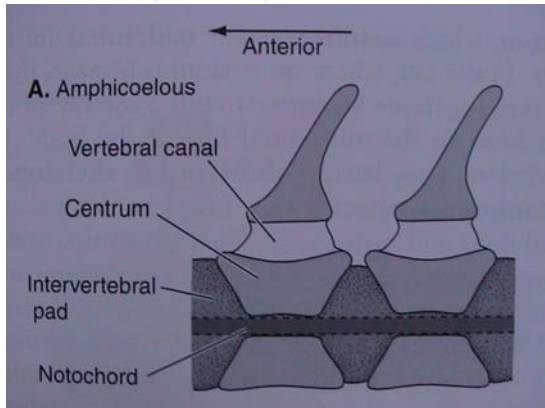
nejstarší částí neurální oblouky (mihule),  
vznikající těla obratlů postupně zaškrcojí  
chordu (paryby a ryby)



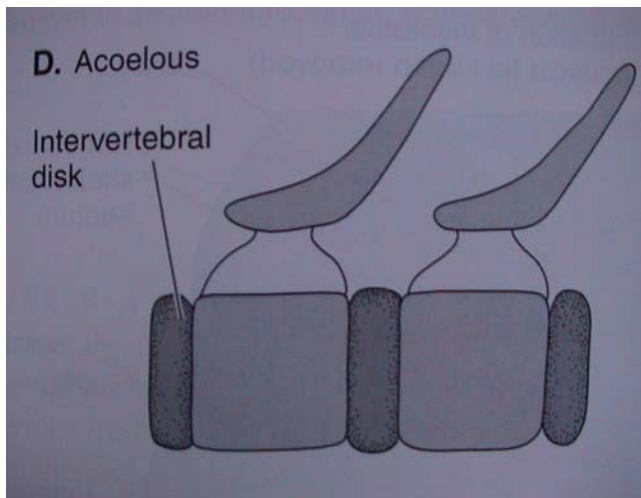
vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : osní - vertebrae

Typy obratlů podle tvaru těl:

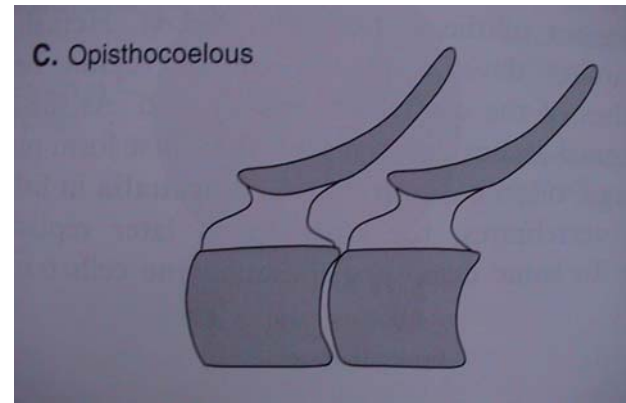
- amphicoelní (Chondrichthyes, Actinopterygii)



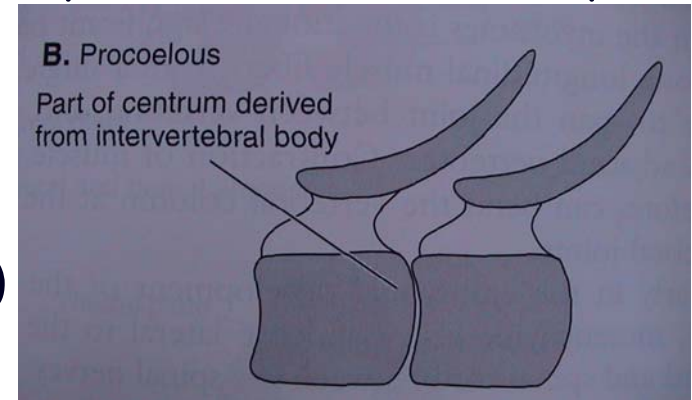
- platycoelní (acoelní, amphiplatní) (Mammalia)



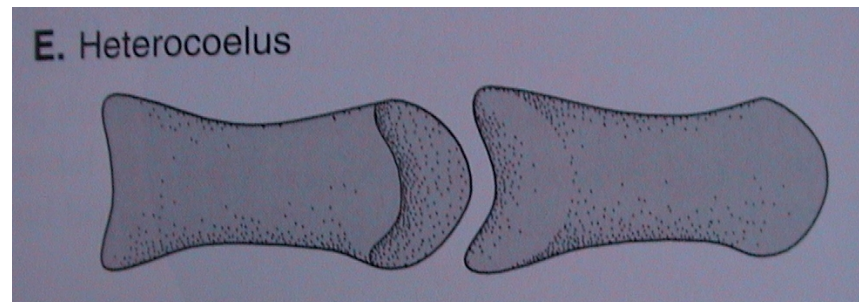
- opisthocoelní (Caudata)



- procoelní (Anura, „Reptilia“)



- heterocoelní (Aves)

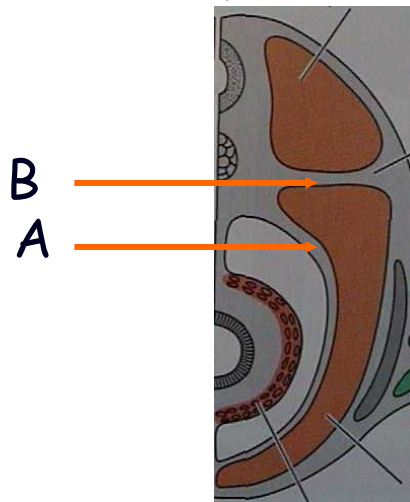


vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : osní - costae, sternum

**Žebra:** dorzálně připojena na těla a processi transversi obratlů

A) dolní - v blízkosti myosept na somatopleuře, výztuha stěny coelomu, u vodních čelistnatců

B) horní - v septum horizontale, suchozemští obratlovci a některé ryby



metamerie  
(vodní čelistnatci)

redukce (jen hrudní)  
(„Sauria”, Aves, Mammalia)

sekundární metamerie  
(Ophidia)

vymizení  
(Anura, Apoda)

**Sternum:** u suchozemských obratlovců

Anura - „Sauria” - Aves (+crista sterni) - Mammalia (manubrium, corpus, processus xiphoideus)

chybí: Caudata, Ophidia

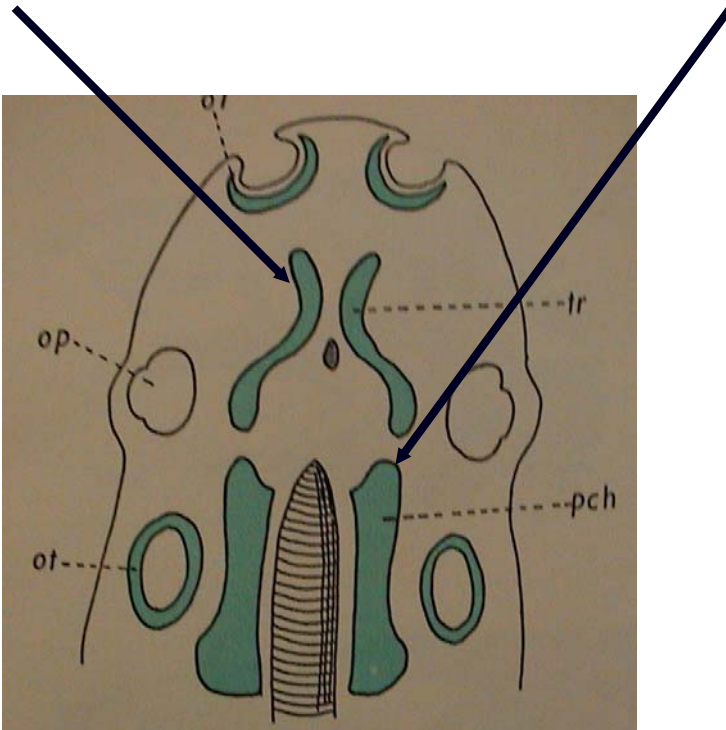
vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : cranium

CRANIUM ——— neurocranium  
viscerocranium

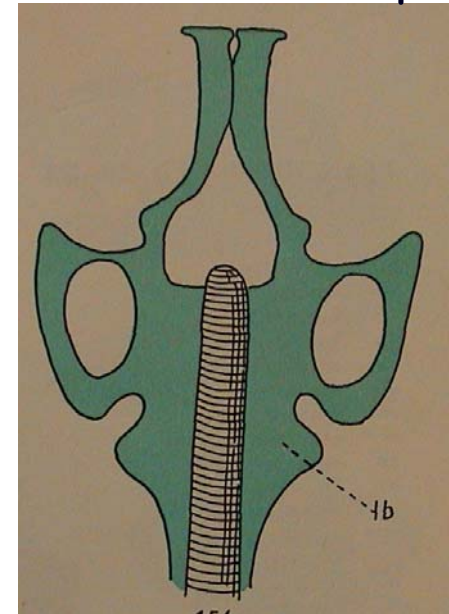
## 1. neurocranium

ENDOSKELET (somatický)

- chrupavčité neurocranium : párové chrupavky praechordalia (trabeculae cranii), parachordalia



srůst - bazální ploténka



vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : cranium

pololebka (mihule)

kompaktní lebka (paryby): regio - occipitalis  
(chondrocranium)

otica

orbitalis

ethmoidalis

- kostěné neurocranium : v komplexu **sphenoidale** (lebeční báze)  
spodina lebeční: ethmosphenoidale, praesphenoid, basisphenoid + basioccipitale  
vertikální stěny: turbinalia, orbitosphenoid, alisphenoid, exoccipitale

## EXOSKELET

- lebeční klenba: nasale, frontale, parietale, jugale, lacrimale,  
intertemporale, supratemporale, squamosum
- patrový komplex: pterygoidy, parasphenoid, vomer, ossa palatina



vznik orgánů  
 pokryv těla (integument)  
 kostra (skelet) : cranium

## 2. viscerocranium

ENDOSKELET (viscerální) - z ektomezenchymu nervové lišty, chrupavčitý, kostěný

žaberní oblouky (9):

0. (2) - praemandibulární ?

1. (1) - čelistní (*Otx* gen a *Dlx* geny)

horní: palatoquadratum - quadratum - incus  
 dolní: mandibulare - articulare - malleus

2. (1) - jazykový (*Hox a2* gen)

horní: hyomandibulare - columella - stapes  
 dolní: hyoideum-rohy jazyky-jiné části jazyky

3. opora žaber (vodní) - části jazyky  
 (Tetrapoda)

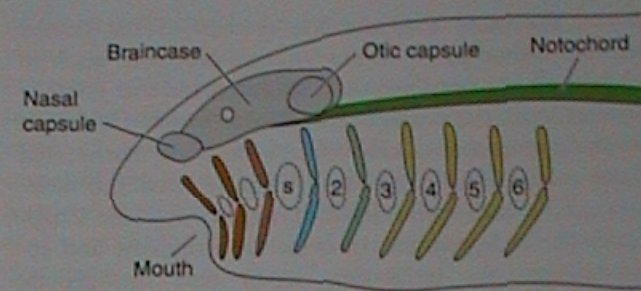
4.-6. opora žaber (vodní) - chrupavky hrtanu  
 (Tetrapoda)

7. opora žaber (Chondrichthyes) až  
 vymizení (Tetrapoda)

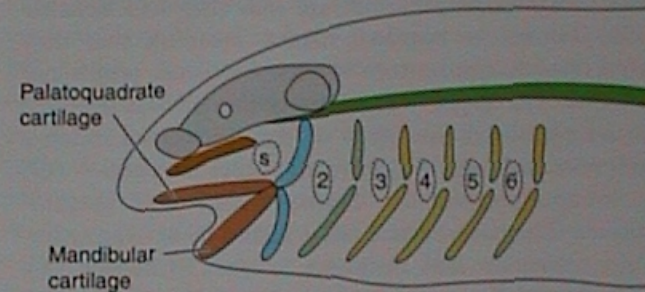
EXOSKELET (dermální) - jen kostěný

horní čelist: praemaxillare, maxillare

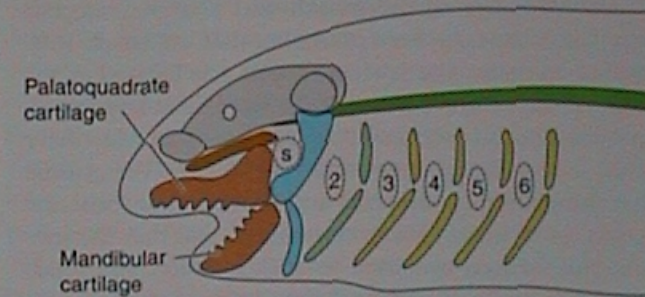
dolní čelist: dentale (mandibula), angulare



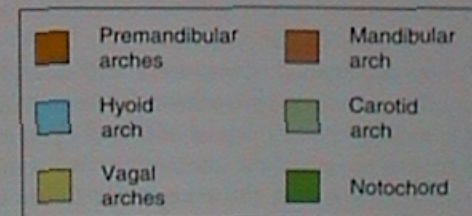
A. Hypothetical jawless condition

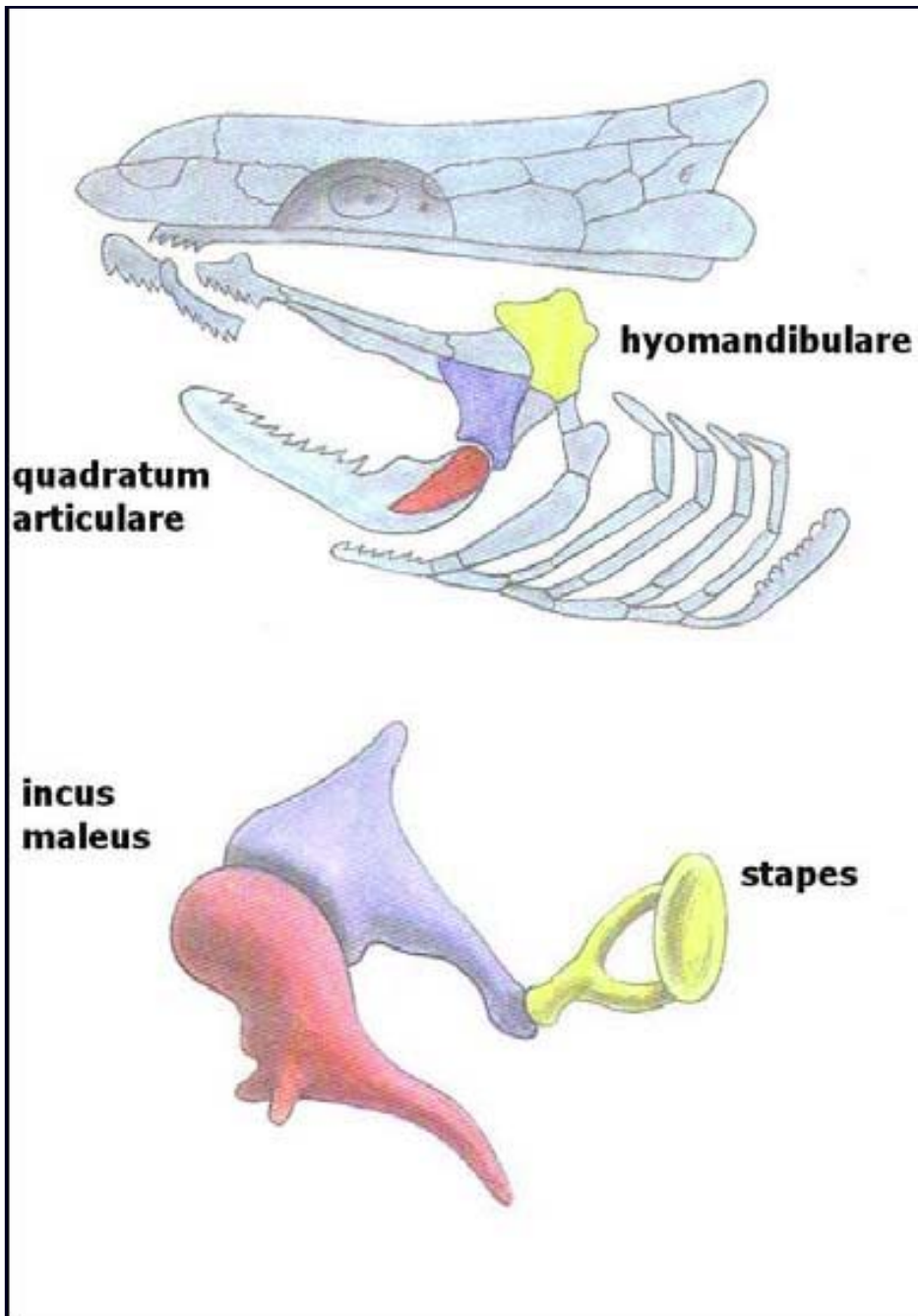


B. Mandibular arch functions as jaws

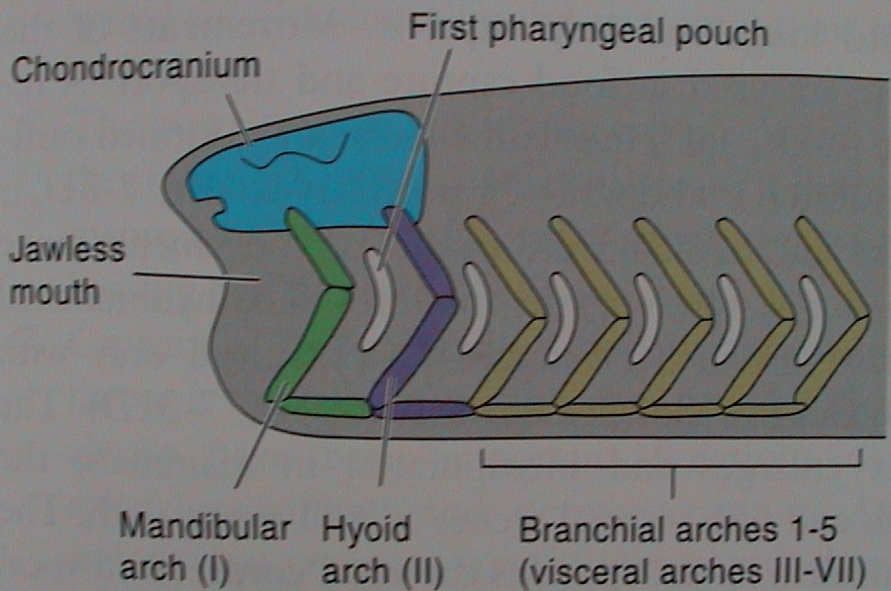


C. Jaws associated with braincase

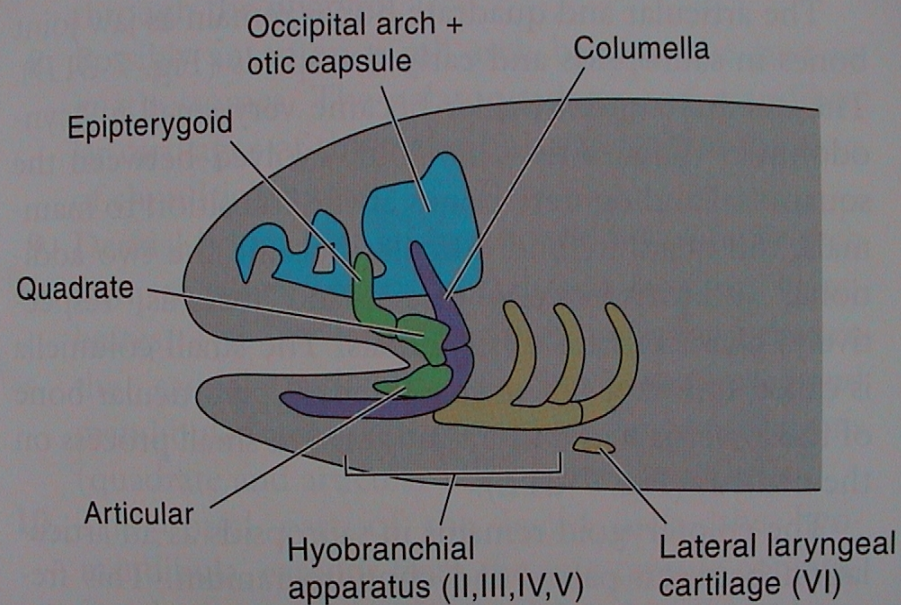




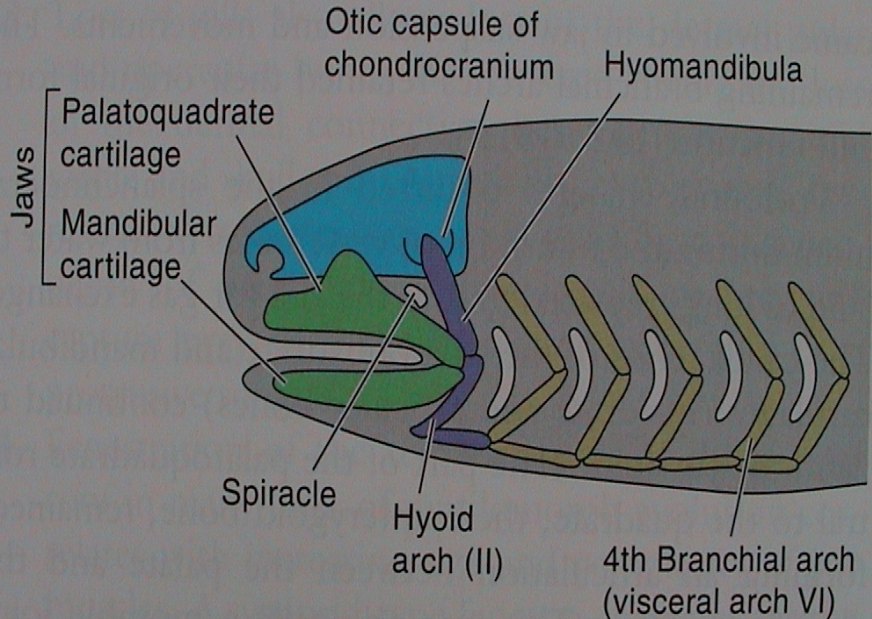
původ sluchových kůstek savců  
(Gaupp - Reichertova teorie)



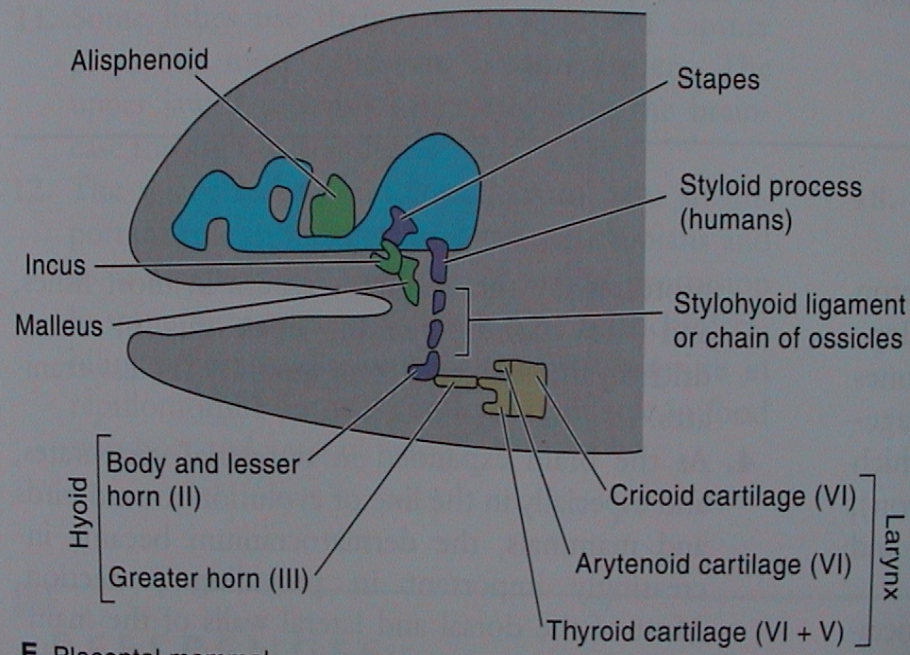
A. Hypothetical jawless condition



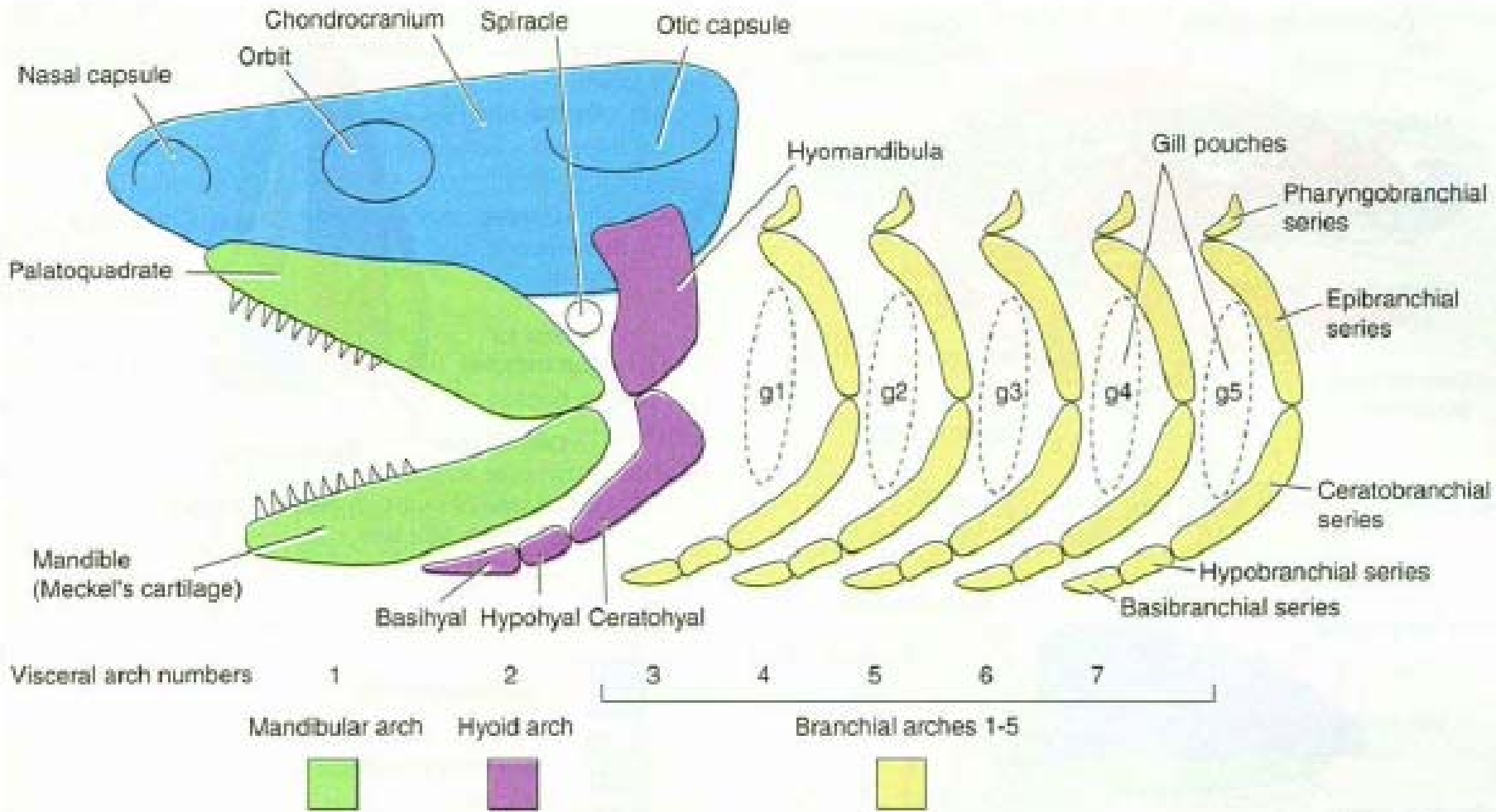
C. Hypothetical early tetrapod



B. Gnathostome



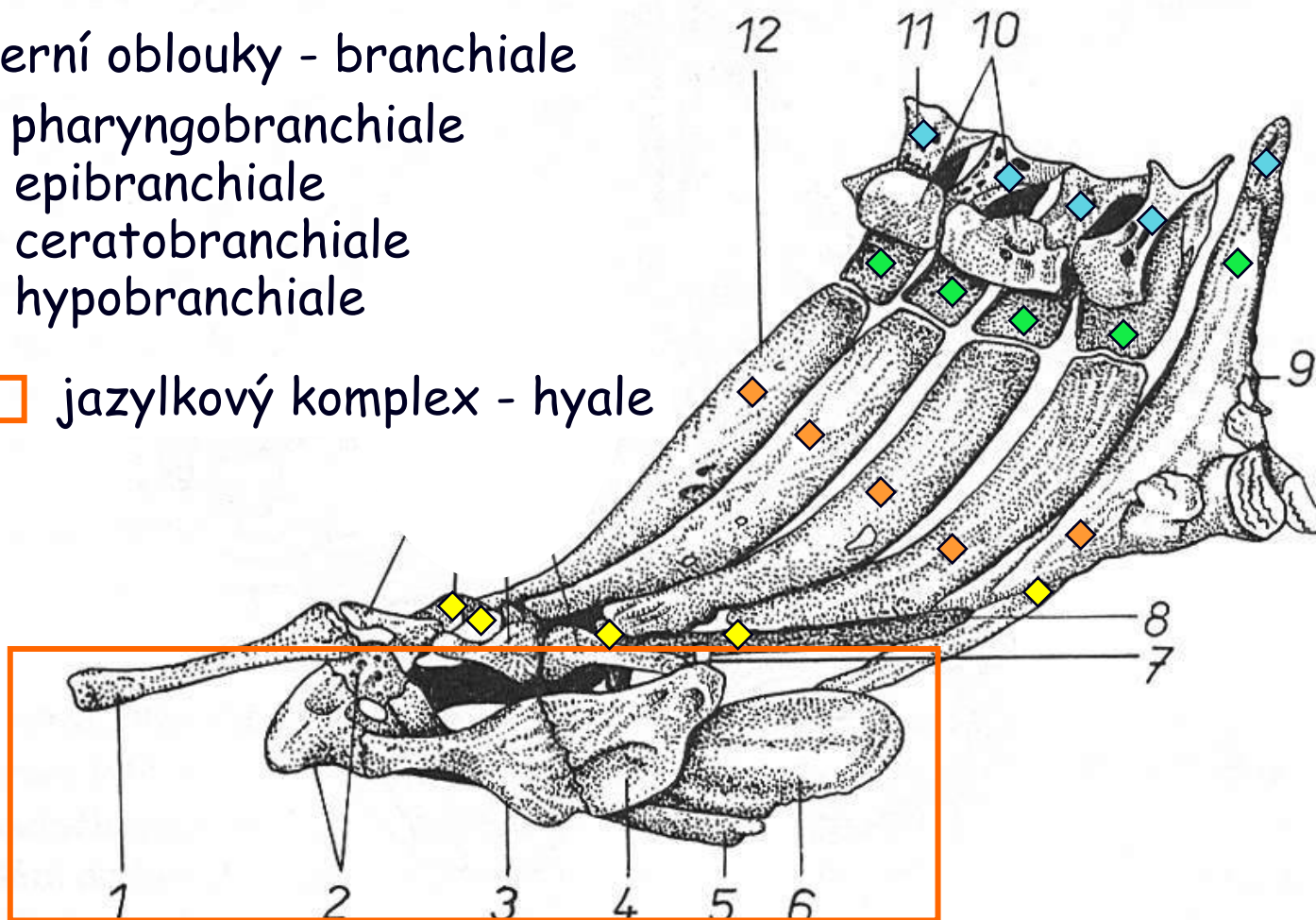
E. Placental mammal



## žaberní oblouky - branchiale

- ◆ pharyngobranchiale
- ◆ epibranchiale
- ◆ ceratobranchiale
- ◆ hypobranchiale

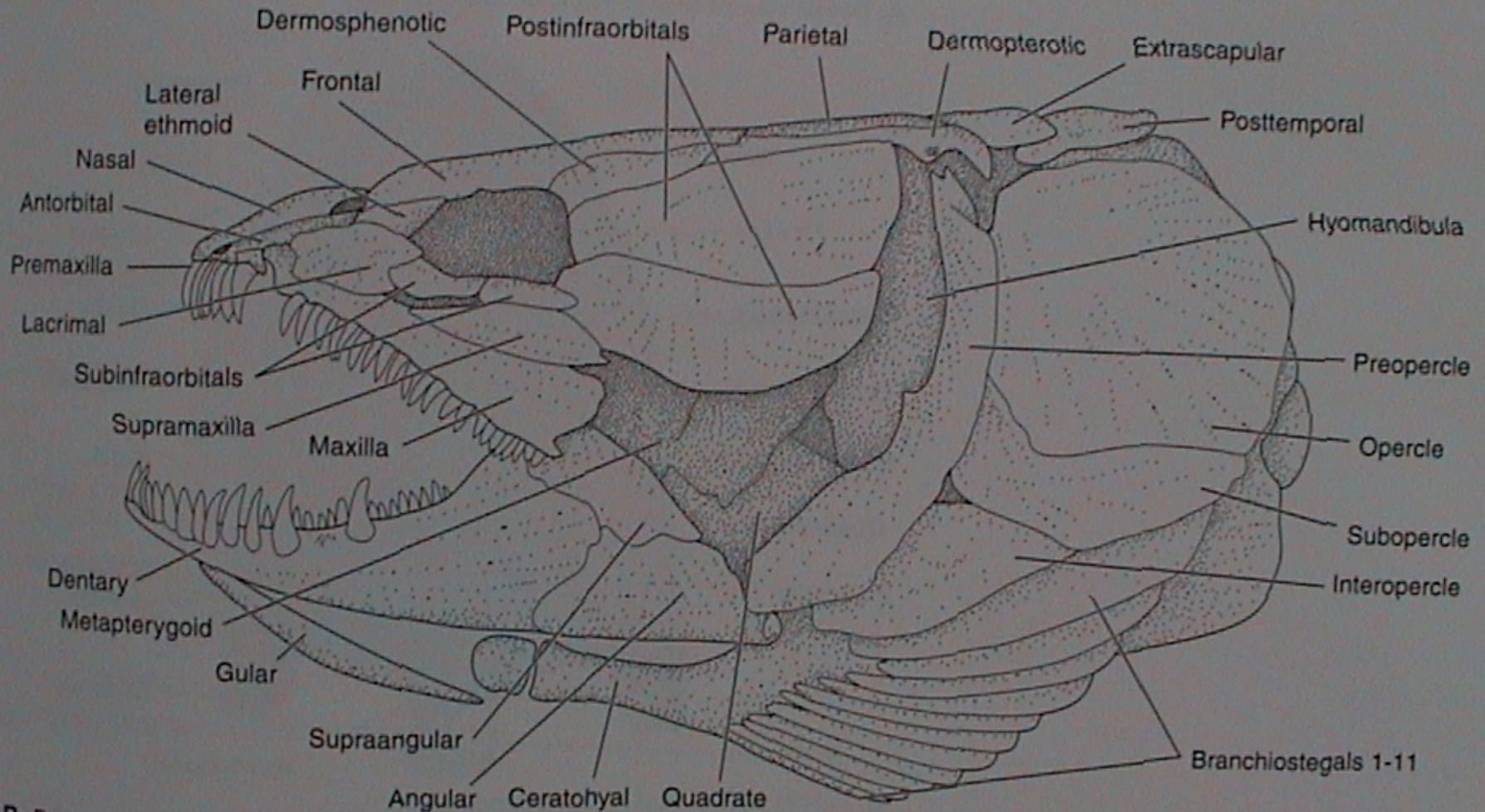
□ jazykový komplex - hyale



Obr. 29. Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) – kostra žaberního ústrojí z boční strany. 1 – *basihyale*; 2 – *hypohyale*; 3 – *ceratohyale*; 4 – *epihyale*; 5 – *urohyale*; 6 – hřeben *urohyale*; 7 – *interhyale*; 8 – chrupavčitá podpurná tyčinka; 9 – *os pharyngeum*, kost požeráková; 10 – *pharyngobranchiale*; 11 – *epibranchiale*; 12 – *ceratobranchiale*; 13 – *copulae*; 14 – *hypobranchiale*. Podle Urbanowiczové

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : cranium

Rozvoj dermálního viscerocrania - max. ryby  
(Halecomorphi - kaprouni; „Holostei“: Amiiformes)

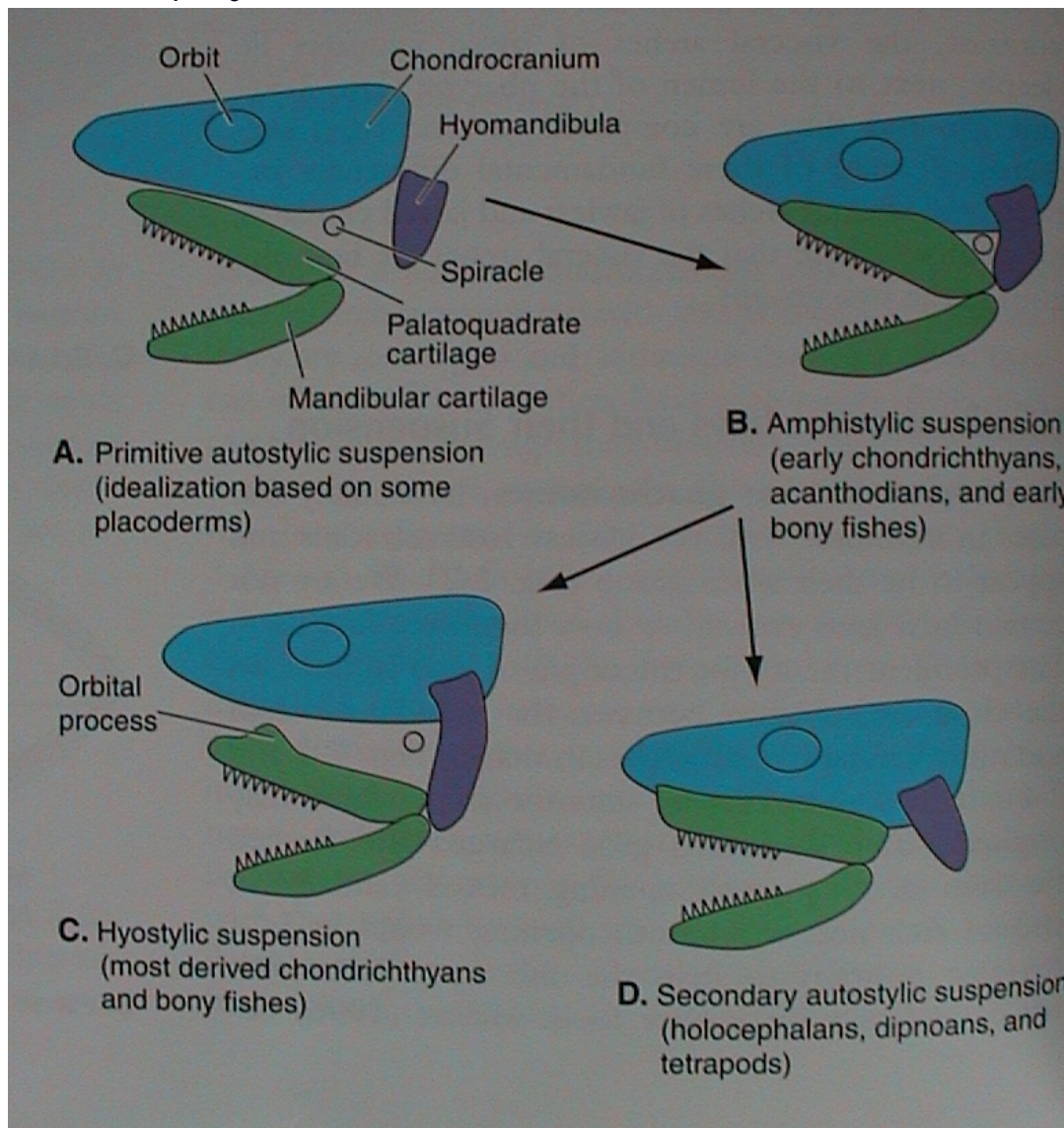


B. Bones of the cranial skeleton of *Amia*

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : cranium

## Připojení viscerocrania k neurocraniu

primární  
autostylie  
(euautostylie)



amphistylie

hyostylie

sekundární  
autostylie  
(metautostylie)

vznik orgánů

pokryv těla (integument)

kostra (skelet) : končetiny

## „Agnatha“

nepárový ploutevní lem - chrupavčité paprsky

### Gnathostomata

vodní obratlovci - ichthyopterygia (ploutve)

#### A) nepárové

pinna

caudalis (C)

dorsalis (D)

analis (A)

fixace v trupu: pterygiophory (D, A), páteř (C)

volná končetina: paprsky

ceratotrichia  
(Chondrichthyes)

lepidotrichia -  
(Actinopterygii)

camptotrichia  
(Dipnoi)

#### B) párové

pinnae

pectorales (P)

ventrales (V)

fixace v trupu: pásma (přední - lopatkové, zadní - pánevní)

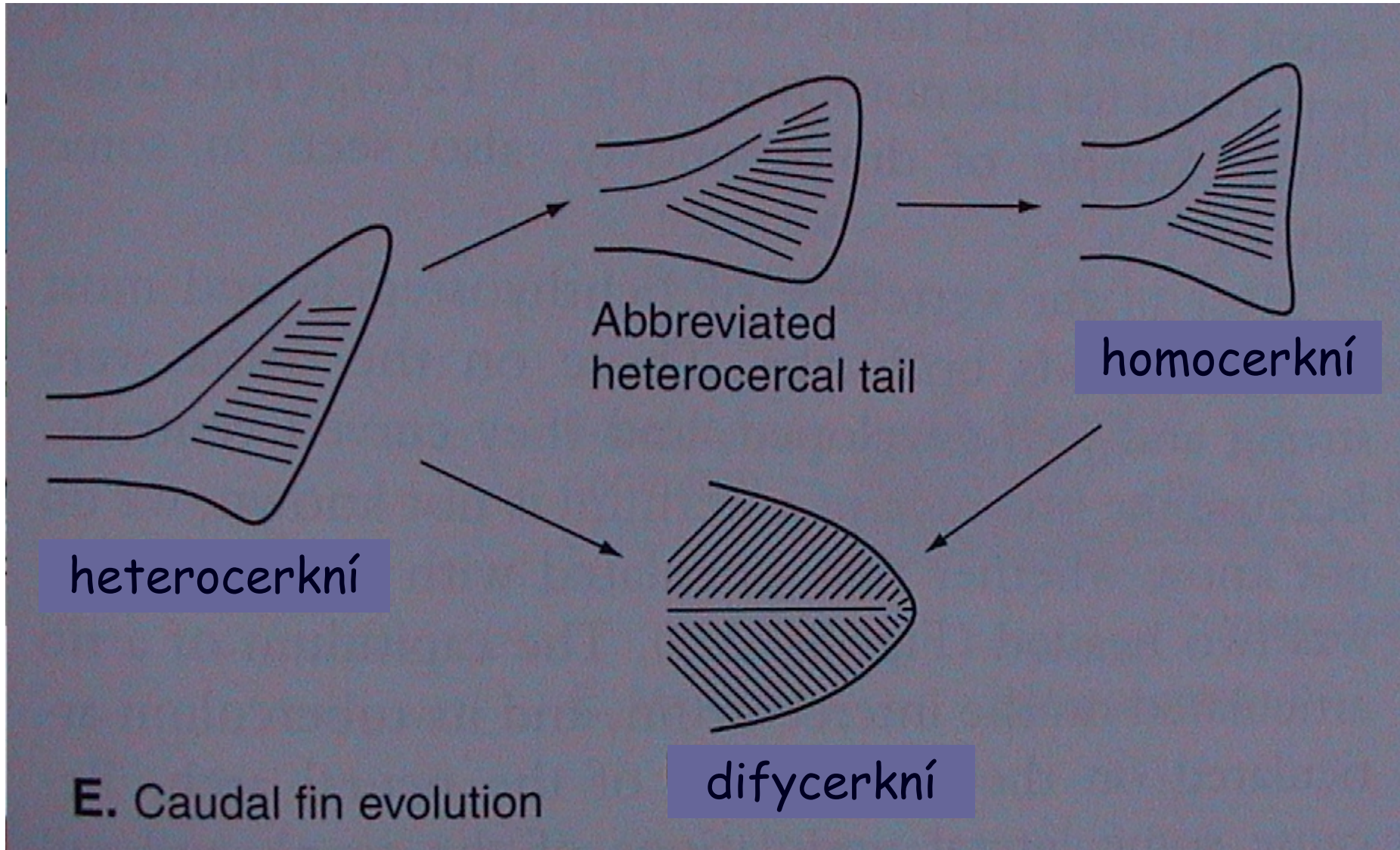
volná končetina: basalia - radialia - paprsky



vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• nepárové ploutve

pinna caudalis

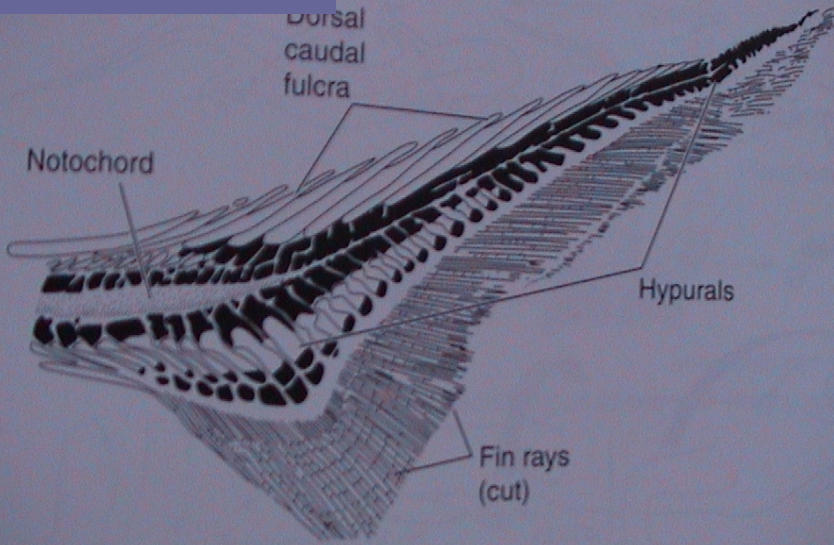


vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• nepárové ploutve

# pinna caudalis

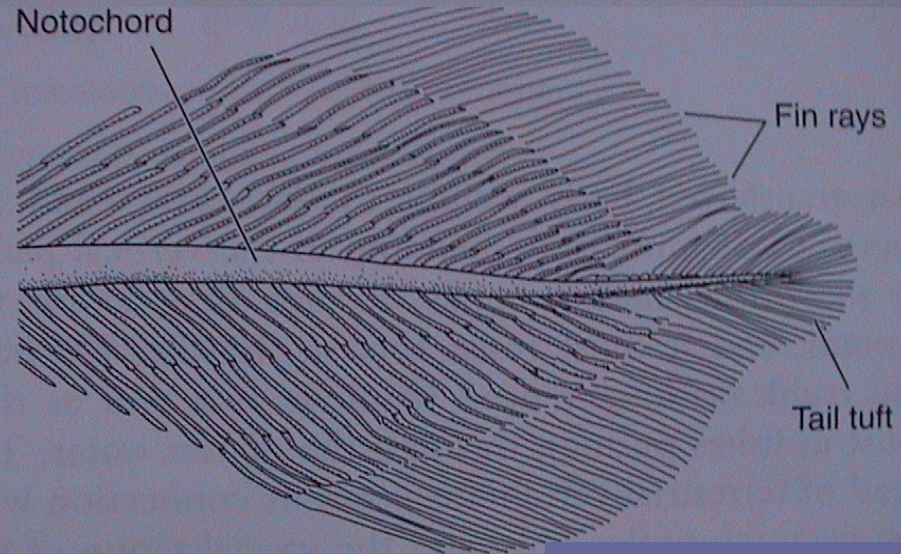
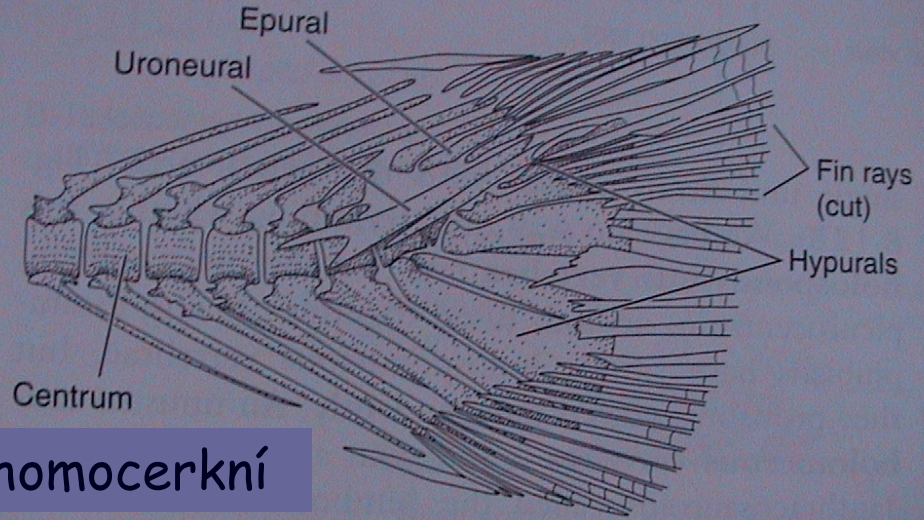
## heteroceršní



A. Caudal skeleton of *Polyodon* (heterocercal)

urostyl  
hypuralia

## homoceršní



D. Caudal skeleton of *Latimeria* (dycercal)

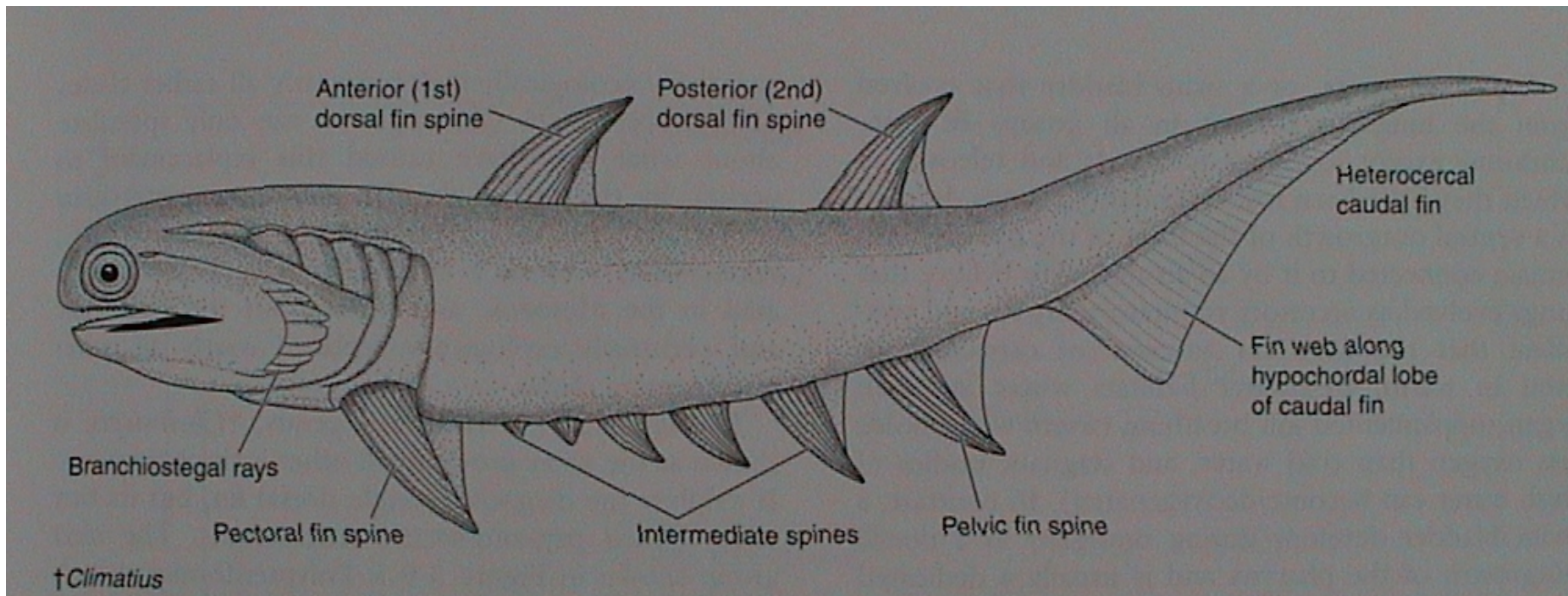
difyceršní

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

## Vznik párových ploutví

metapleurová teorie:

rozpad párového ploutevního lemu (metapleur)



vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• párové ploutve

## Chondrichthyes

### pinnae pectorales

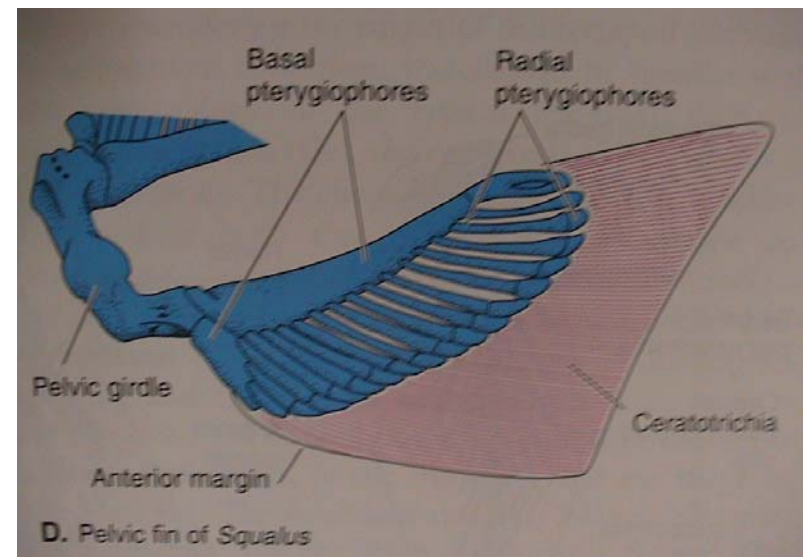
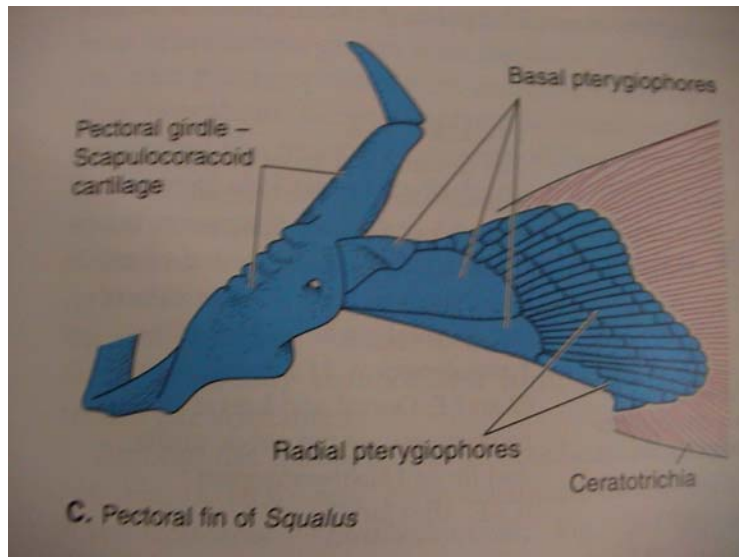
pásmo: coracoscapulare = scapulocoracoid  
(k lebeční bázi)

volná končetina:

basalia, radialia  
ceratotrichia

### pinnae ventrales

ischiopubicum (k páteři)  
= puboischiadicum



vznik orgánů  
 pokryv těla (integument)  
 kostra (skelet) : končetiny

• párové ploutve

# Sarcopterygii (archipterygium)

## pinnae pectorales

## pinnae ventrales

**pásmo:** scapulocoracoid („Rhipidistia“)  
 scapula + coracoid (Dipnoi)  
 \_\_\_\_\_  
 clavícula, (interclavícula)  
 komplex cleithrum

pelvis (ilium, pubis)

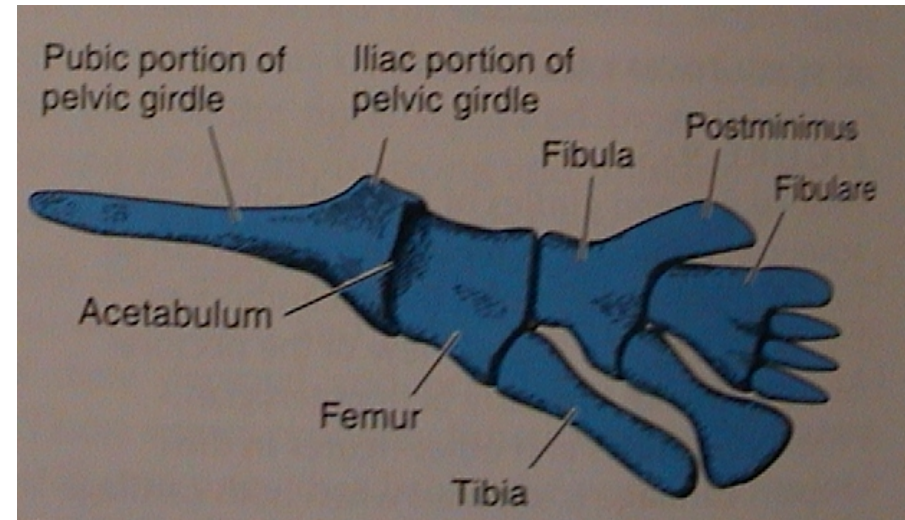
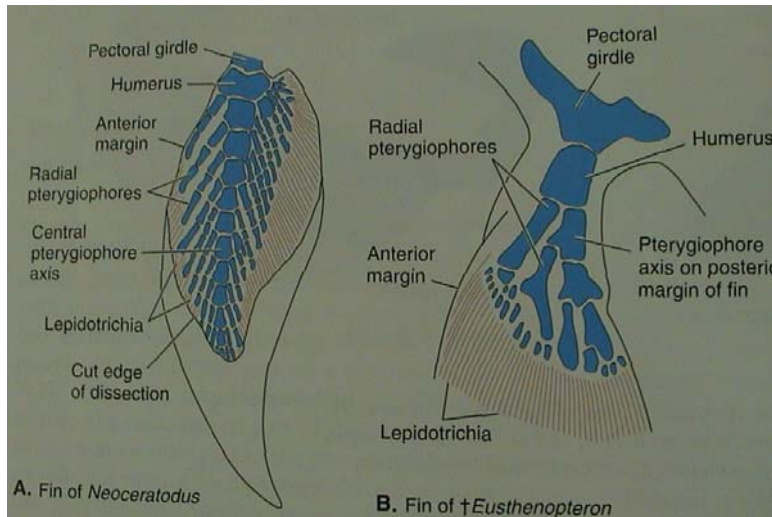
**volná končetina:**

basalia, radialia  
 lepidotrichia (camptotrichia)

biseriální

uniseriální

uniseriální



vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• párové ploutve

## Actinopterygii

pinnae pectorales

pásmo: scapulocoracoid

clavicula (jen u starobylých)  
komplex cleithrum

volná končetina:

jen zkrácená radialia  
prodloužená lepidotrichia

pinnae ventrales

basipterygium

jen prodloužená lepidotrichia

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• párové končetiny

# Tetrapoda

## Suchozemští obratlovci - chiropterygia

### přední

**pásmo:** scapula + procoracoid  
+ (meta)coracoid (jen u ptakořitných)

clavicula, (interclavicula, cleithrum)

### zadní

pelvis (ilium, ischium, pubis)

### volná končetina:

**stylopodium:** humerus

femur

**zeugopodium:** ulna + radius

tibia + fibula

**autopodium:** carpalia (12)  
metacarpalia (5)

tarsalia (12)  
metatarsalia (5)

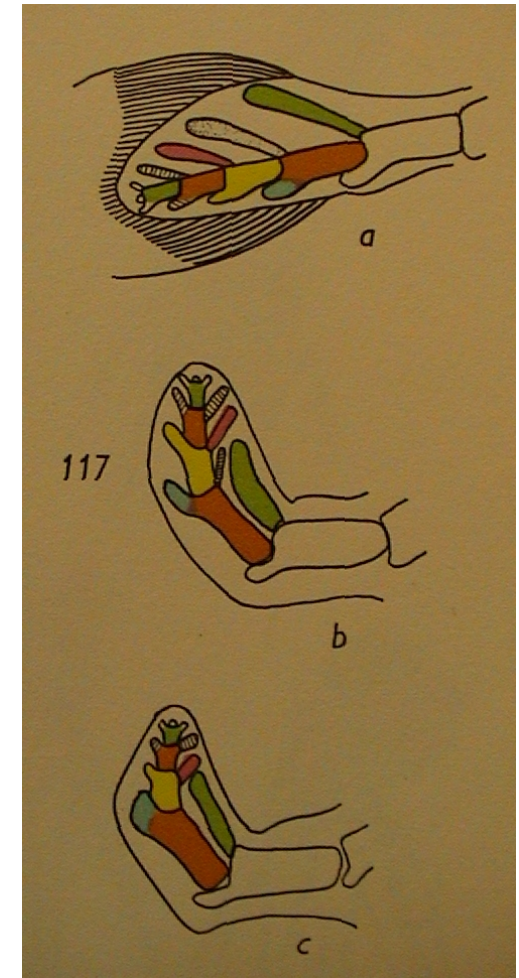
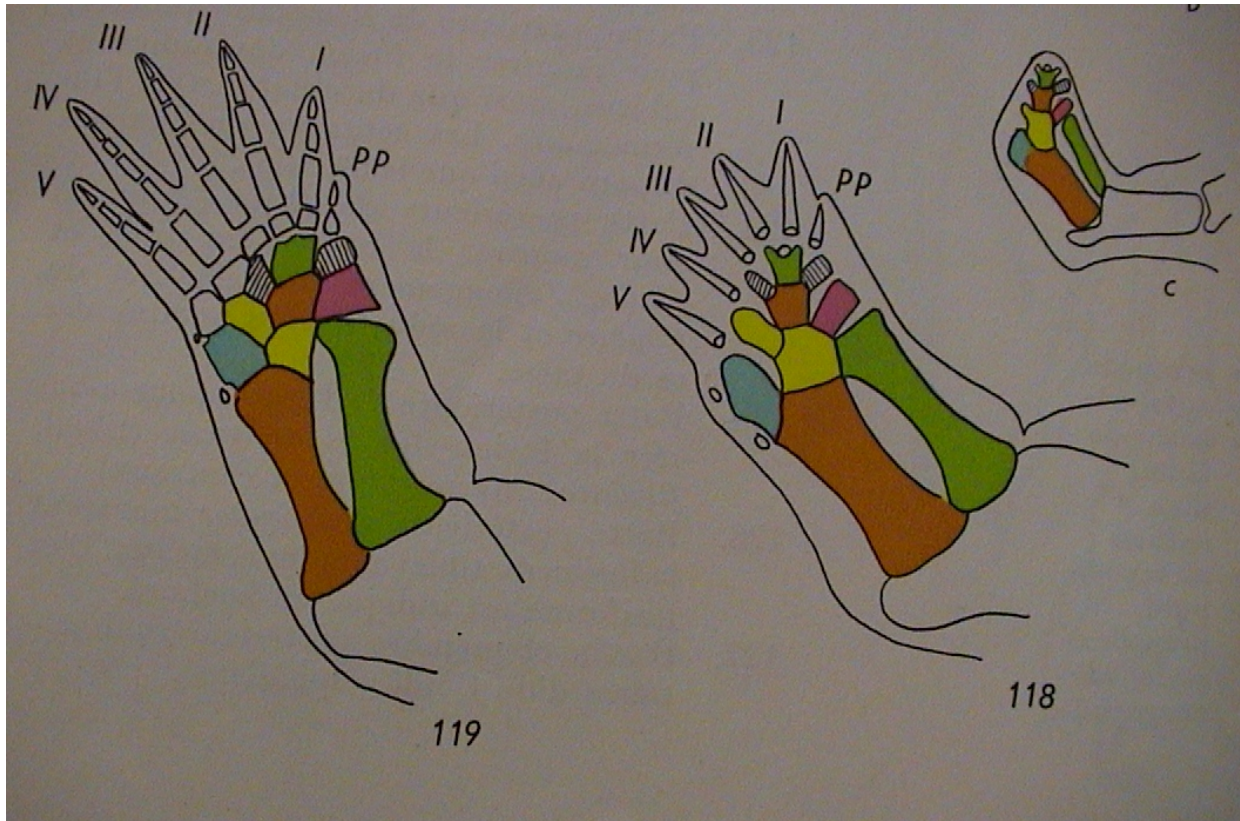
digiti (5?)  
2-3-4-5-3

digiti (5?)  
2-3-4-5-4

vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• párové končetiny

## Vznik chiropterygií čtvernožců (Tetrapoda) přeměnou uniseriálního archipterygia ryb „Rhipidistia“

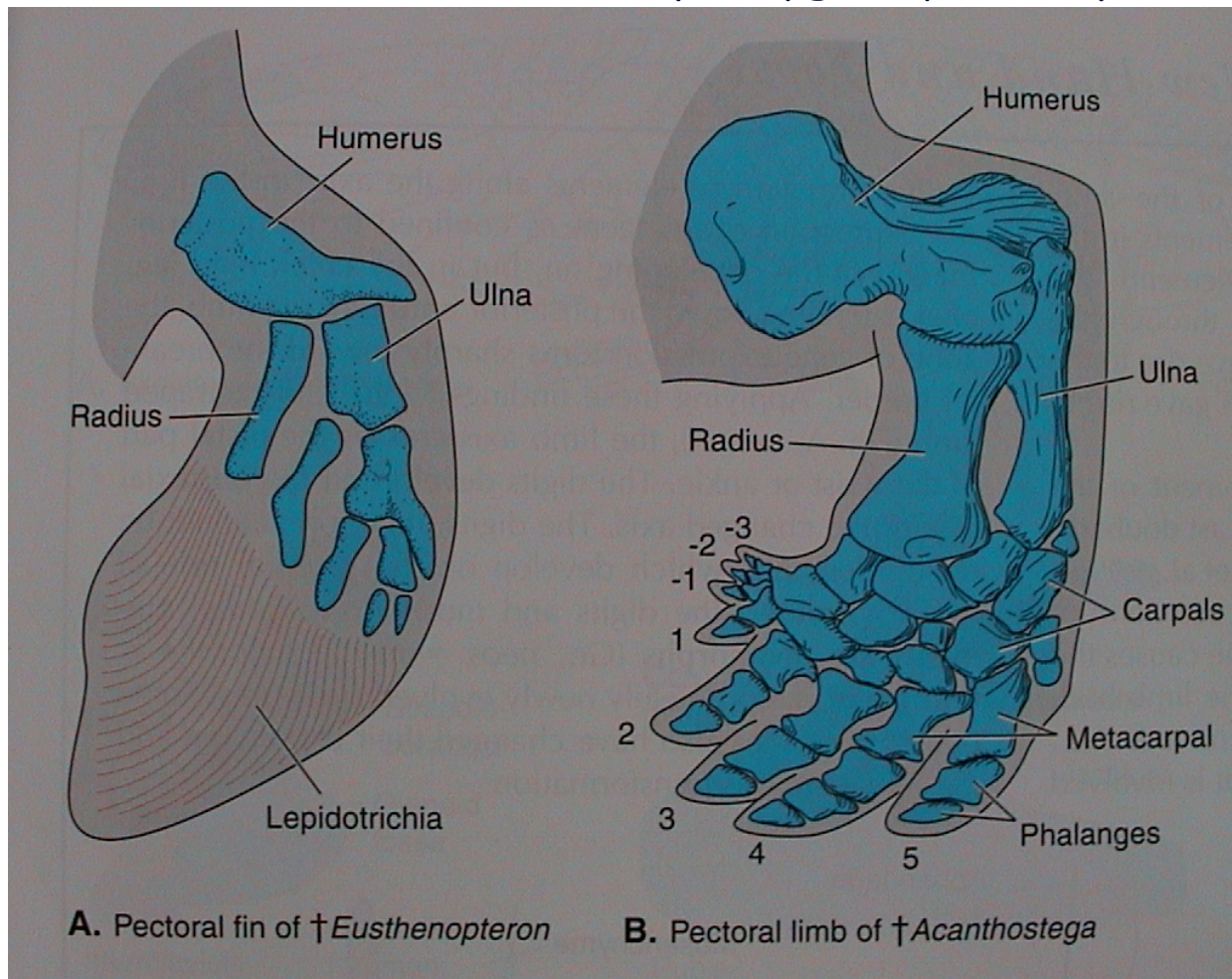




vznik orgánů  
pokryv těla (integument)  
kostra (skelet) : končetiny

• párové končetiny

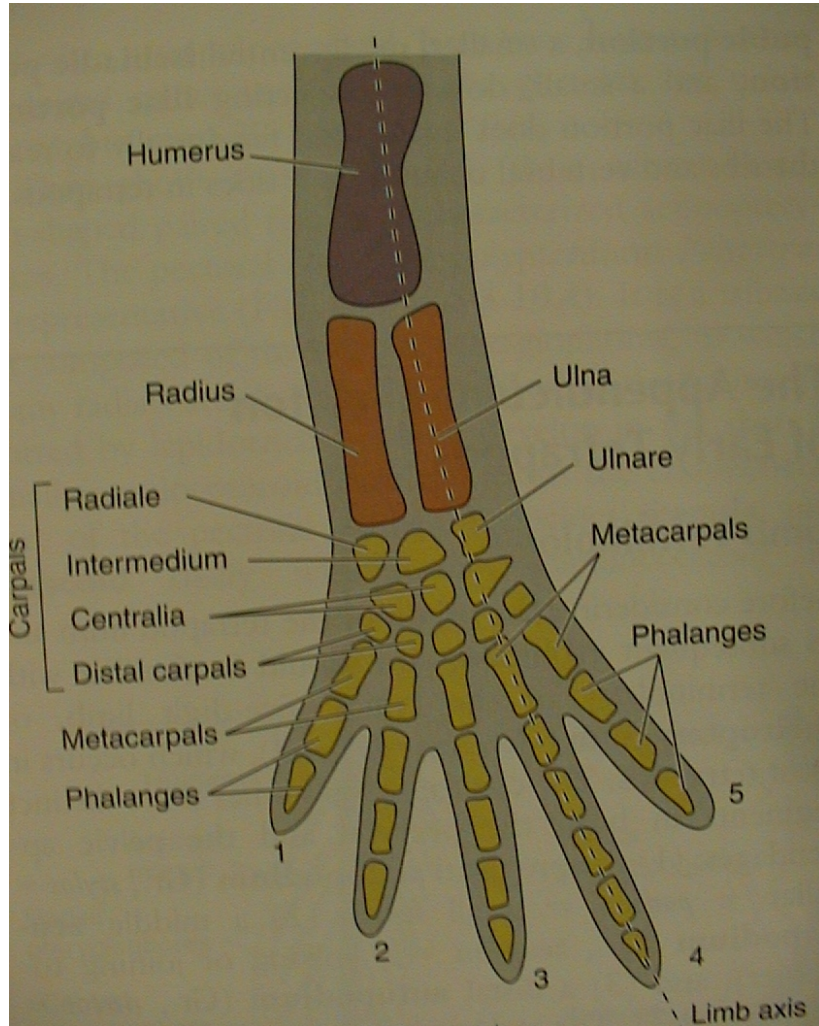
## Vznik chiropterygií čtvernožců (Tetrapoda) přeměnou uniseriálního archipterygia ryb „Rhipidistia“



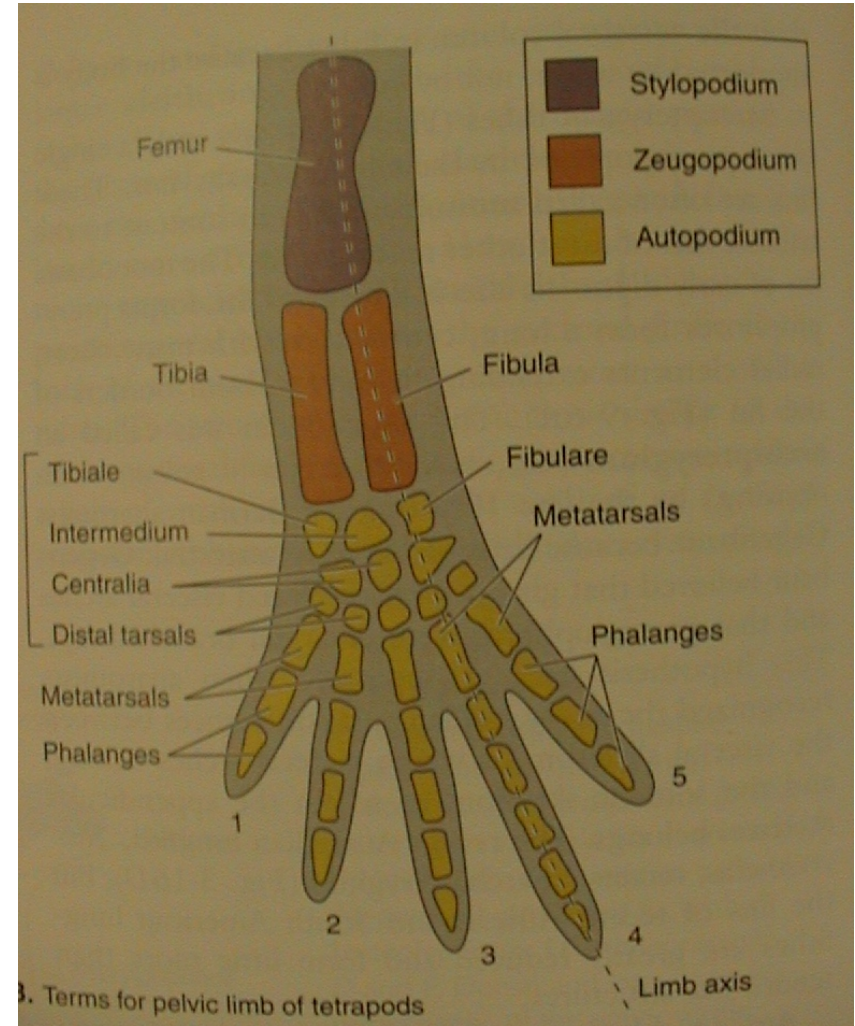
vznik orgánů  
 pokryv těla (integument)  
 kostra (skelet) : končetiny

• párové končetiny

přední (anterior)



zadní (posterior)



somatická svalovina - příčně pruhovaná, z myotomu somitů

viscerální svalovina - ze splanchopleury, hladká útrobní, srdeční sval

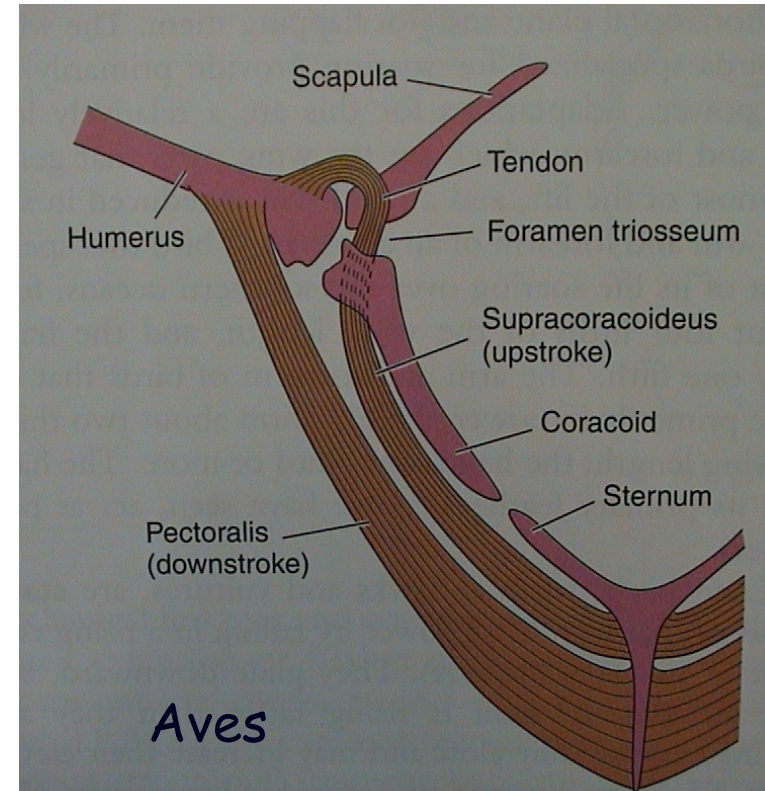
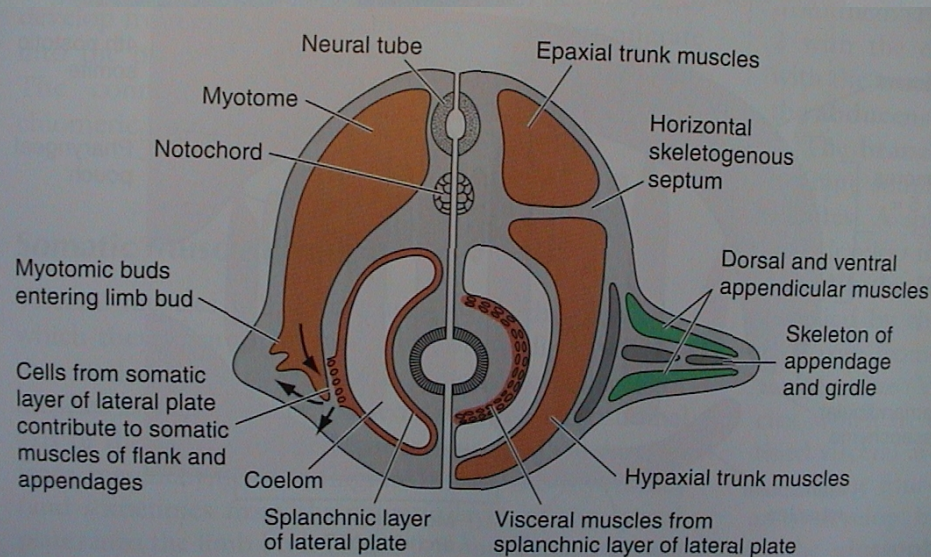
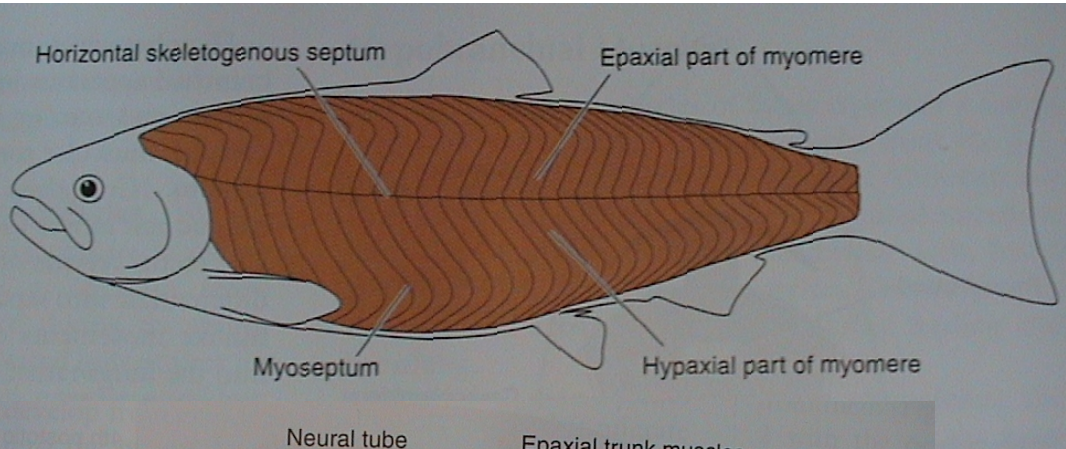
branchiální svalovina - z BNL, příčně pruhovaná žaberní (pohyb čelistí, žvýkací a mimické svaly savců)

kožní svalovina - z dermatomu (čepýření peří, ježení srsti)

### Metamerie (vodní)

- boční sval
- myomery a myosepta
- epaxiální a hypaxiální část, septum horizontale

### Rozpad bočního svalu (suchozemští)



svalstvo

nervová soustava - mozek (encephalon)

A) 2 váčky

1. Prosencephalon

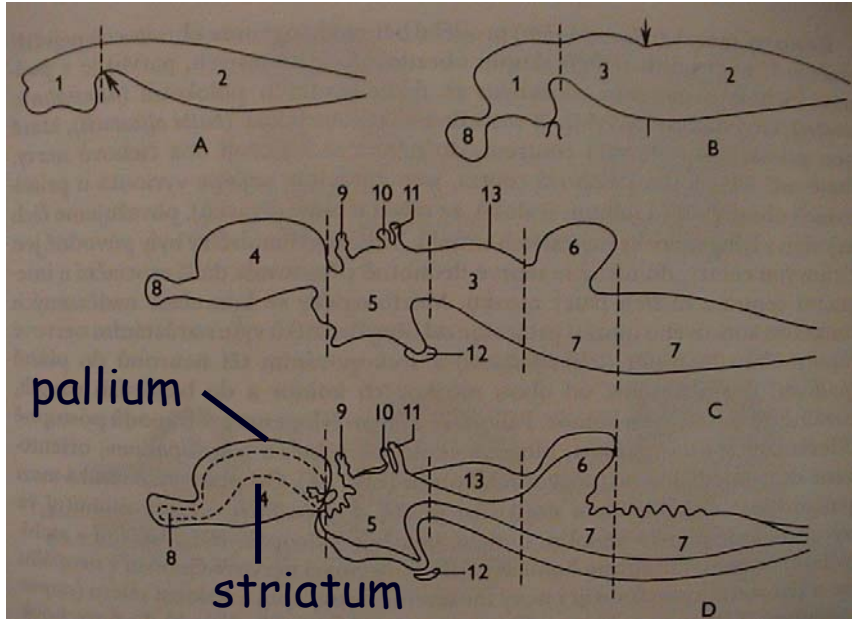
2. Rhombencephalon  
(7 rhombomer - NL,  
hlava, *Hox* geny)

B) 3 váčky

1. Prosencephalon

3. Mesencephalon  
2. Rhombencephalon

NS = CNS + periferní nervstvo  
mozek / mícha  
          |  
          míšňi  
          hlavové (10, 12)  
          vegetativní systém:  
          sympaticus a parasympaticus



C+D) 5 částí

4. Telencephalon

5. Diencephalon

3. Mesencephalon

6. Metencephalon

(cerebellum)

pons Varoli

7. Myelencephalon

*Otx*  
*Emx*

*Pax*  
*Hox*

Šedá hmota: bazální ganglia - subpallium (striatum, septum)

kůra (cortex) - pallium

~~Paleostriatum (epistriatum)~~

~~Archistriatum (striatum)~~

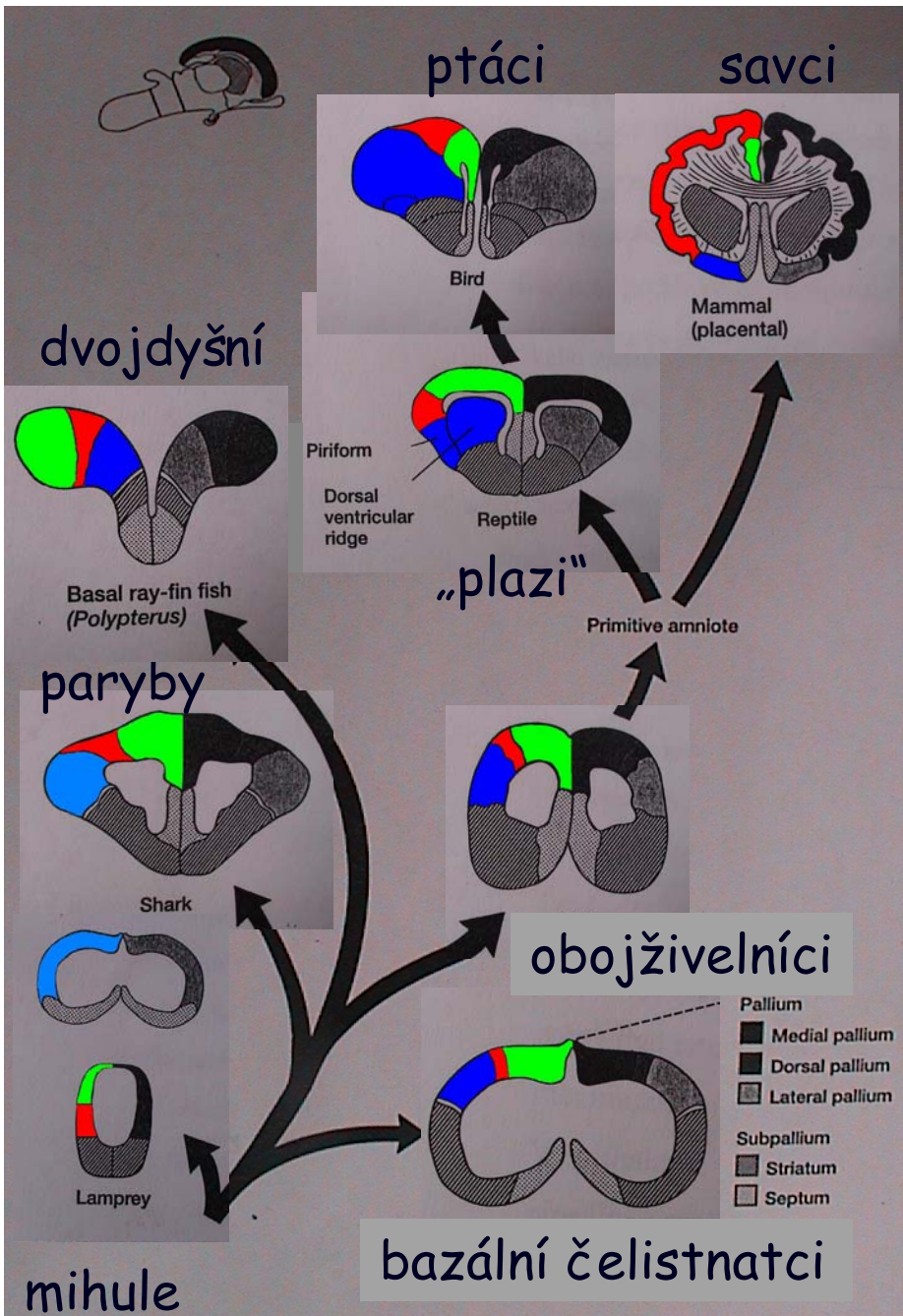
~~Neostriatum~~

~~Paleopallium (paryby -)~~

~~Archipallium (obojživelníci - plazi - hippocampus)~~

~~Neopallium (plazi -)~~

# Ontogeneze šedé hmoty koncového mozku



## Pallium:

- mediální
- dorzální
- laterální



## Subpallium:

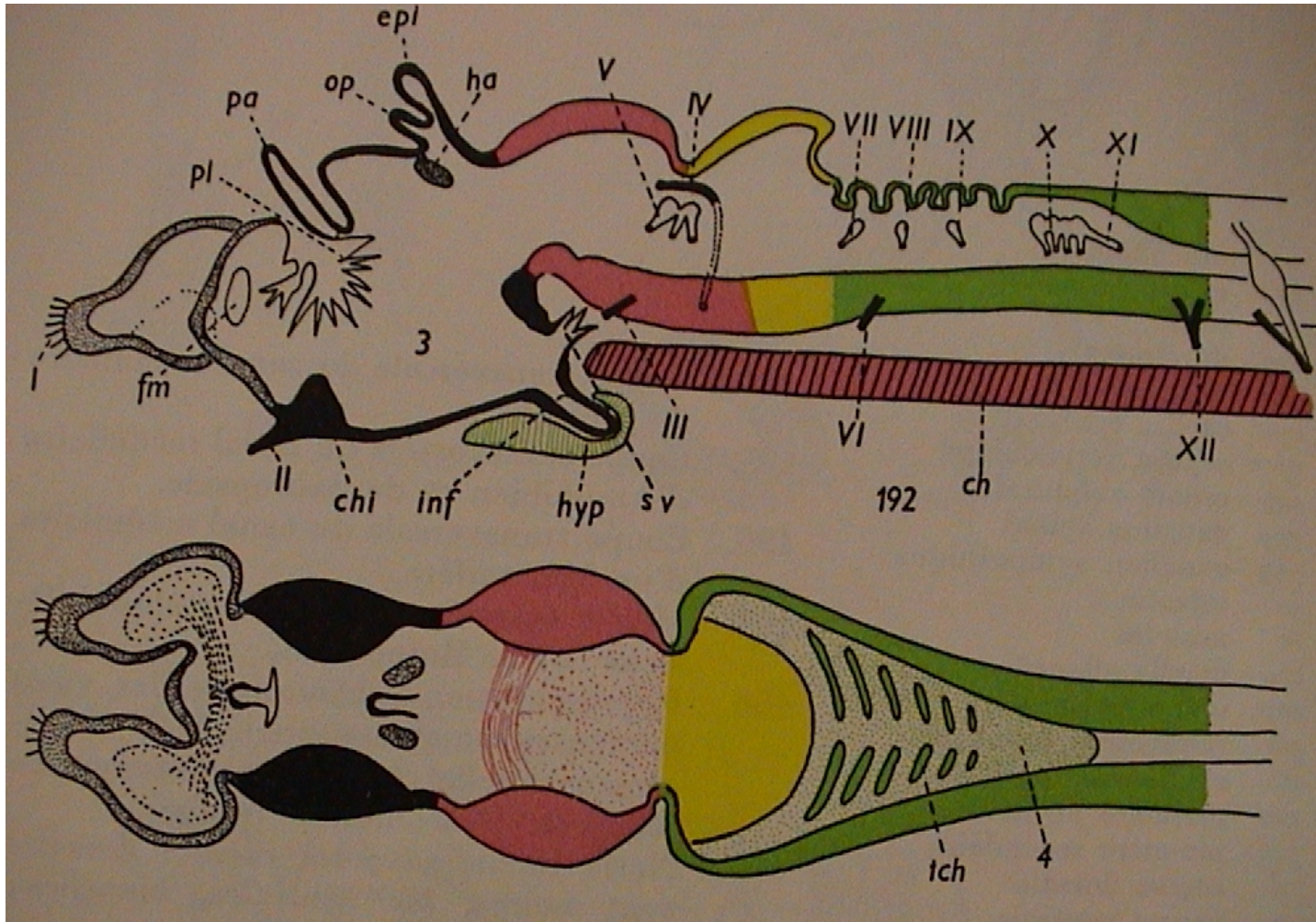
- striatum
- septum



dorzální komorový hřeben (plazi a ptáci)  
 - stereoskopické vidění  
 hippocampus savců - sensorické funkce,  
 explorační chování, krátkodobá paměť  
 piriform - laterální pallium savců,  
 olfaktorické informace  
 septum - limbický systém  
 striatum - koordinace pohybu

svalstvo

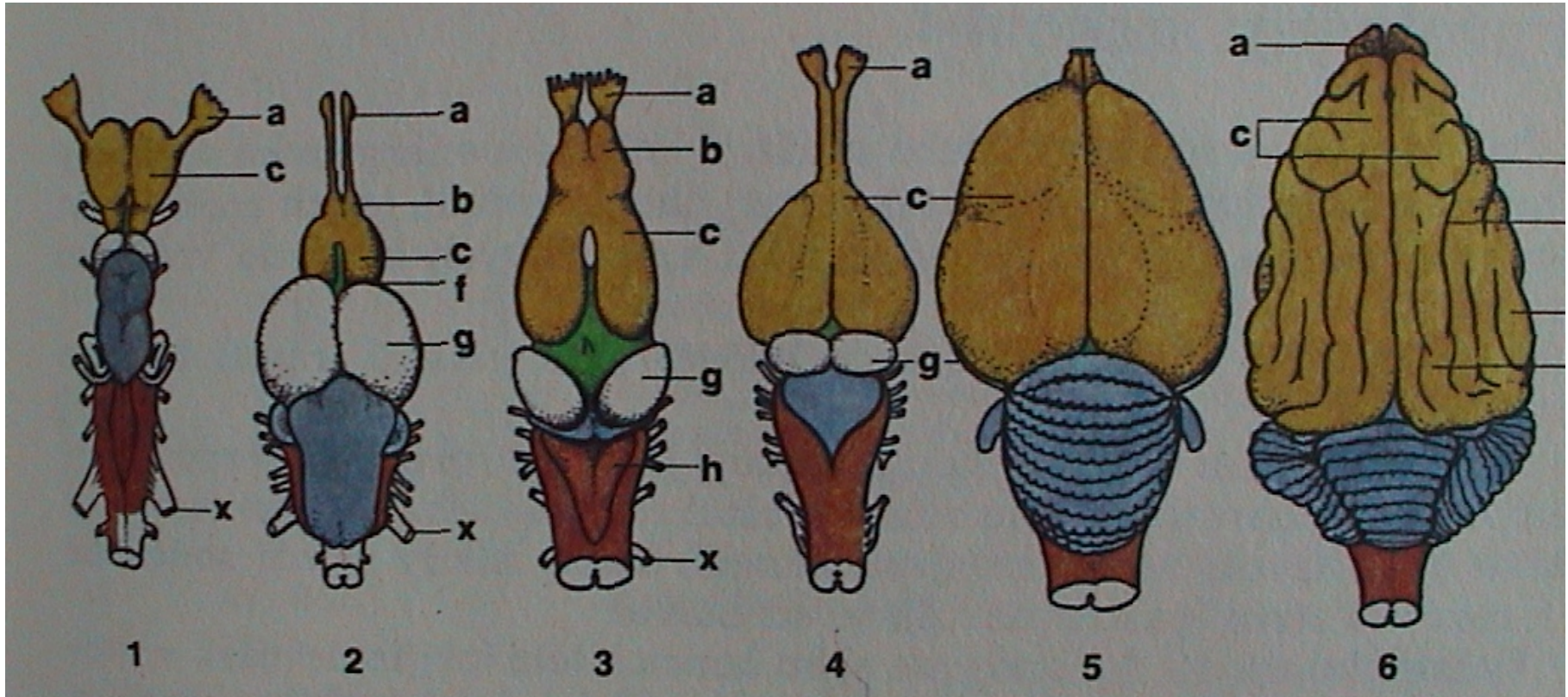
nervová soustava - mozek (encephalon)



pa - paraphysa, op - pineální org., epi - parietální org. (epiphysa)

svalstvo

nervová soustava - mozek (encephalon)



Chondrichthyes Teleostei

Amphibia

Reptilia

Aves

Mammalia

„Agnatha“ - diencephalon

Teleostei - mesencephalon

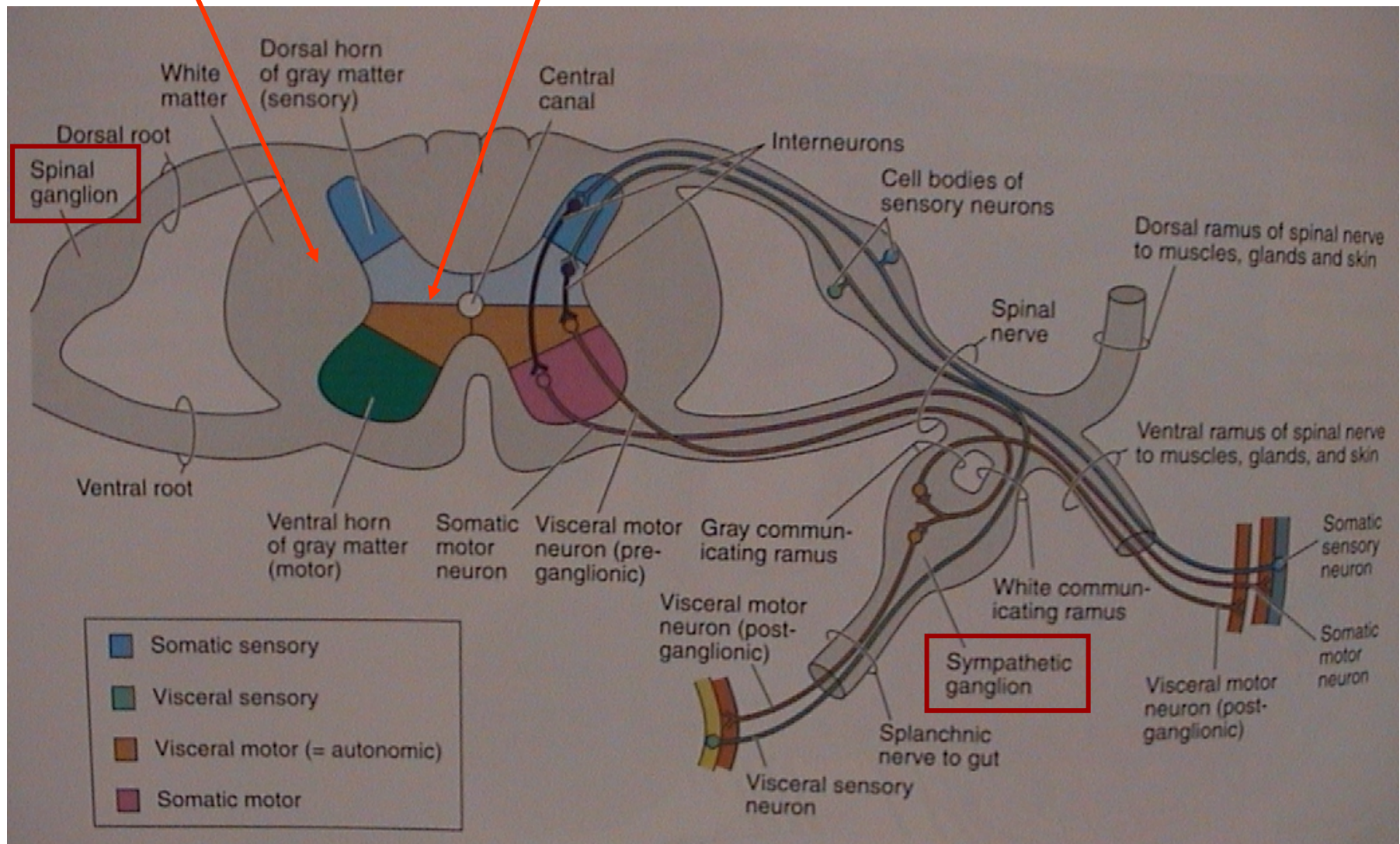
ostatní - telencephalon

svalstvo

nervová soustava - mícha (medulla spinalis)

bílá hmota míšň

šedá hmota míšň





svalstvo

nervová soustava -

sympaticus, parasympaticus

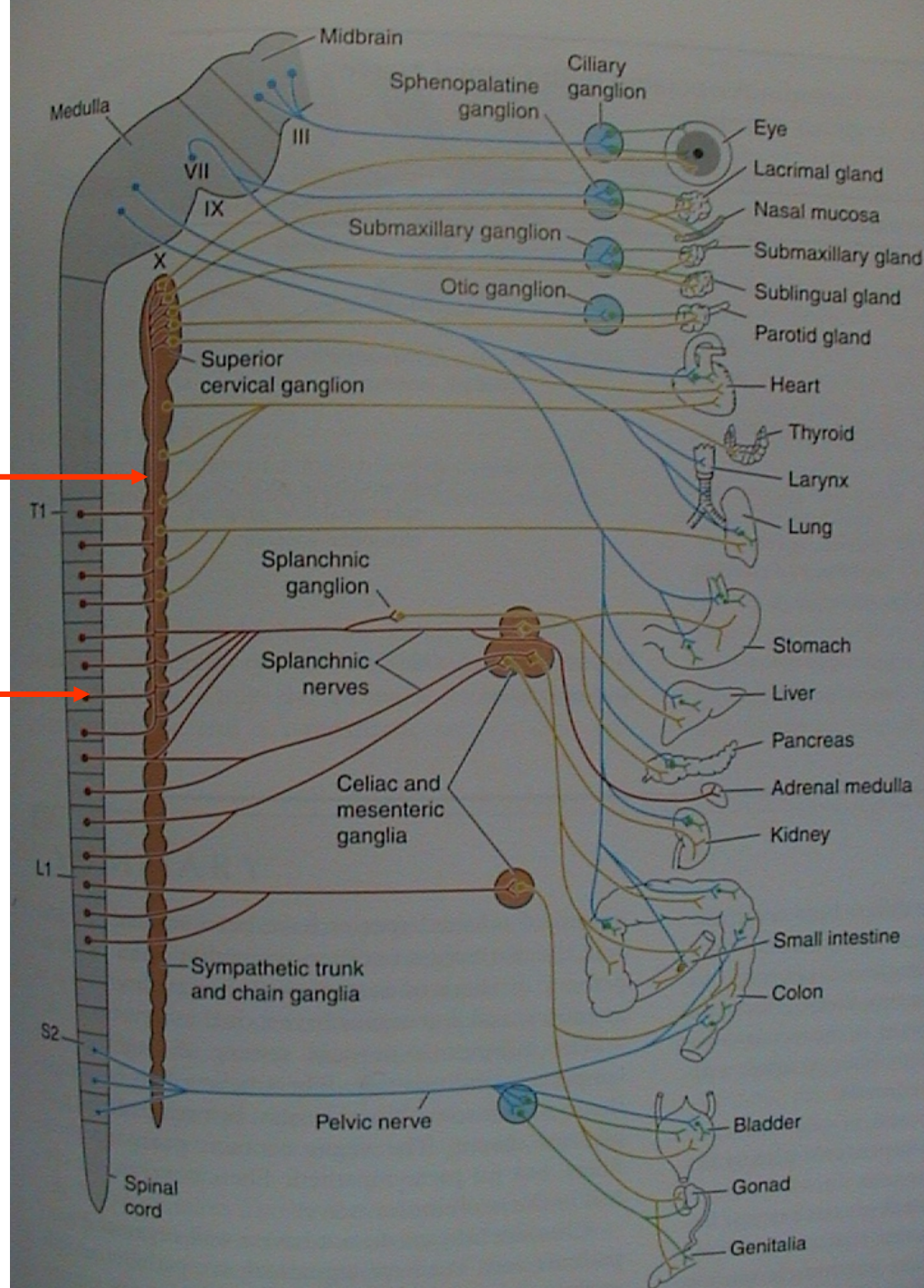
truncus sympaticus  
(sympatický kmen)

mícha (medulla spinalis)

sympaticus



parasympaticus



svalstvo  
nervová soustava  
**smyslové orgány**

Smyslové buňky: primární a sekundární

Receptory:

a) extero-, propio-, entero-;

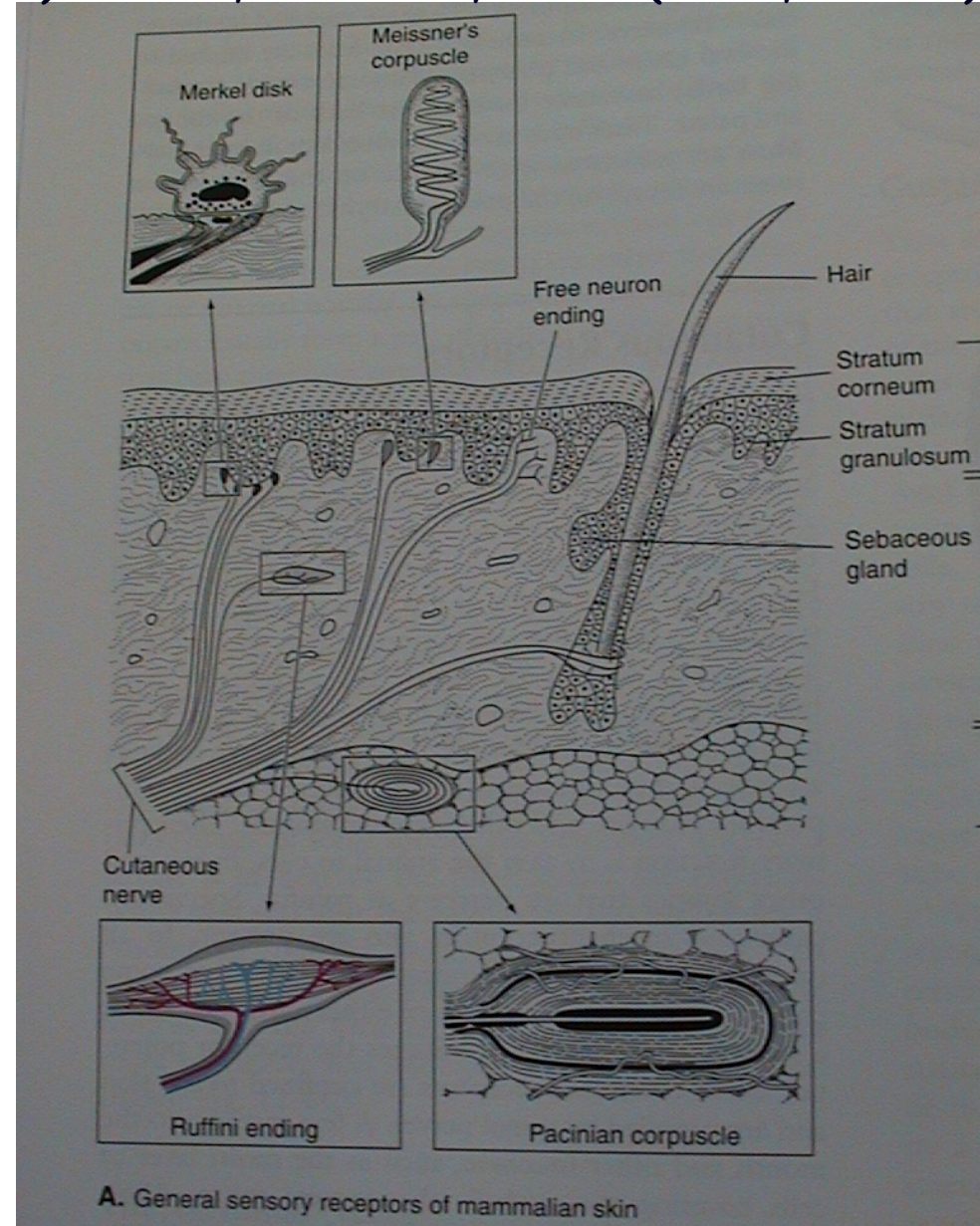
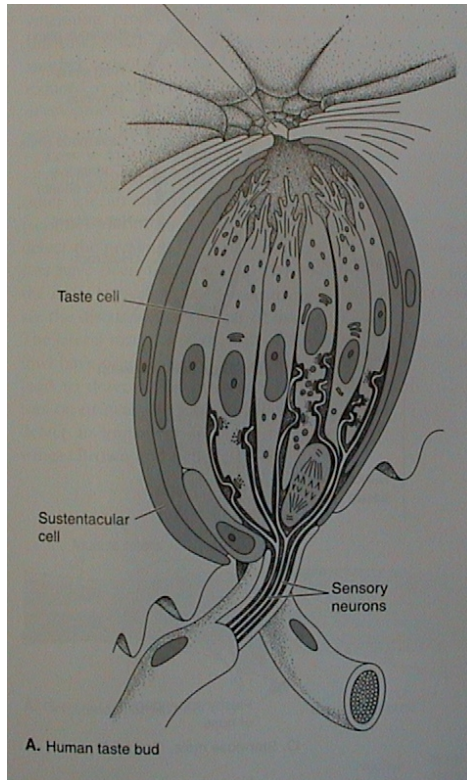
b) chemo-, mechano-, radio- (foto-, termo-)

## • kožní receptory (exteroreceptory)

Volná nervová zakončení - bolest;  
Merkelovy terčky (sek.) - dotek

Tělíska - Meissner, Pacini, Herbst -  
hmat; Krause, Rufini - chlad, teplo

## • chuťové pupeny a pohárky



svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

• zrak - inverzní komorové oko

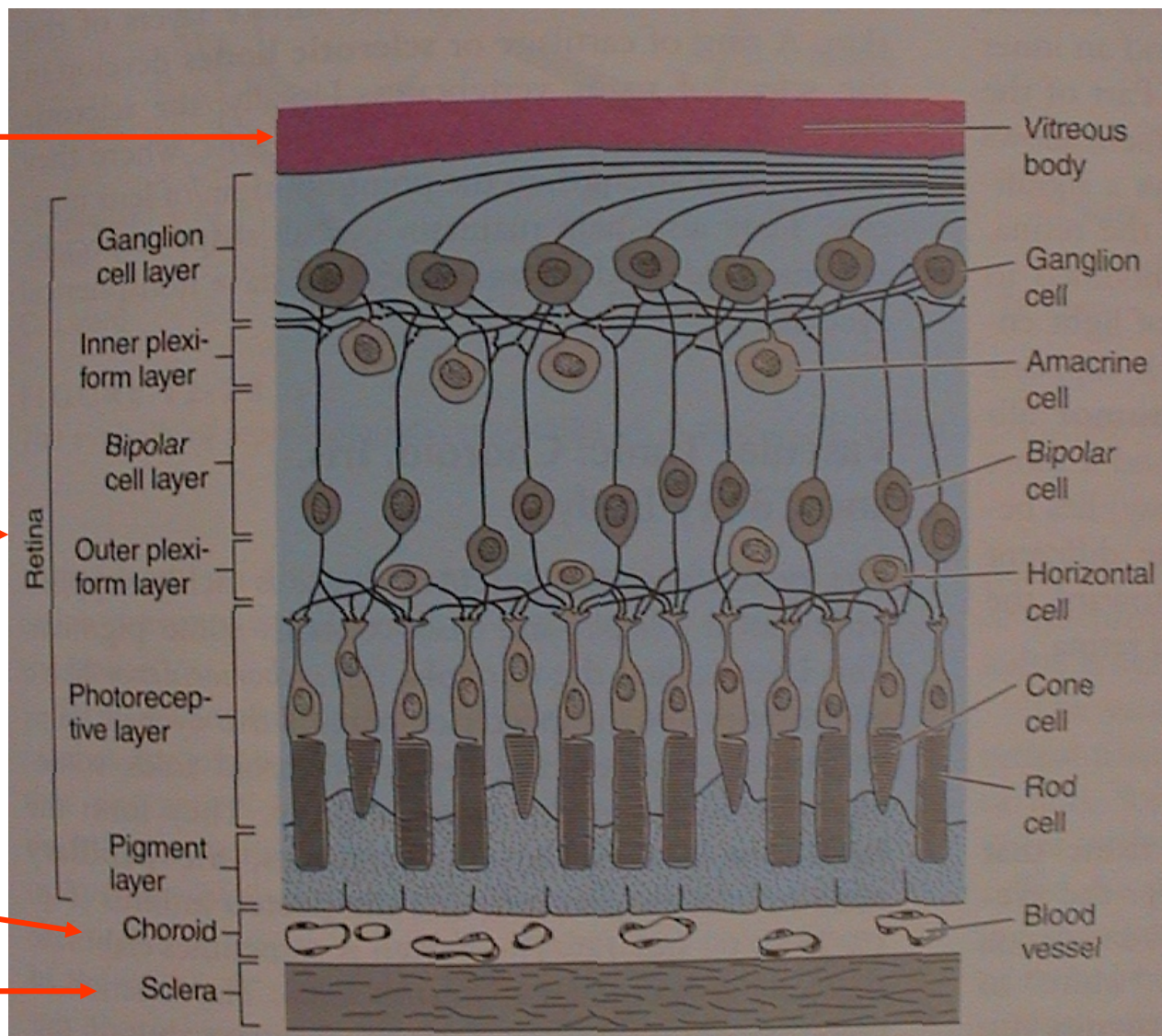
1. bělima (+ rohovka), 2. cévnatka (+ duhovka, pupilla), 3. sítnice;  
přední a zadní komora, čočka (lens), řasnatý val (corpus ciliare)

sklivec  
(corpus vitreum)

sítnice (11 vrstev)  
(retina)

cévnatka  
(chorioidea)

bělima  
(sclera)



svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

• zrak - inverzní komorové oko

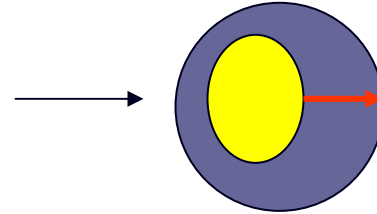
klid

zaostřování - akomodace

na blízko

mihule a kostnaté ryby

na dálku

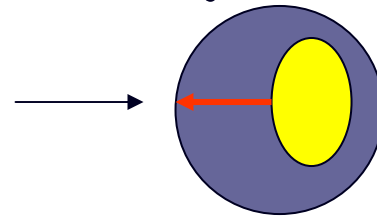


m. retractor lentis

na dálku

paryby, starobylé ryby,  
obojživelníci

na blízko

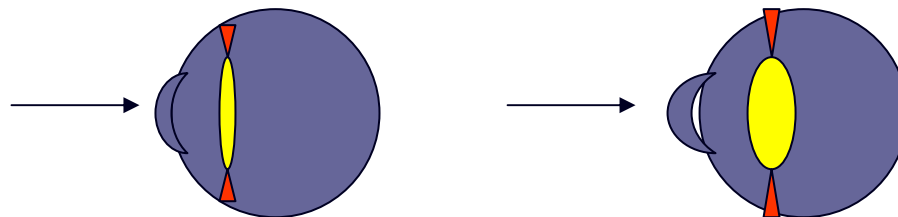


m. protractor lentis

na dálku

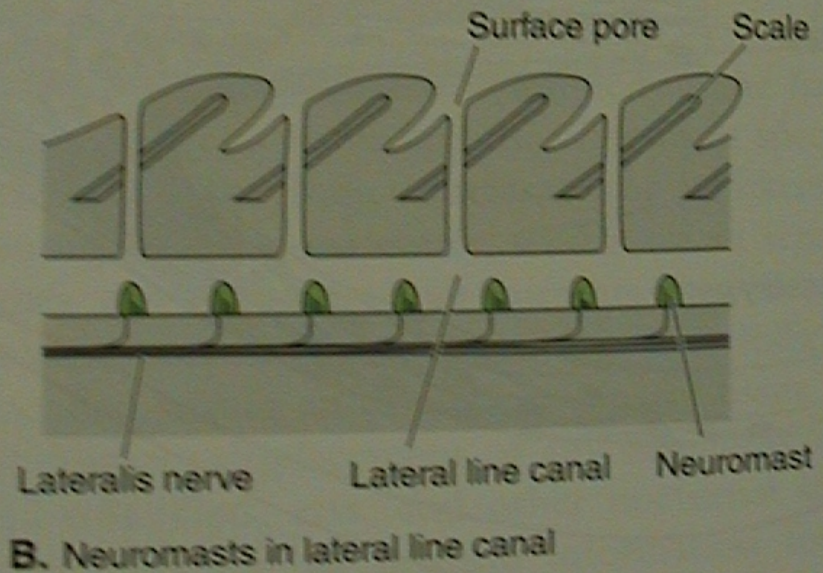
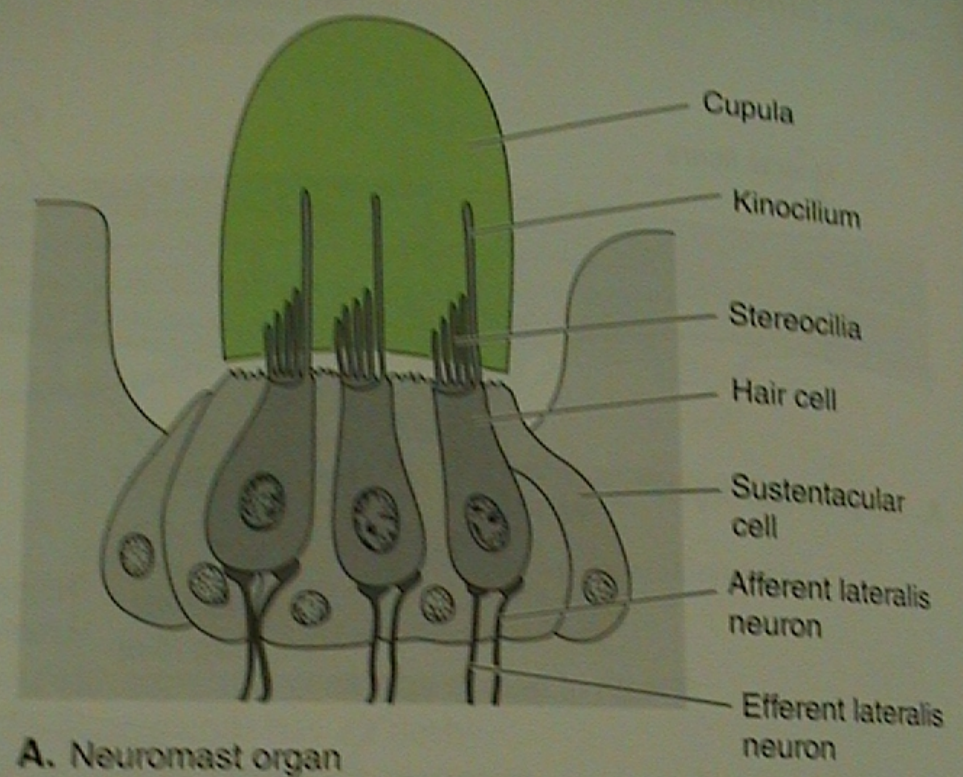
Amniota - plazi, ptáci, savci

na blízko



svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

• proudový orgán - neuromasty



u ryb na bocích - postranní čára

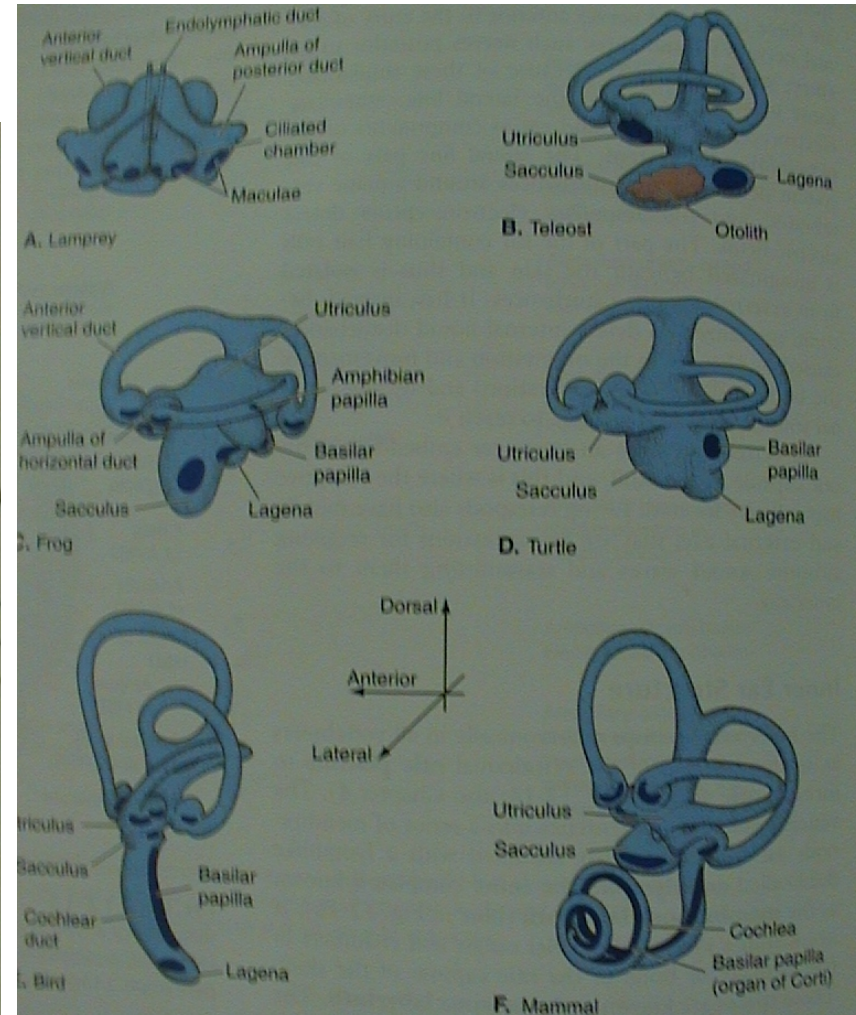
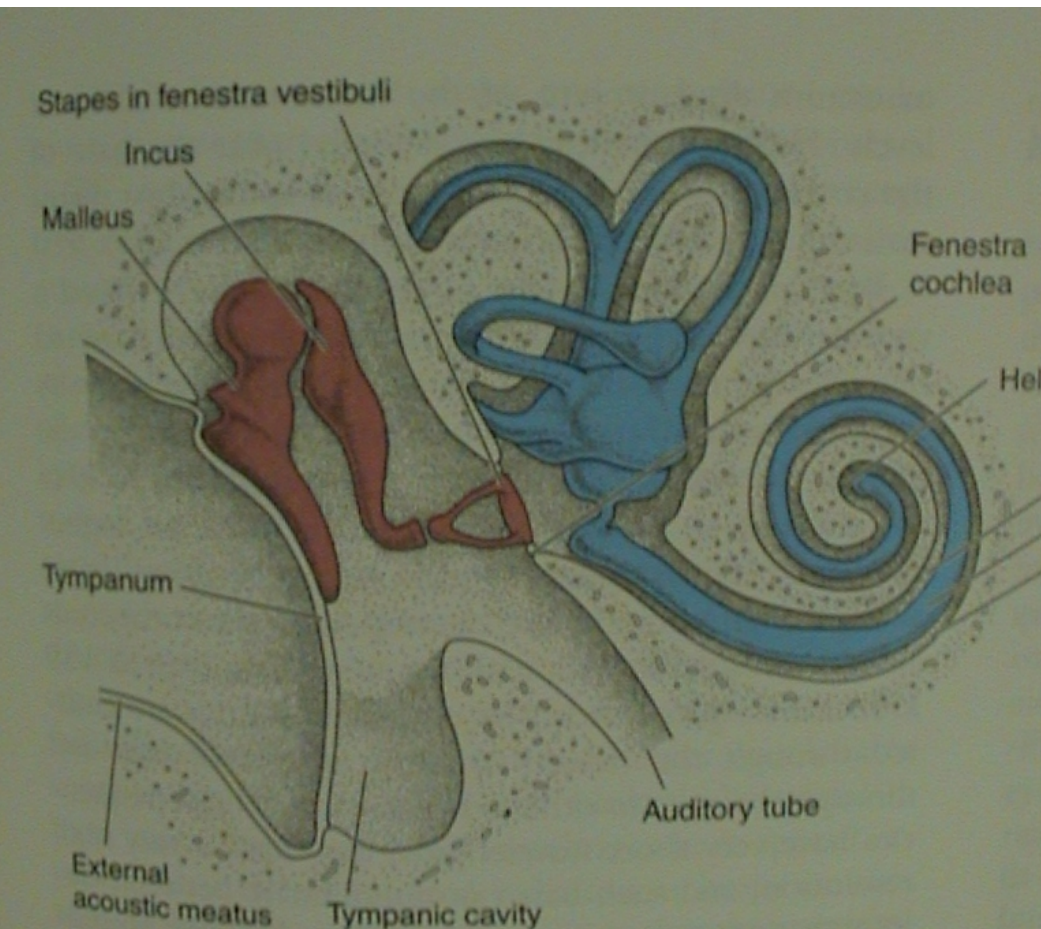
svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

A. vnitřní ucho - kostěný (perilymfa) a blanitý labyrint (endolymfa); vestibulární aparát (U, S, DS)+ sluch (lagena - cochlea)

B. střední ucho - středoušní dutina, tympanum, sluchové kůstky (1-columella, 3 - malleus, incus, stapes), oválné a kruhové okénko, Eustachova trubice

C. vnější ucho - zevní zvukovod, boltec

- sluchově rovnovážný orgán - ucho



svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

- sluchově rovnovážný orgán - ucho

A. vnitřní ucho

utrículus (U)

sacculus (S)

lagena (L) - cochlea

ducti semicirculares (2, 3),  
ampullae

Statické receptory:

maculae U, S, L

Kinetické receptory:

cristae d. semicircularii

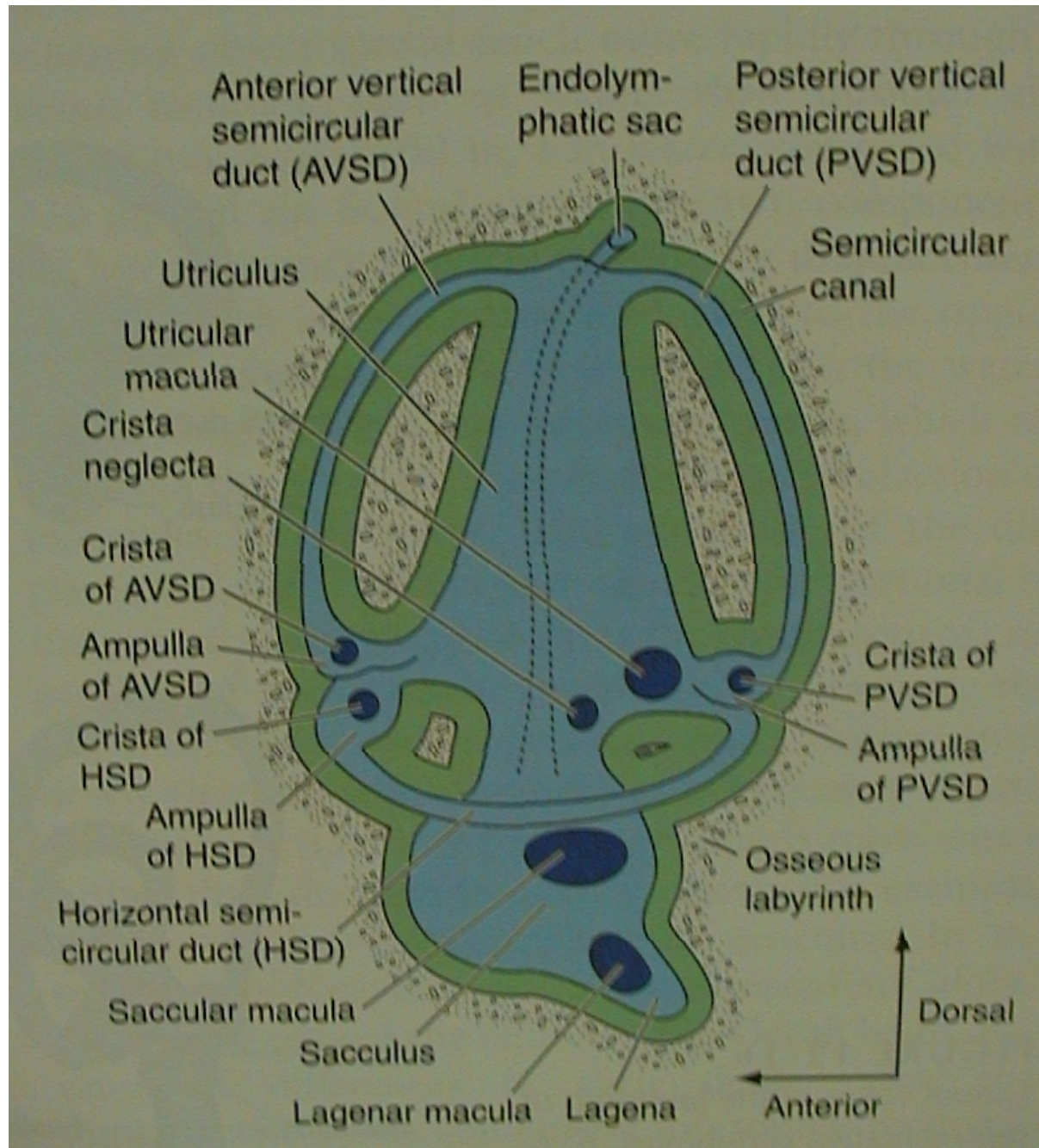
Akustické receptory:

maculae L - papilla basilaris

(+ macula amphibiorum) -

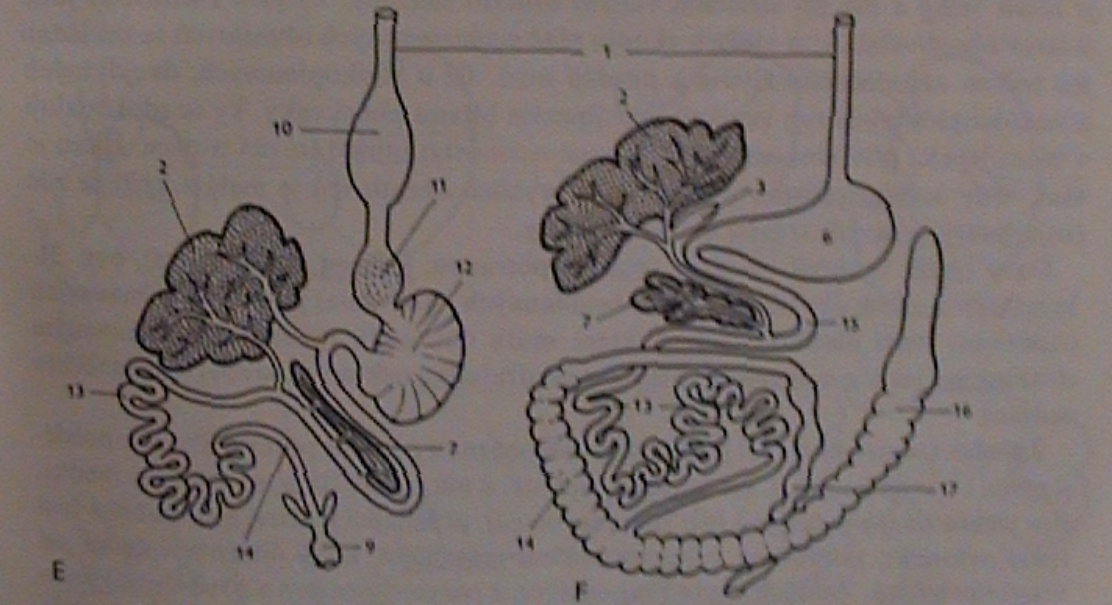
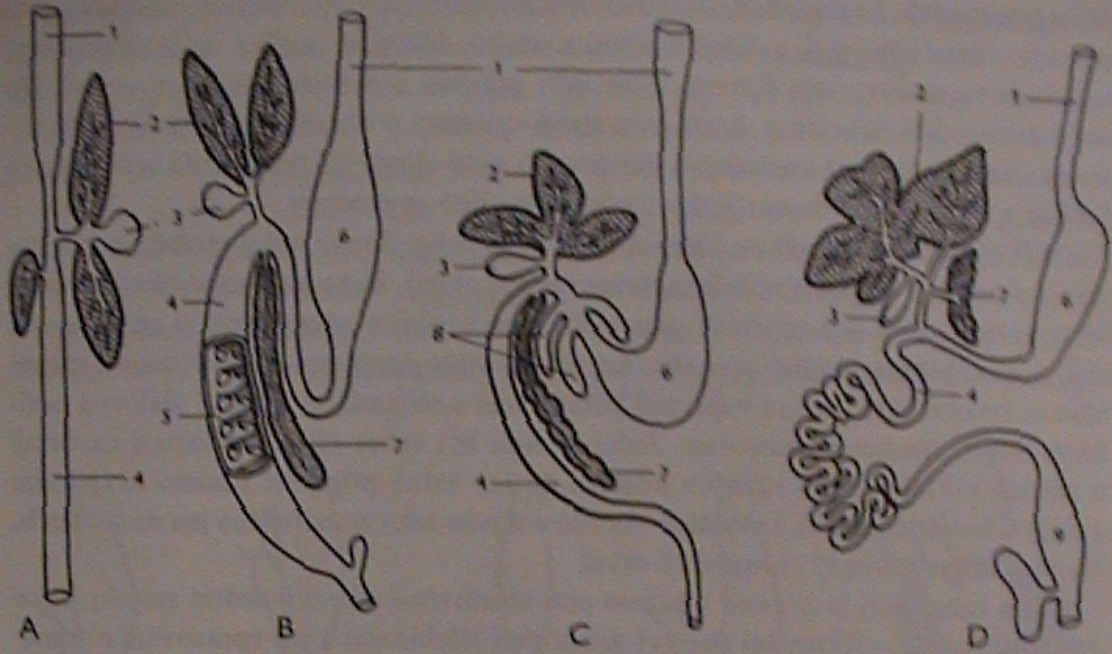
Cortiho orgán

statokonie - drobné, statolity (3 otolity) - velké



svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava

- A) mihule
- B) žralok
- C) okoun
- D) skokan
- E) holub
- F) králík

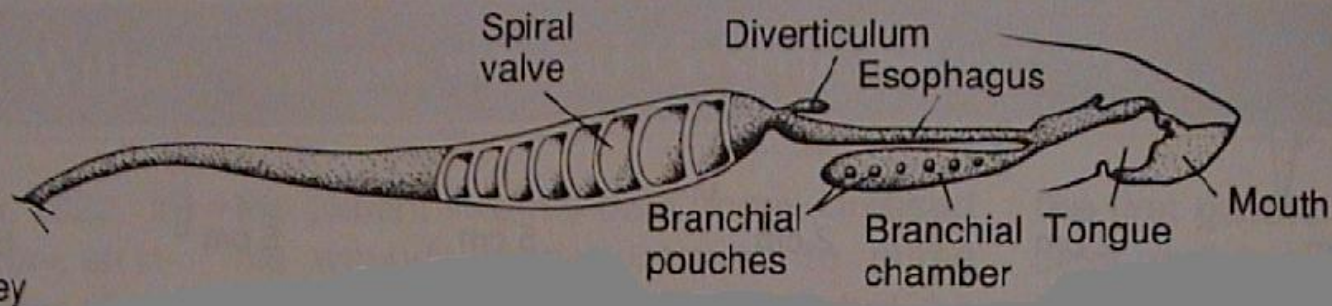


ústní dutina  
 hltan  
 jícen  
 žaludek  
 střevo

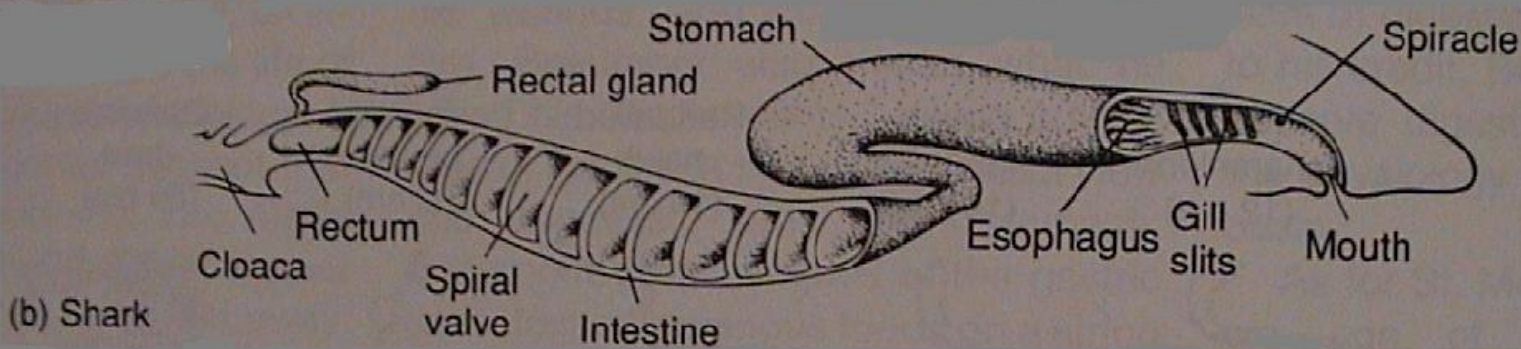


svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava

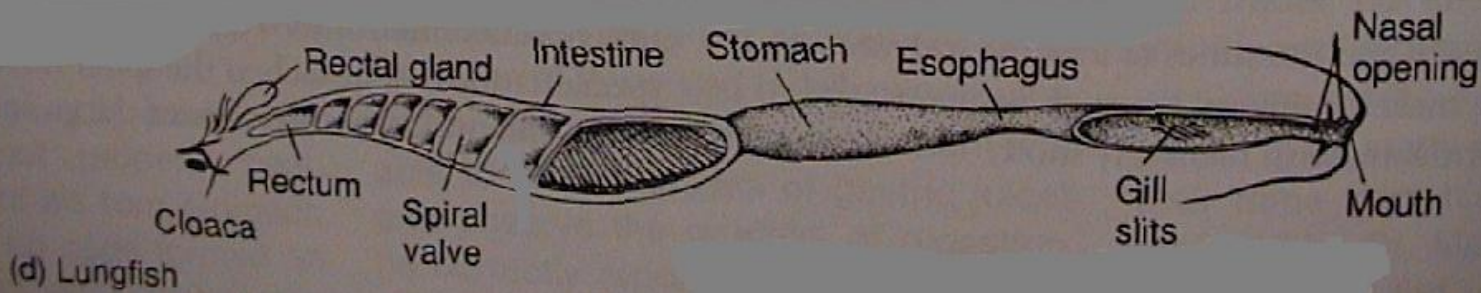
mihule



žralok



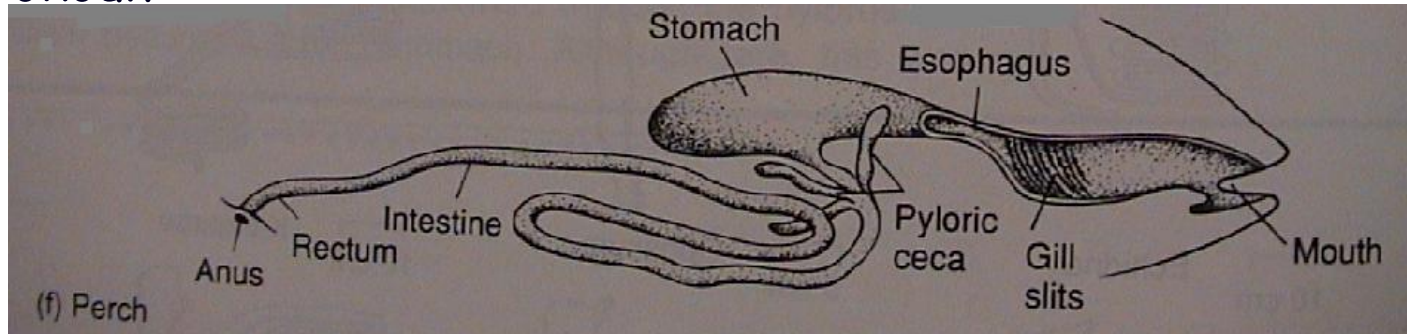
bahník



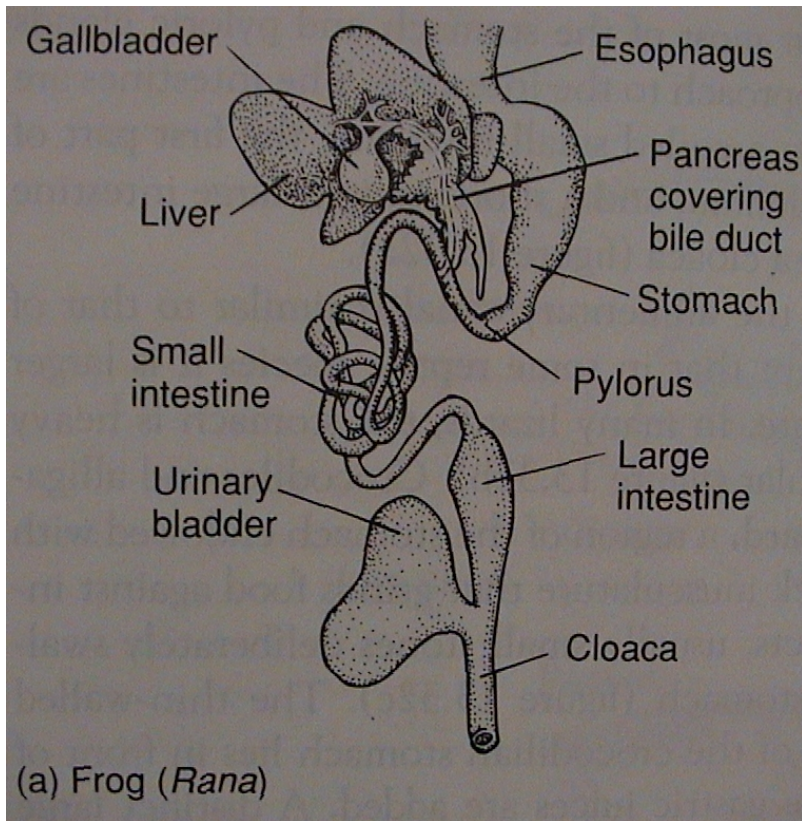
spirální řasa

svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány  
trávicí soustava

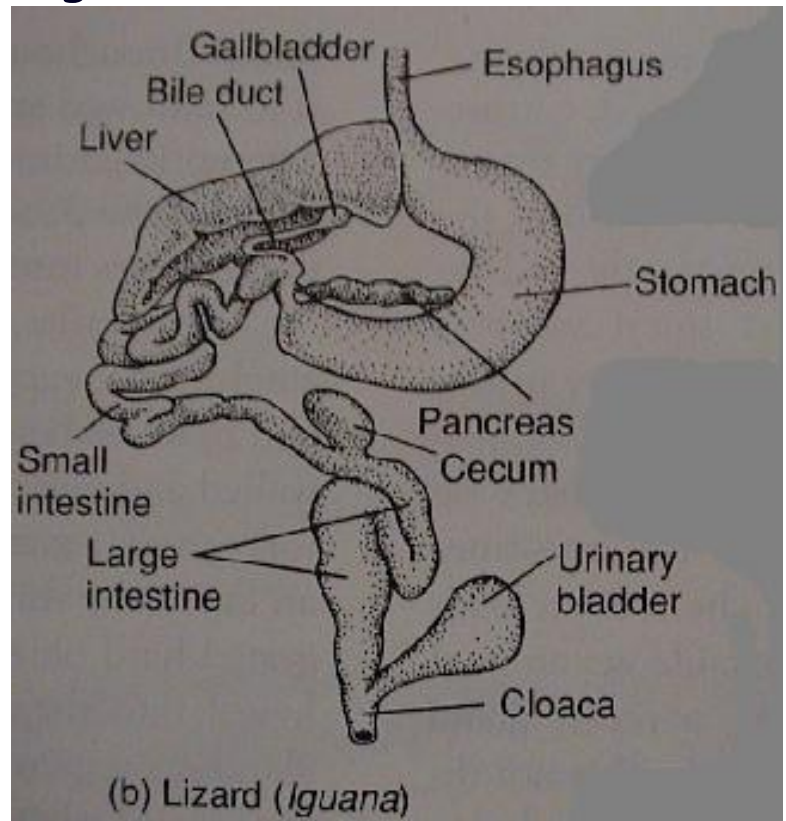
## okoun



## skokan



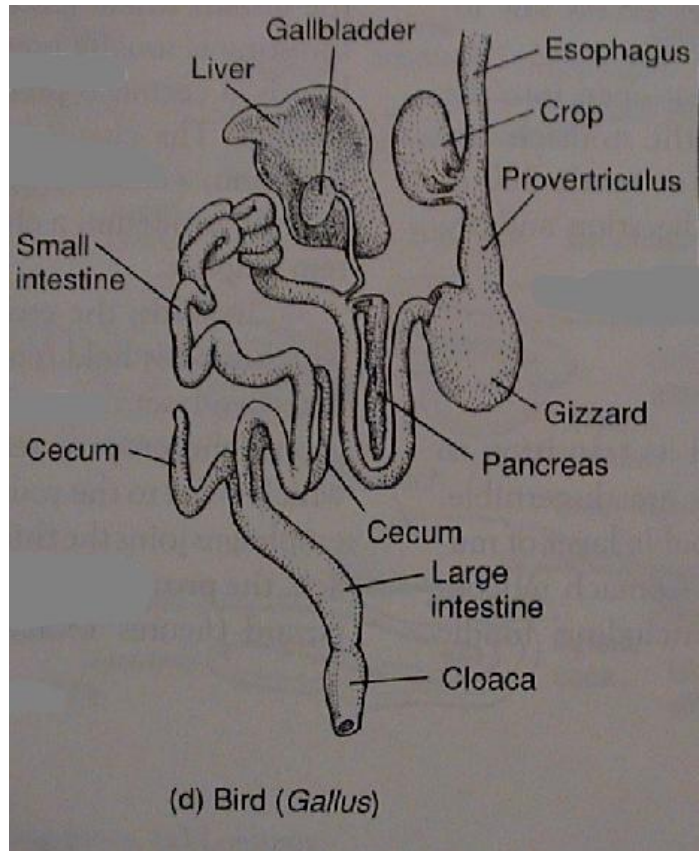
## leguán



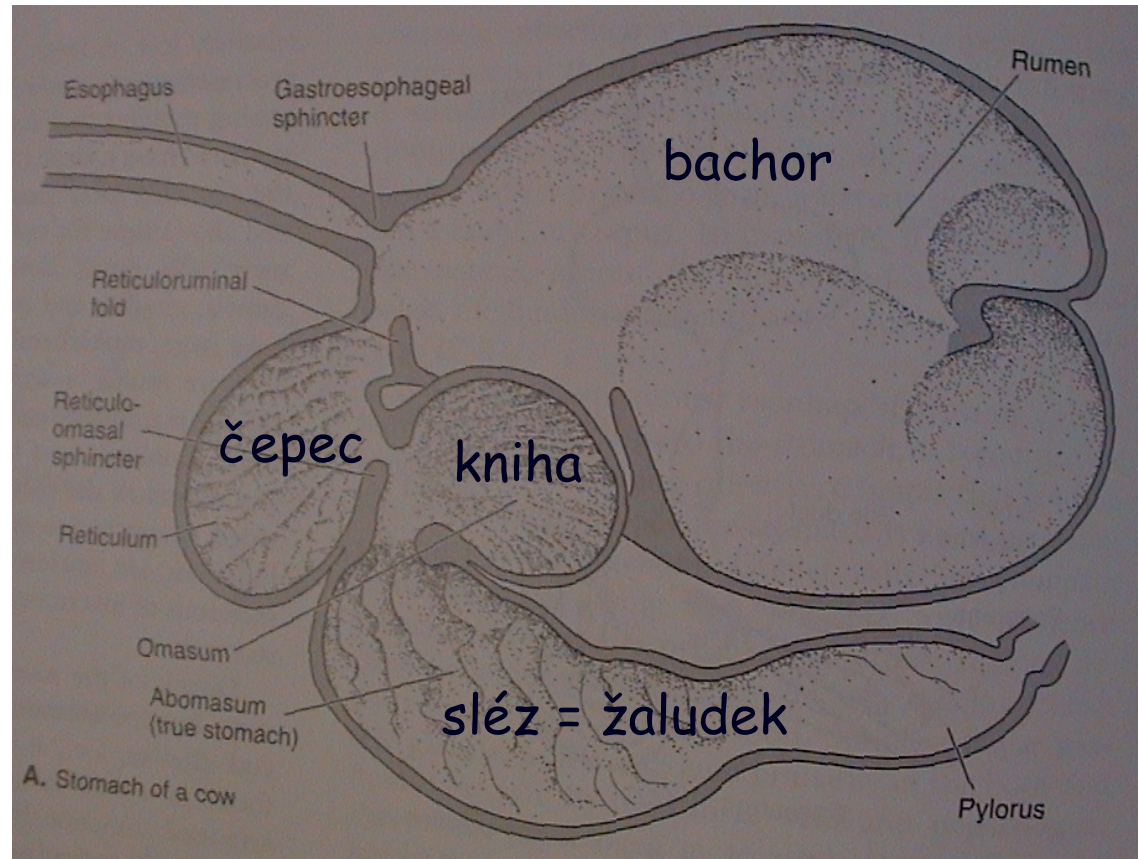
pylorické výběžky - prodlužování střeva (střevní kličky) - diferenciacie (tenké a tlusté střevo)

svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány  
trávicí soustava

kur



složený žaludek přežvýkavců



vole (ingluvies), žlaznatý (proventriculus) - svalnatý žaludek (ventriculus) - postventriculus

svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

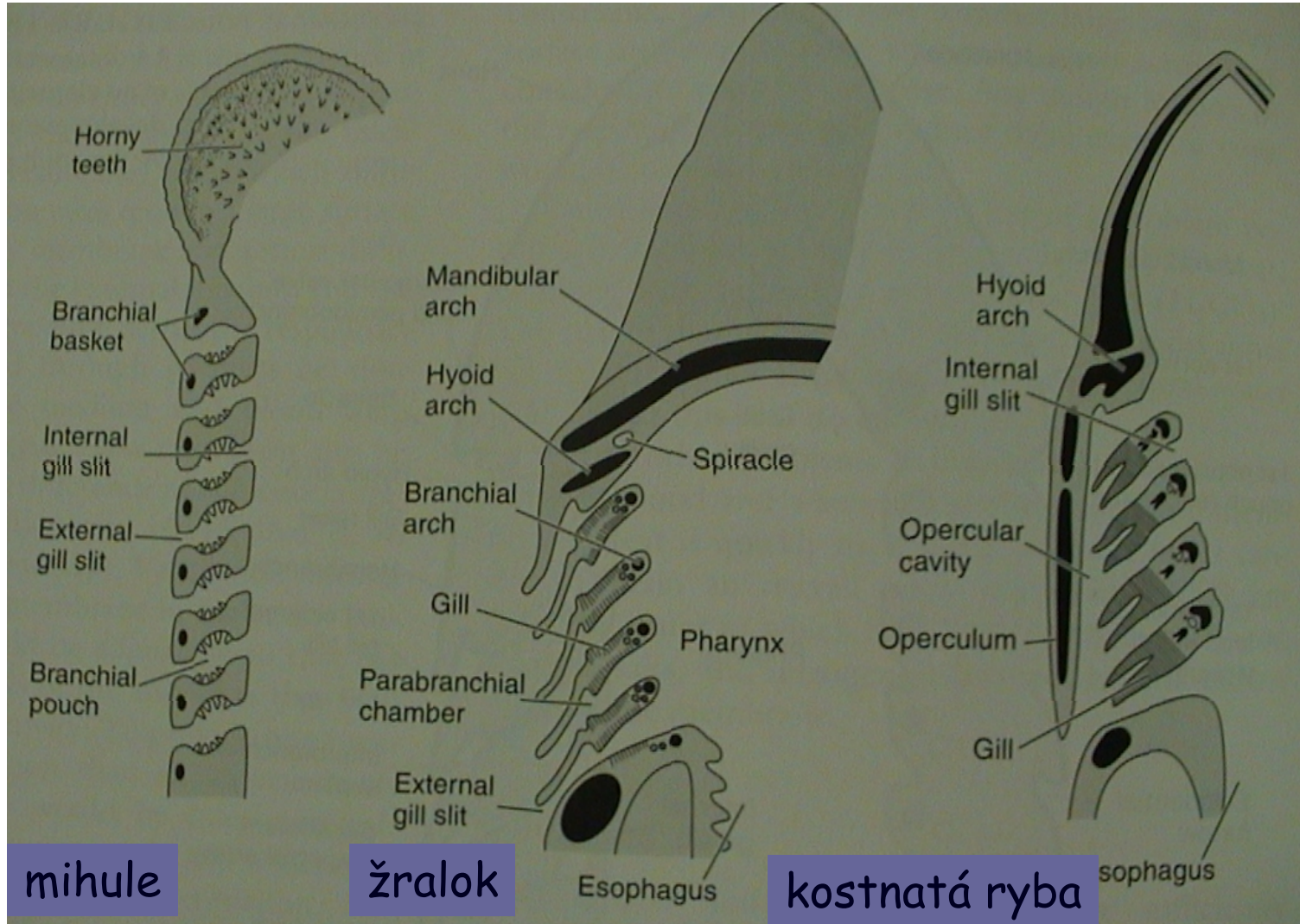
trávicí soustava  
dýchací soustava

• žábry

žaberní váciky

žaberní přepážky

žaberní oblouky, skřele

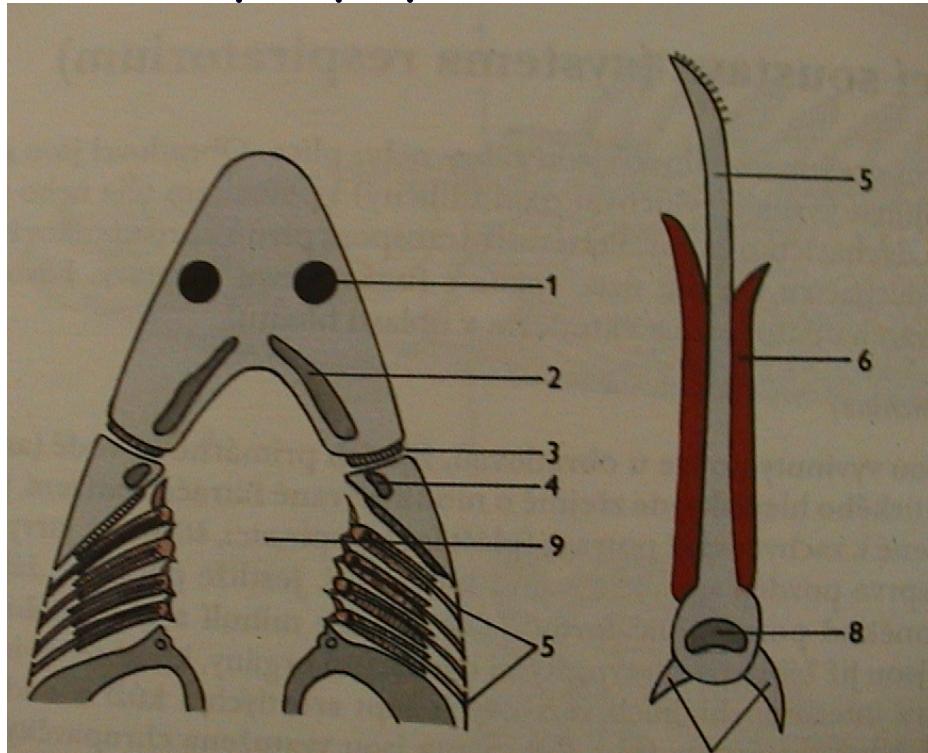


svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány

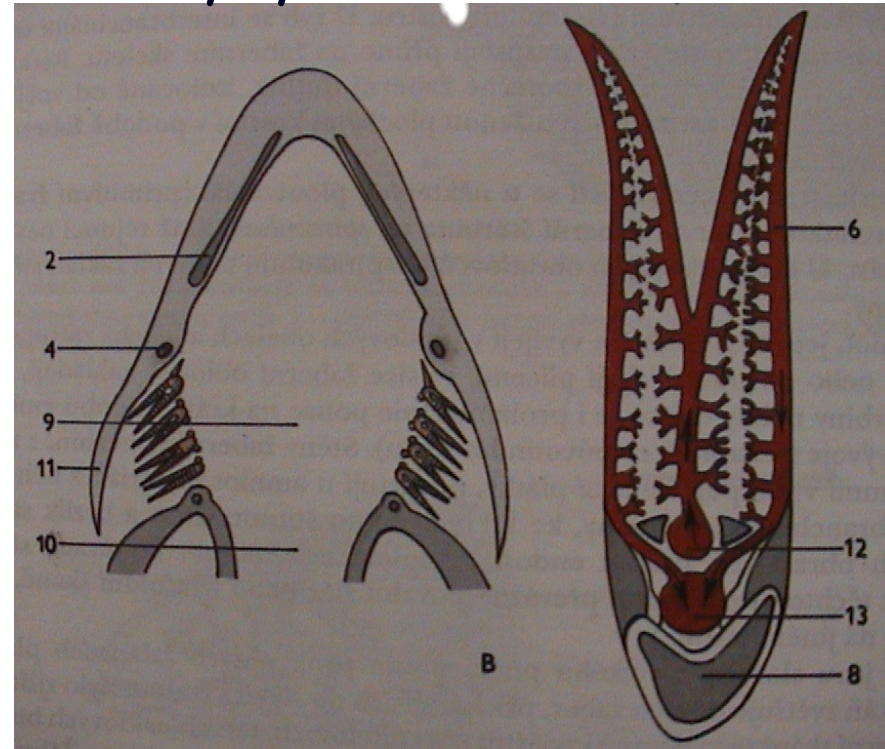
trávicí soustava  
dýchací soustava

• žábry

paryby



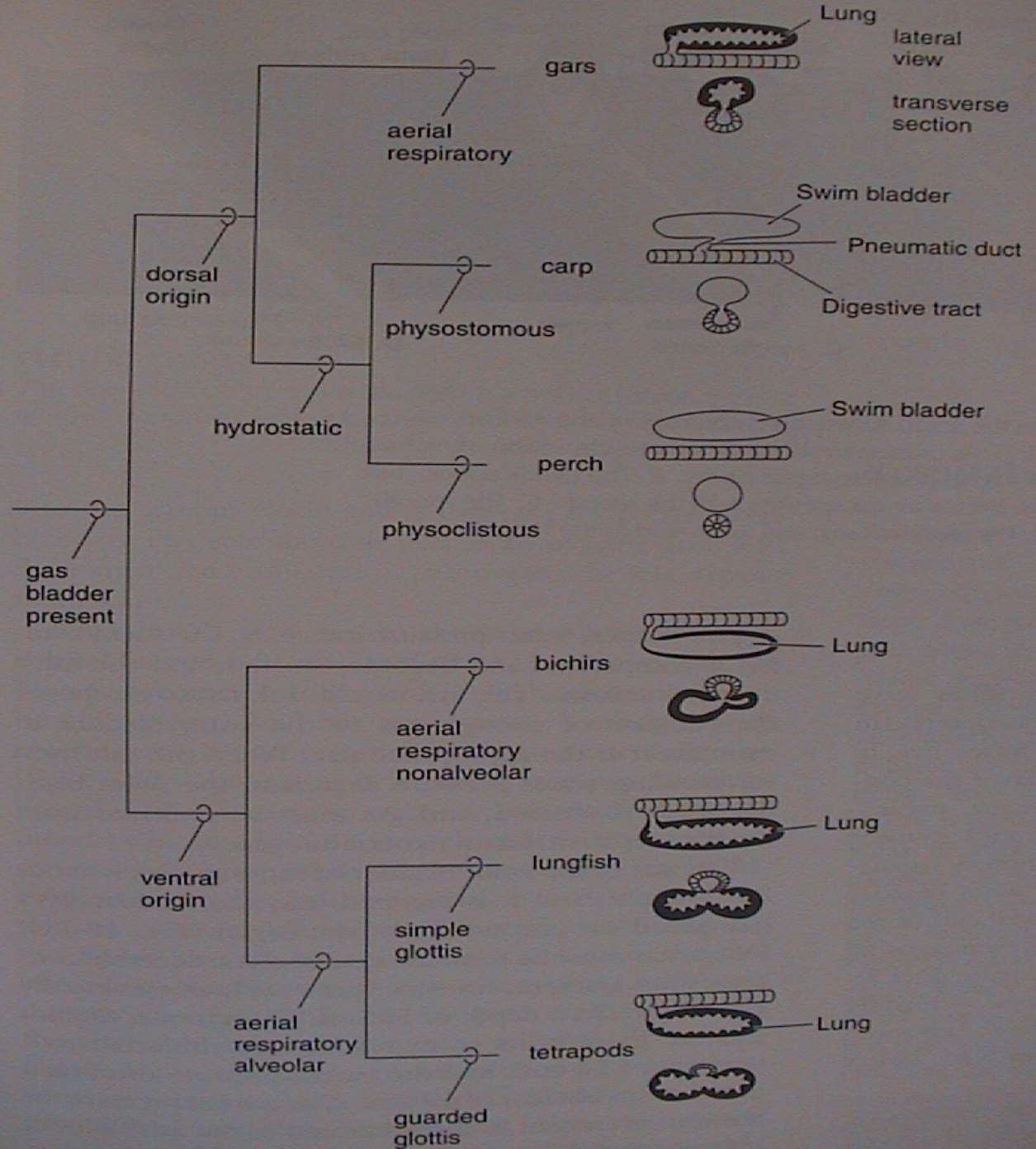
ryby



svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava

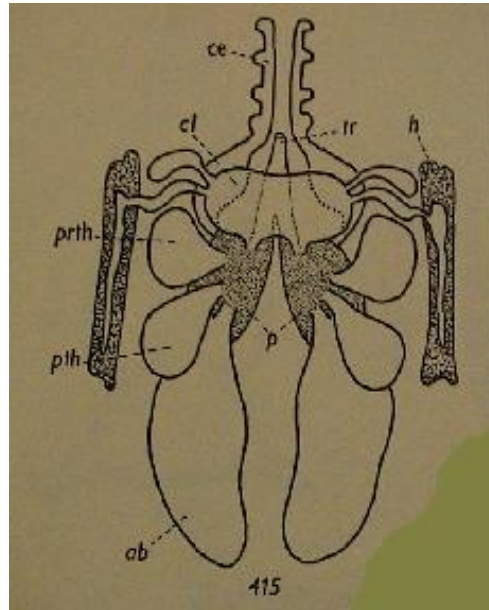
• plynový měchýř

• plicní vaky



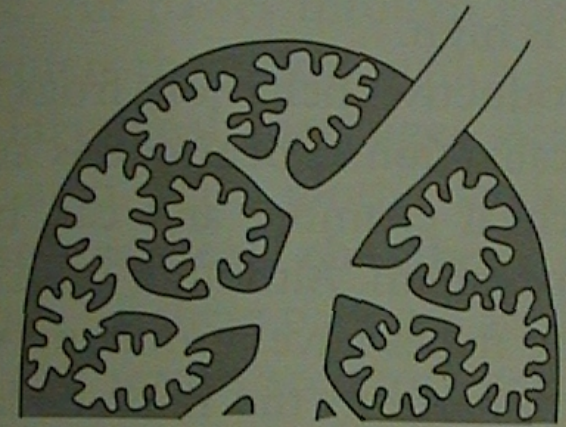
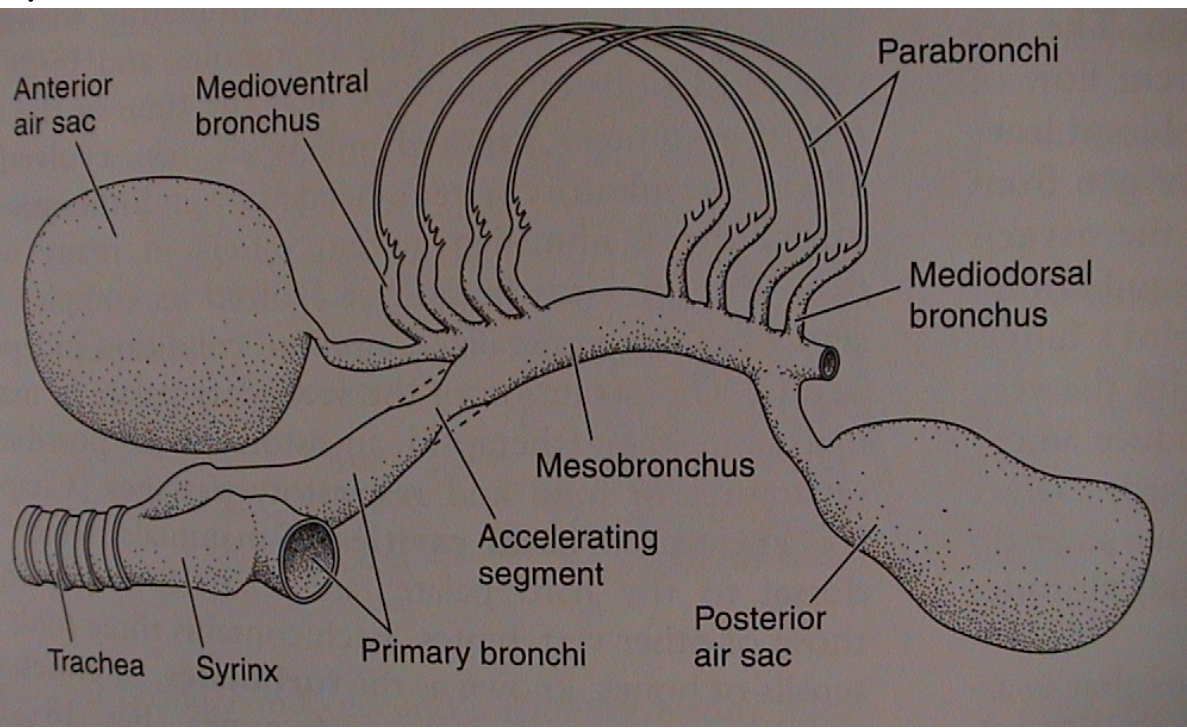
svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava

• plíce

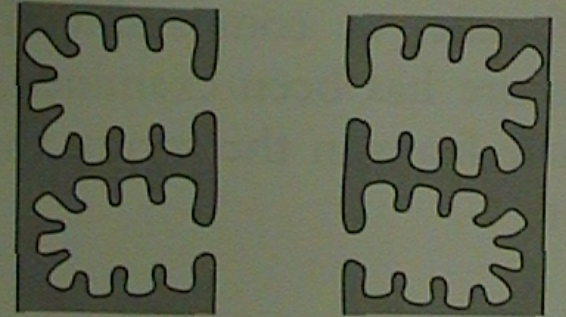


pták

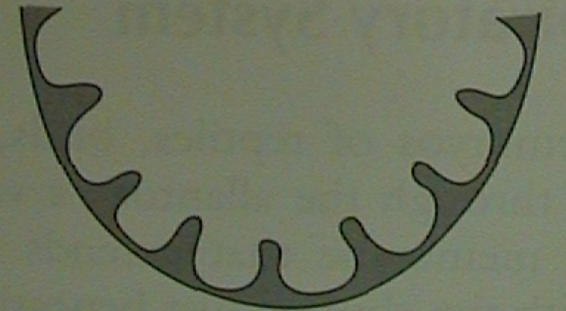
mesobronchus  
 dorsibronchi  
 ventrobronchi  
 parabronchi



C. Mammal



B. Reptile

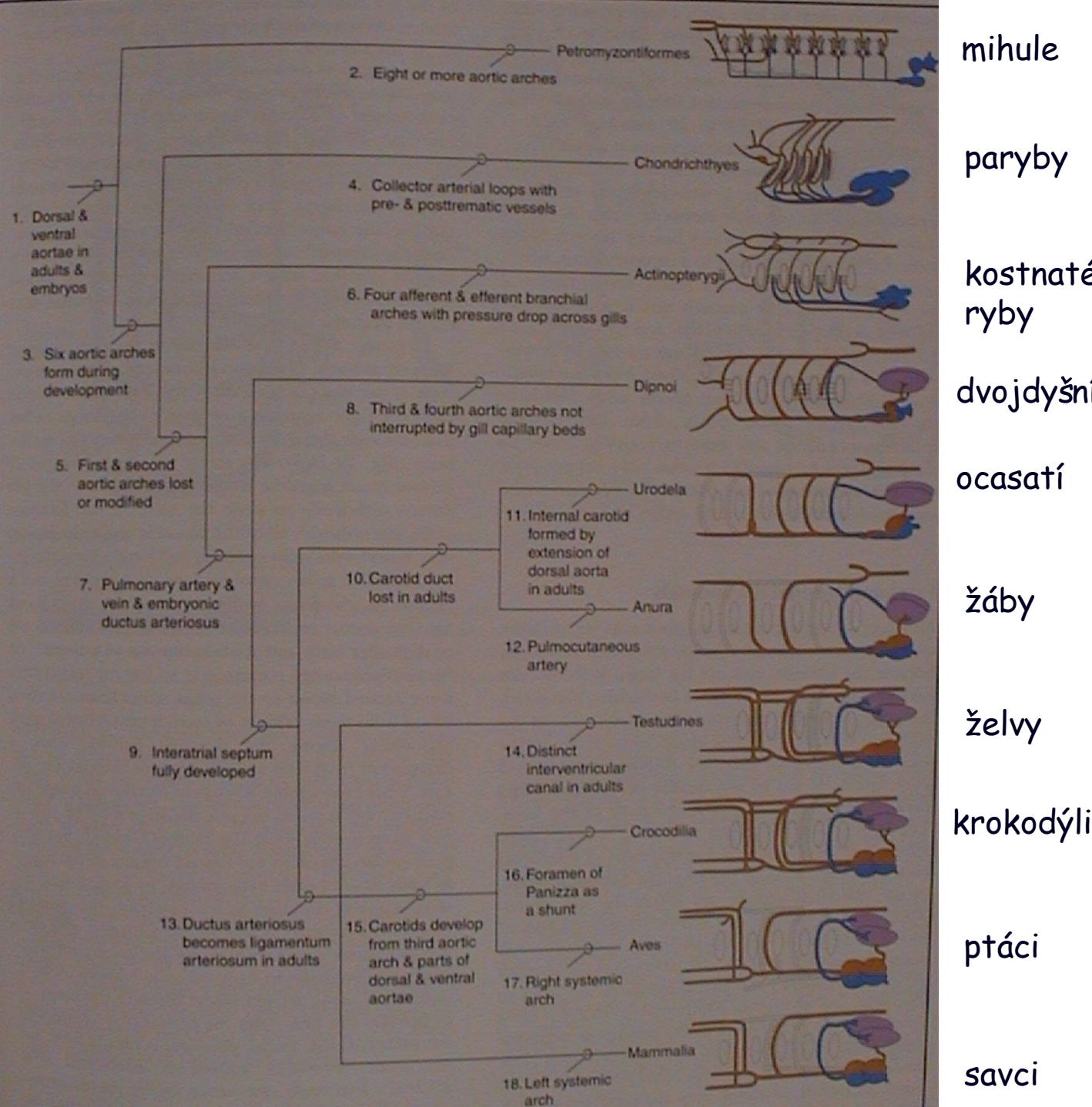


A. Amphibian

svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava  
**cévní soustava**

## Srdce

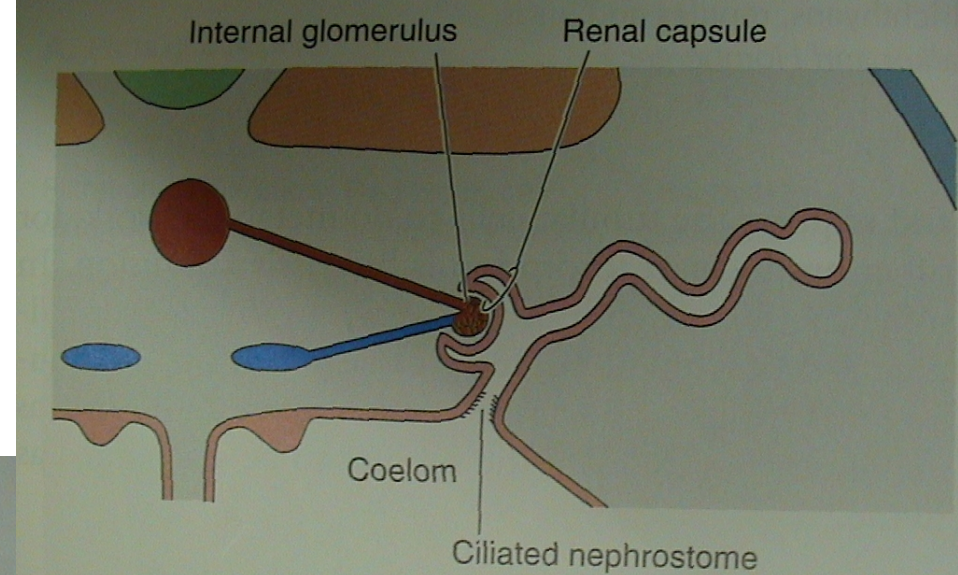
- sinus venosus
- předsíň (1, 2)
- komora (1, 2)
- (ne)úplná mezi-  
komorová  
přepážka
- conus arteriosus  
nebo bulbus  
arteriosus (jen  
mihule a kostnaté  
ryby)



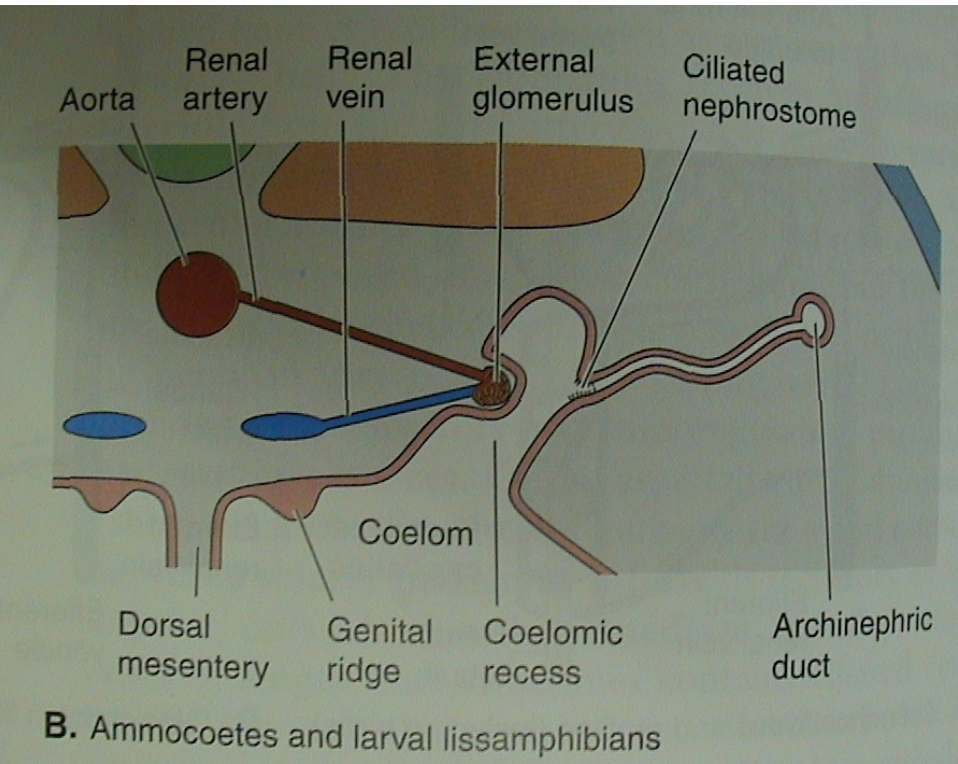


svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava  
 cévní soustava  
 urogenitální soustava

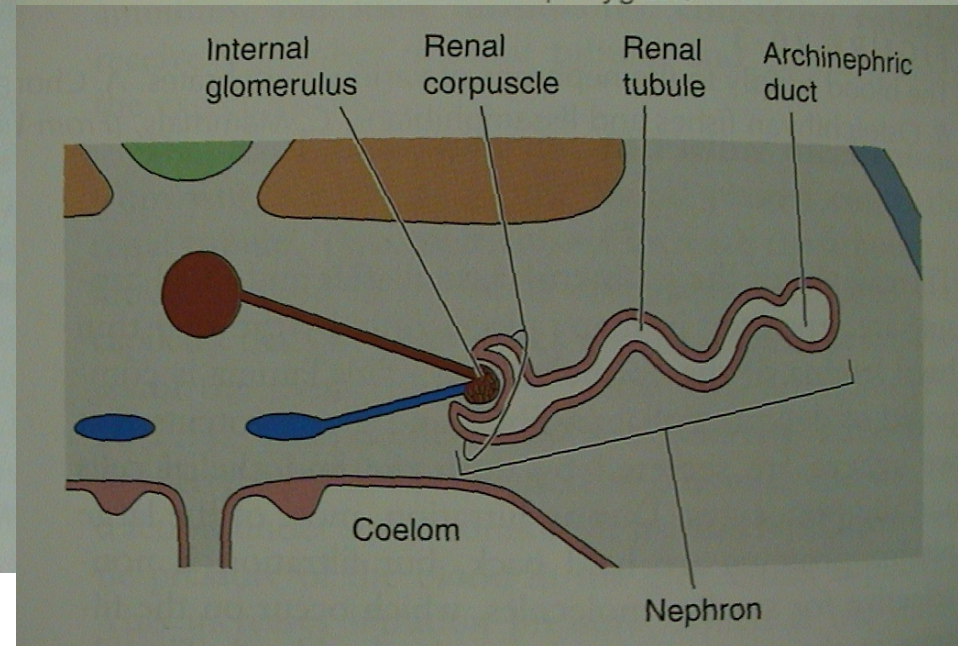
• nefron



C. Elasmobranchs and some actinopterygians



B. Ammocoetes and larval lissamphibians

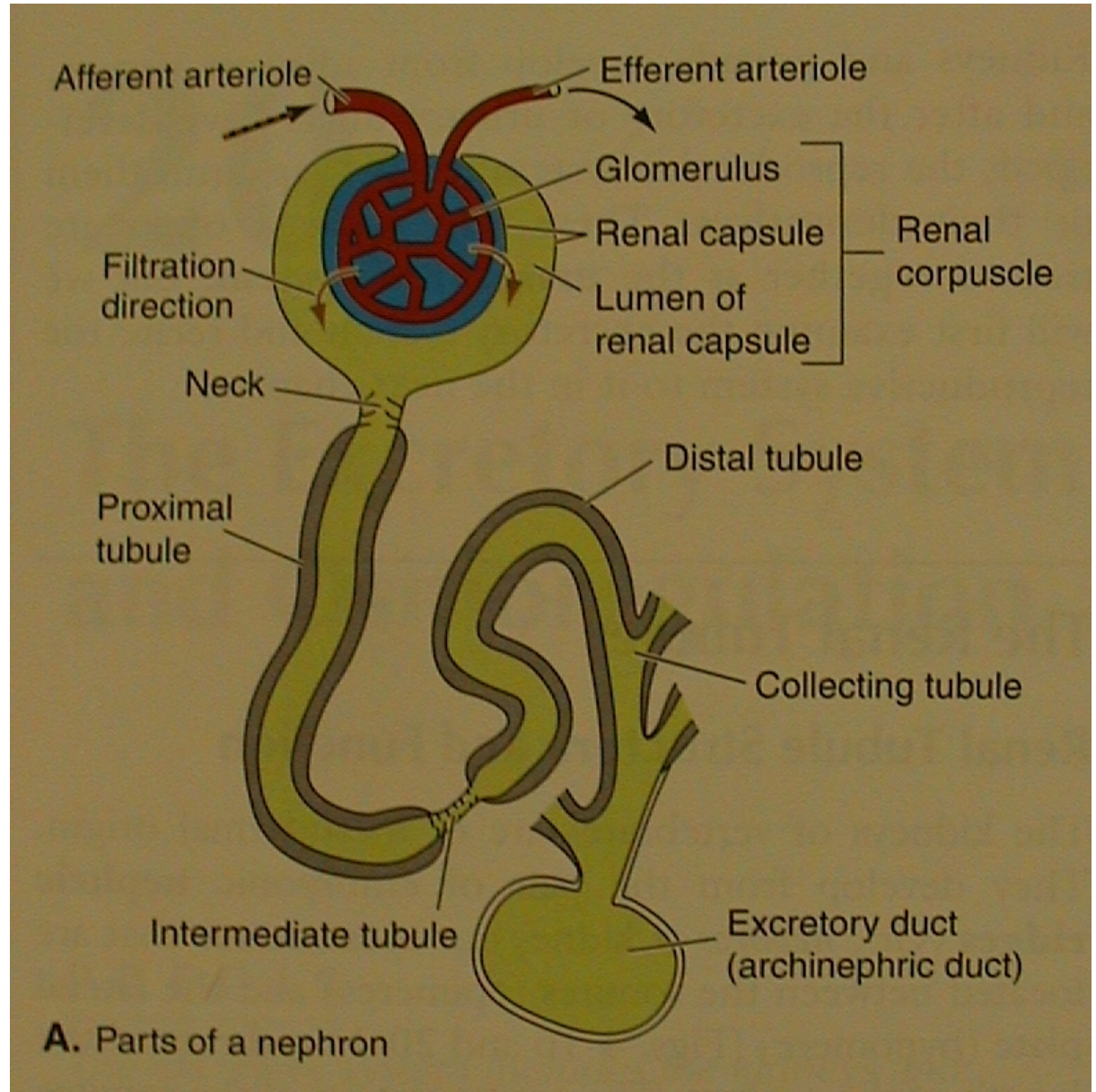


(holonefros, pronefros)

(opisthonefros, mesonefros, metanefros)

svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány  
trávicí soustava  
dýchací soustava  
cévní soustava  
urogenitální soustava

• nefron



Malpighiho tělísko =  
glomerulus + Bowmannův váček

svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava  
 cévní soustava  
 urogenitální soustava

• moč

Amotelní (amoniak)

- kostnaté ryby

Ureotelní (močovina)

- paryby, latimérie,  
 bahníci, želvy, savci  
 (Henleova klička)

Urikotelní - (kyselina  
 močová) - plazi, ptáci

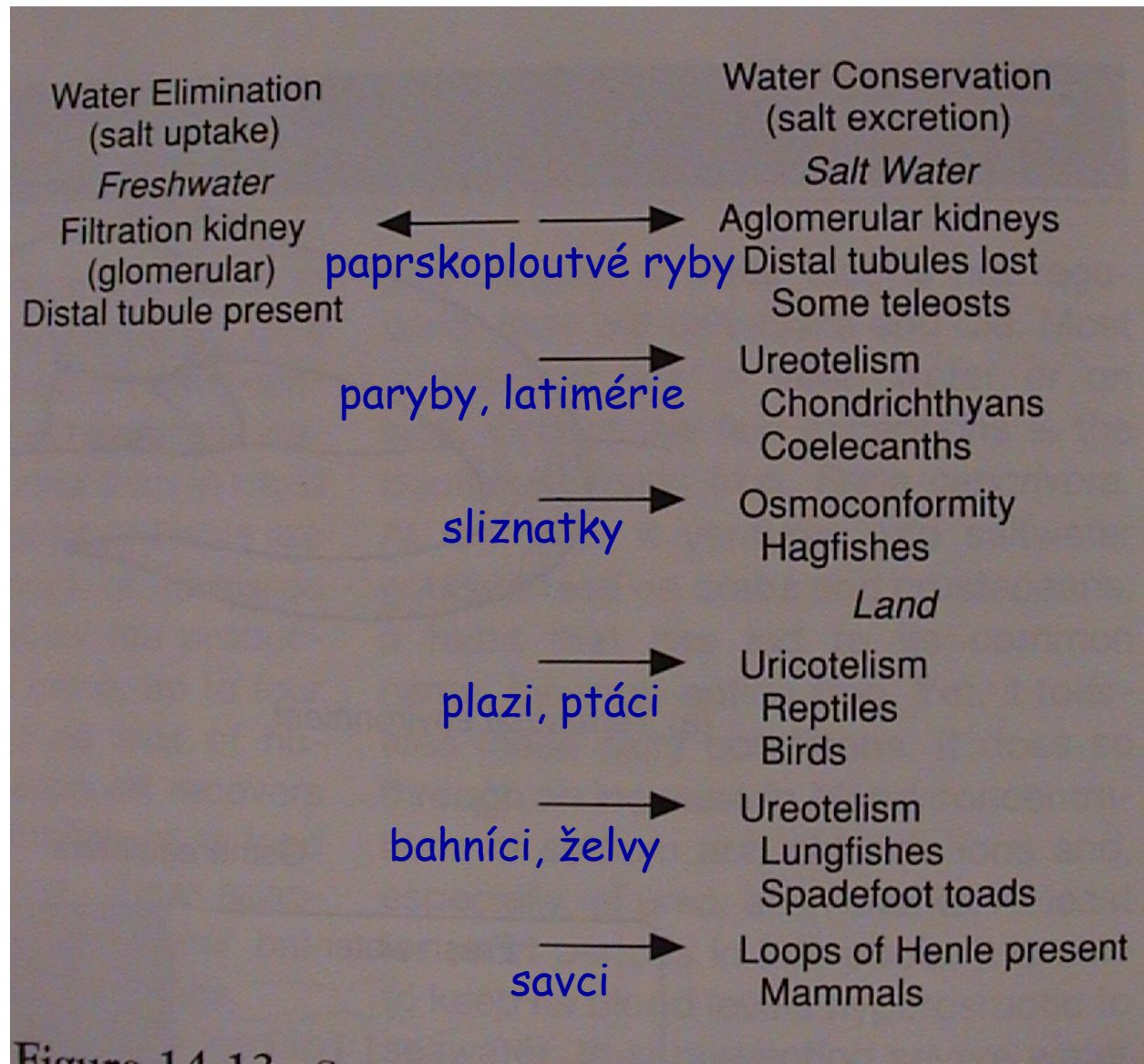
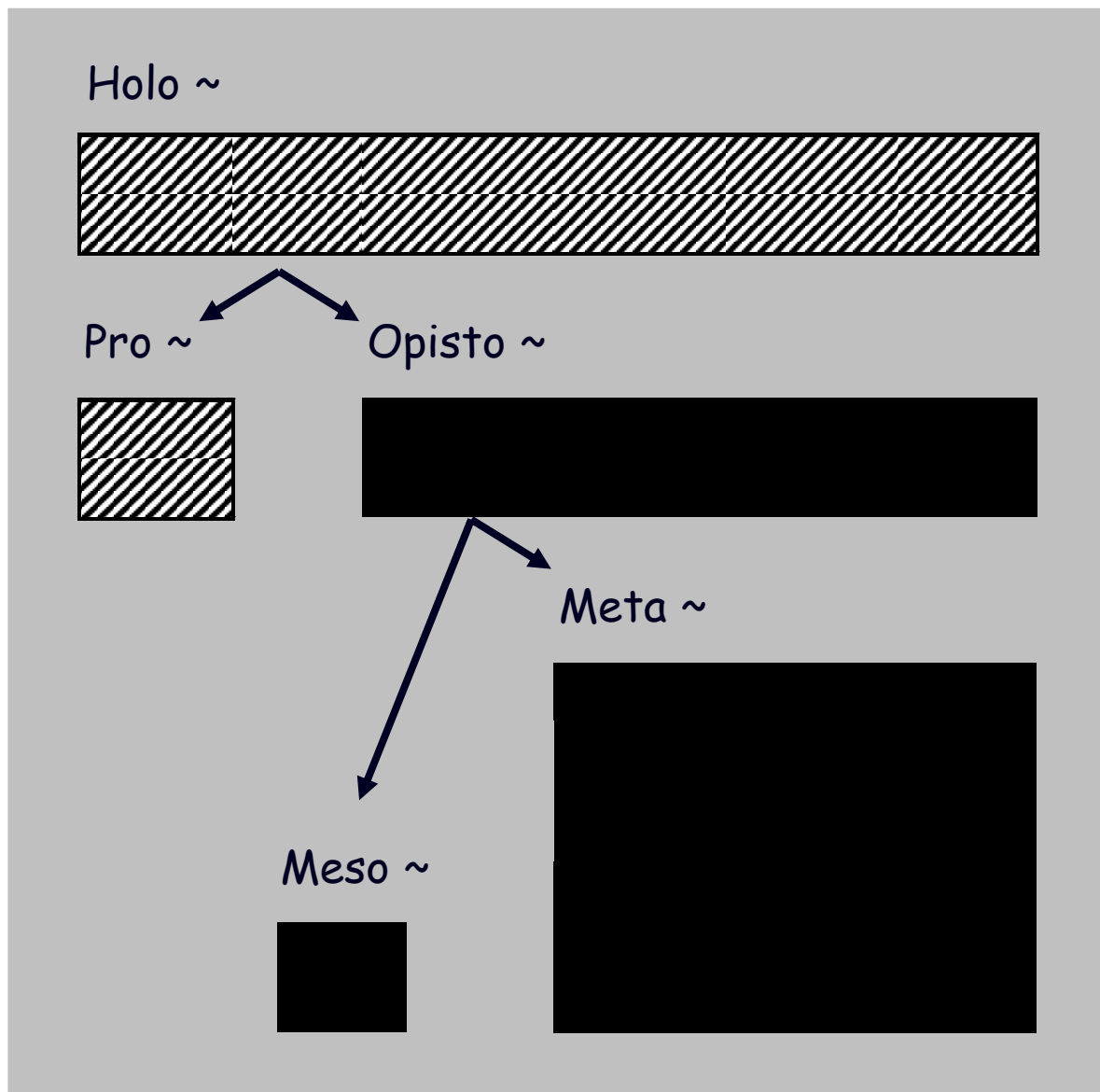


Figure 14.12



metamerie, vnější glomerulus  
koncentrace, vnitřní glomerulus



svalstvo  
nervová soustava  
smyslové orgány  
trávicí soustava  
dýchací soustava  
cévní soustava  
urogenitální soustava

svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava

dýchací soustava  
 cévní soustava  
 urogenitální soustava

Skupina	Typ ledviny (~ nefros)					Močové cesty		Pohlavní cesty	
	holo~	pro~	opisto~	meso~	meta~	prim.	sekund.	prim.	sekund.
minohy	■								
mihule		■	■			■			
paryby			■				■	■	
ryby prim.			■			■			
ryby kostnaté		■	■			■			■
larvy červořů	■								
larvy ostatních		■							
ocasatí o.			■				■	■	
žáby			■			■		■	
embrya amniot				■					
amniota					■		■		

prim. = primární močovod, resp. chámovod (Wolfova chodba),  
 příp. chámomočovod (žáby), chámovod (paryby, ocasatí)

svalstvo  
 nervová soustava  
 smyslové orgány  
 trávicí soustava  
 dýchací soustava  
 cévní soustava  
 urogenitální soustava

„ANAMNIA“

- opisthonefros
- varle

Amphibia

Chondrichthyes

Sarcopterygii

Actinopterygii

